

Travaux

n° 800

TERRASSEMENTS

- Les terres d'excavation valorisées en remblais techniques

DÉCHETS

- Réhabilitation de la lagune de déballastage de Brest

PAYSAGE

- A75. Les aires de repos de la Bête du Gévaudan et de Marvejols
- Travaux de génie écologique pour la restauration des berges de l'Isle (Gironde)
- A750 - L'aire du Mas d'Alhen

ASSAINISSEMENT

- Réalisation de la station d'épuration de Cork (République d'Irlande)

BOIS

- Eco-Bois : une nouvelle réponse au recyclage et à la valorisation des bois de chantier
- Le pont bois de Crest (Drôme)

Environnement



Sommaire

septembre 2003

Environnement

Dans les prochains numéros

- Travaux urbains
- Réhabilitation d'ouvrages
- Ponts
- International
- Routes
- Sols et fondations
- Eau
- Terrassements
- Tunnel de Toulon



ENVIRONNEMENT - ASSAINISSEMENT

◆ Réalisation de la station d'épuration de Cork (République d'Irlande). Traitement des eaux usées et recyclage des boues : débit moyen 3 000 m³/h capacité 250 000 équivalents/habitant
- *Construction of the Cork treatment plant (Republic of Ireland). Sewage treatment and sludge recycling : average throughput 3,000 cu. m/h, capacity 250,000 inhabitant equivalents*

Br. Giroguy, N. Schneider-Maunoury



ENVIRONNEMENT - BOIS

◆ Eco-Bois : une nouvelle réponse au recyclage et à la valorisation des bois de chantier
- *Eco-Bois : a new answer to recycling and processing of construction site wood*

D. Manseau, Ph. Lefils



◆ Le pont bois de Crest dans la Drôme
- *The wooden bridge of Crest in the Drôme region*
H. Gabouge

prix Innovation 2003

◆ Remise des prix du Syndicat professionnel des entrepreneurs de travaux publics de France et d'Outre-Mer

Commission environnement et patrimoine

◆ Excédents et déchets de chantier : quelle prise en compte dans les marchés publics ?

la profession

◆ Construire notre avenir : un "Livre vert" de la FNTP

répertoire des fournisseurs

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

INDEX DES ANNONCEURS

5È RENCONTRE GÉOSYNTHÉTIQUES	7	GTM CONSTRUCTION	4
ALKOR DRAKA	9	ICE	71
ALPHACAN	13	PRO BTP	2È DE COUVERTURE
BERGERAT MONNOYEUR	2	SADÉ	20
CIMBÉTON	4È DE COUVERTURE	SOLÉTANCHE BACHY	33
CNETP	18	SOLMERS	22
EUROFILTRATOR	17	SOTRES	10
FRANCE GABION	47	TUBOSIDER	33

Travaux

numéro 800

septembre 2003

Environnement



Notre couverture

Restauration des berges de l'Isle (Gironde)

© Scetauroute / Ph. Thiévent

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : (33) 01 44 13 31 44

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) : 163 € TTC

Etranger (11 numéros) : 200 €

Etudiants (11 numéros) : 56 €

Prix du numéro : 20 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H

8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris

Tél. : (33) 01 44 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle

Isabelle Duflos

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).

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris

Commission paritaire n° 0106 T 80259



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

techniques et matériaux

16

matériels

19

PRÉFACE

Jean-Yves Martin

23

ENVIRONNEMENT - TERRASSEMENTS

◆ Les terres d'excavation valorisées en remblais techniques. Un avenir pour les terres de terrassement - *Earth cuts exploited as engineering backfill. A future for earth from earthworks*

C. Buisine

24

ENVIRONNEMENT - DÉCHETS

◆ Réhabilitation de la lagune de déballastage de Brest. Mise en œuvre d'une solution innovante par enceinte active et stabilisation in situ

- *Rehabilitation of the deballasting lagoon at Brest. Application of an innovative solution by active chamber and in-situ stabilisation*

M.-Cl. Magnié, A. Barbier, J.-J. Kachrillo

30

ENVIRONNEMENT - PAYSAGE

◆ Autoroute A75. Les aires de repos de la Bête du Gévaudan et de Marvejols : des aires de légende - *A75 motorway. The rest areas of Bête du Gévaudan and Marvejols : legendary areas*

J. Brajon

34

◆ Travaux de génie écologique pour la restauration des berges de l'Isle (Gironde). Des techniques douces pour réussir une opération difficile...

- *Ecological engineering work for restoration of the banks of the Isle (Gironde). Environmentally friendly techniques to succeed in a difficult operation...*

Ph. Thiévent

38

◆ A750 - L'aire du Mas d'Alhen - *A750 - The Mas d'Alhen area*

Br. Vachin

44

Les métiers des travaux publics sont, comme notre société, en évolution constante. Les préoccupations de nos clients s'orientent au fil des années vers le qualitatif plus que le quantitatif et nous nous devons, bien entendu, de prendre en compte ces nouvelles aspirations qui se traduisent différemment en fonction des activités auxquelles elles s'appliquent.

Nous constatons que quelques grandes évolutions se dessinent, communes à toutes nos activités.

L'individu et son environnement se placent désormais au centre des réflexions de nos clients. Il s'agit d'une donnée essentielle qui doit être omniprésente dans les offres de nos entreprises si nous voulons conserver notre capital d'expertises reconnu en matière d'aménagement.

Nous devons éviter le piège qui consisterait à considérer ces évolutions comme de nouvelles contraintes pesant sur le fonctionnement de nos entreprises. C'est au contraire une occasion à saisir pour susciter de nouveaux besoins d'équipements et d'aménagements dans tous les domaines qui sont les nôtres.

Il nous paraît important que, non seulement nous ne soyons pas à la traîne de ces changements, mais au contraire moteurs dans les nouvelles offres de service qui en découlent.

C'est le cas dans les métiers de la route où la suppression des points noirs, les contournements des bourgs et l'extension des structures à chaussées séparées, entre autres, doivent contribuer d'une manière décisive à une réduction encore accélérée des victimes des accidents de la circulation.

Il s'agit bien là d'une préoccupation majeure de notre vie quotidienne.

La tempête de fin 1999 a également mis en évidence la nécessité vitale de sécuriser la distribution d'électricité. Là encore, à cette occasion, nos entreprises ont pu montrer leur implication très importante dans les opérations de secours et de rétablissement de l'alimentation électrique de nos concitoyens.

Il reste maintenant à reconstruire des réseaux plus fiables et mieux intégrés à notre environnement, ce qui nécessite de nombreuses opérations d'effacement ou d'enfouissement des lignes électriques, et qui est, nous le savons une des préoccupations de nos élus et de nos concitoyens.

L'éclairage public est en lui-même un facteur évident de sécurité des personnes tant en matière de circulation qu'en terme d'agressions ou d'effractions. Son développement et sa modernisation se passent de répondre aux attentes de nos concitoyens.

Il en va de même pour ce qui concerne les aménagements de bourgs associés aux effacements des réseaux secs et à l'intégration de l'éclairage public en tant que mobilier urbain. Ces opérations présentent un double avantage :

- celui de la revalorisation du patrimoine public, qu'il soit naturel ou architectural ;
- celui de la revalorisation du patrimoine privé environnant, ce dont personne ne se plaindra et ce qui ne peut que favoriser une politique d'aménagement équilibré du territoire.

Toujours en matière d'énergie, il convient de s'engager d'une manière déterminante dans la diversification de nos sources. Les aléas climatiques de cet été ont mis en évidence les risques pesant sur des sources de production trop dépendantes de l'eau, qu'il s'agisse de sources de production, ou de moyens de refroidissement.

La construction de nouveaux sites de production liée aux énergies renouvelables est indispensable et sera pour les travaux publics une opportunité importante de développement dans les années qui viennent.

Pour ce qui concerne les ouvrages d'art, chacun peut constater que les qualités d'esthétique et d'intégration sont devenues telles, que ceux-ci rentrent dans le patrimoine touristique des régions qui les construisent.

Or, si ces constructions sont aujourd'hui possibles, c'est à la compétence de nos entreprises en matière de conception et de réalisation que nous le devons.

Là encore, outre l'aspect fonctionnel de ces ouvrages, les travaux publics contribuent effectivement au développement de notre patrimoine architectural et touristique.

Dans la lutte contre les inondations, rien ne pourra être fait d'efficace sans la construction de nouveaux réservoirs et sans une politique volontariste d'entretien et d'aménagement de nos cours d'eau. Le savoir-faire de nos entrepreneurs spécialisés doit participer à la réduction du nombre de victimes de ces phénomènes climatiques.

Et pour en terminer, chacun d'entre nous a pu cet été, constater à quel point nous avons utilisé nos réseaux d'adduction d'eau potable à l'extrême limite de leurs capacités dans de nombreuses régions. Quelques jours supplémentaires de canicule auraient entraîné des catastrophes dont le pays aurait été très long à se relever.

Globalement, la ressource en eau de notre continent apparaît suffisante, mais est répartie avec une telle inégalité que seule la construction de réservoirs supplémentaires associée à une politique d'interconnexion efficace peut nous éviter à

l'avenir les désagréments que nous avons tous connus cet été et qui auraient pu se transformer en catastrophes bien plus graves. Il s'en est fallu de peu en de nombreux endroits.

En conclusion, nous constatons que, partout où existe la préoccupation de l'environnement, de la sécurité des biens et des personnes, de la qualité du cadre de vie et de la qualité de la vie en général, les travaux publics offrent à notre société moderne, leurs compétences et leurs capacités d'innovation propres à répondre aux attentes de nos concitoyens. Qui mieux que nos entreprises connaît les contraintes de la nature et de notre environnement, ce n'est pas pour rien si déjà nous participons très activement à la revalorisation de nombreux déchets industriels par le recyclage de ceux-ci en matériaux de construction.

Bref l'environnement et la qualité de la vie, c'est aussi l'affaire des travaux publics. Marguerite Yourcenar l'avait déjà constaté lorsqu'elle a écrit : "*Construire c'est collaborer avec la terre*".



■ JEAN-YVES MARTIN

Président
de la Commission
fédérale
de l'Environnement

Les terres d'excavation techniques

Un avenir pour les terres

Les terres de terrassements et les découvertes de carrières n'avaient pas trouvé jusqu'alors de débouchés viables si ce n'est la décharge, le réaménagement in situ ou l'abandon sauvage frauduleux.

Constitués de limons, ces déblais une fois traités à la chaux en centrale (contrôles de l'humidité, argilosité, homogénéisation) deviennent d'excellents matériaux de remblais pour le BTP. Ils réincorporent ainsi les chantiers qu'ils avaient quittés sous la forme de déchets inertes pour être mis en place comme remblais techniques sous plate-forme bâtiment, pour remblaiement de tranchées, sous voirie...

Les différentes études et chantiers tests menés conjointement par Devarem (inventeur du process de recyclage), les laboratoires privés dans un premier temps mais très vite rejoint par les laboratoires publics, ont permis d'approfondir les connaissances et confirmer la polyvalence d'utilisation de ce matériau Varem, limon traité à la chaux.

Ainsi les matériaux recyclés doivent trouver leur place dans les réglementations techniques et les documents normatifs afin de développer cette filière aux enjeux économiques et environnementaux intégrés dans le thème, bien connu de tous, du développement durable.

Souvent confrontés aux volumes importants des terres d'excavation, les chantiers de terrassement n'avaient jusqu'alors d'autres solutions, qu'une hypothétique réutilisation en aménagement paysager ou une évacuation en décharge de classe III. Or ces terres, généralement très plastiques et collantes, ne conviennent pas pour une réutilisation en remblai (orniérage des engins, aucune portance, déformabilité...).

Dans le Nord-Pas-de-Calais, Devarem a opté pour une valorisation de ces terres limoneuses en remblai technique polyvalent, en développant près de Lille, un process innovateur de traitement et de malaxage à la chaux produisant le Varem. Un million de tonnes de remblais recyclés ont ainsi été produits en moins de trois ans.

Certifiée Iso 14001 depuis 2001, catégorie respect de l'environnement, l'entreprise mise égale-

ment sur le transport fluvial, plus écologique, pour développer son activité de recyclage.

La préservation de l'environnement par cette activité, c'est la suppression des dépôts sauvages, la limitation de mise en décharge aux seuls déchets non valorisables mais aussi la préservation des ressources naturelles non renouvelables.

DESCRIPTION DU CYCLE DE VIE DES TERRES DE CHANTIERS

La plate-forme regroupe et recycle les terres d'excavation des chantiers de l'ensemble de l'agglomération Lilloise qui englobe Lille - Roubaix - Tourcoing, ce qui représente plus de 400 000 t valorisées actuellement par an. Ces terres, dénommées déblais limoneux en raison de leur teneur en argile variable (fuseau granulaire < 2 µm) et/ou de limons (20 µm à 2 µm), sont humides et plastiques et souvent qualifiées de médiocres, extrêmement sensibles à l'eau.

Elles doivent donc être mises en décharge ou valorisées conformément à la réglementation nationale et européenne actuelle qui encourage le développement durable, d'ailleurs activement relayée au niveau régional (Assises nationales du développement durable fin juin 2003 à Lille).

Les chantiers présentés dans cet article ont ainsi fait l'objet d'un recyclage optimal des matériaux excavés.

PROCESS DE TRAITEMENT DES TERRES DE CHANTIER

(figure 1)

Les terres de terrassement sont excavées et chargées dans des camions et/ou des péniches. Elles quittent donc le chantier et prennent la direction de la plate-forme de recyclage à une quinzaine de kilomètres généralement du chantier d'origine. Ce type d'installation assure un service de proximité permettant d'évacuer les déblais des chantiers (béton, voirie, terres...) et de fournir sur le même site les matériaux de remblais nécessaires au chantier : réduction des coûts de transports (minimisation des impacts environnementaux) et des temps de transport.

Après vérification du statut inerte des terres de terrassement au niveau du chantier et sur la plate-forme, elles sont admises dans la zone couverte du site afin de réguler leur teneur en eau.

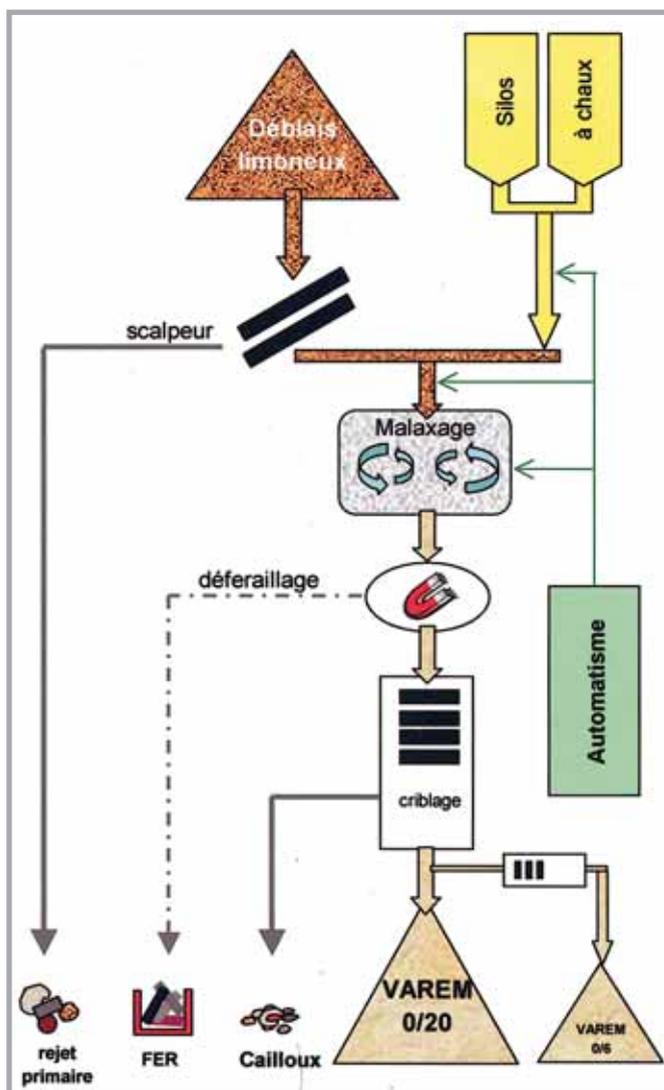


Figure 1
Schéma du process
Process diagram



valorisées en remblais de terrassement



Photo 1
Déblais limoneux avant traitement
Loamy earth cuts prior to treatment



Photo 2
Après traitement à la chaux, le Varem
After treatment with lime, Varem

Elles sont ensuite traitées à la chaux vive, débarassées des éléments grossiers (bordures béton, plaques de fonte...), déferrailées, malaxées, et criblées. La chaux est dosée en fonction d'une plage de teneur en eau et de la qualité des terres. Le malaxage assure une efficacité optimale du traitement à la chaux qui permet de diminuer la teneur en eau du déblai et de flocculer les particules fines en grumeaux de quelques millimètres tout en les séparant de la partie grossière restante (cf. encadré "Action de la chaux").

A l'issue du traitement, trois types de matériaux sont produits, lesquels trouvent tous leur place sur les chantiers en matériaux de remblais recyclés :

- ◆ le Varem 0/20 mm applicable sur tout type de chantier BTP avec des utilisations variées qui ont fait chacune l'objet de chantiers tests, réalisés avec des acteurs locaux privés et publics (photos 1, 2 et tableau I) ;
- ◆ le casson ou briques cassées utilisé en pistes de chantier ou en fond de remblai ;
- ◆ et enfin, le refus de crible réinjecté dans les ate-

ACTION DE LA CHAUX

Réaction chimique $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

La chaux vive (CaO), très avide d'eau agit en premier lieu en diminuant l'humidité des terres et se transforme en chaux éteinte (Ca(OH)₂).

Cette réaction rend les particules fines d'argiles et de limons inactives en les agglomérant sous forme de grumeaux ce qui rend le matériau plus manipulable (formation de ponts calciques entre les feuillets d'argile).

Analyses	Varem	Référence / norme
Nature	Limon régional traité à la chaux vive en centrale et enrichi d'une fraction caillouteuse	
Chaux	Traité chaux vive	NFP 98 101
Classe du matériau	A1 traité voir A2 selon % argile	Guide technique LCPC/SETRA (1994)
Dmax	< 50 mm	
VBS	< 2.5	Guide technique LCPC/SETRA (1994)
IPI	10 < IPI < 20	GTR
Granulométrie	0 à 20 mm passant à 80 µm > 35% 25 % > à 2 mm	Guide technique LCPC/SETRA (1994) NF P 94.056
PH	12	NF X 31.117
Densité à l'OPN	1.6 < POPN < 1.7 t/m ³	NFP 94.093
Teneur optimale en eau	18 à 22 %	
Matière organique	< 3 %	NFP 11-300 & NFP 94.055
Teneur en eau produit fini	18%	
Sulfates sur soluble eau	< 1%	NF T 90.046
Gonflement volumique	< 5 %	NFP 94 100
Sensibilité à l'eau et pérennité traitement	ICBR im. 4 j/IPI > 1	Guide technique LCPC/SETRA (1994)
Spécificité	Eco matériau	Rapport environnemental*

Tableau I
Caractéristiques
géotechniques
du Varem 0/20

*Geotechnical properties
of Varem 0/20*

* Cédric Buisine - 2002 :
*Exigences de qualité d'un matériau
recyclé en vue de son utilisation
en remblais dans des zones
sensibles du Nord-Pas-de-Calais,
aspects réglementaires
et environnementaux, zones PIG -
60 pages*

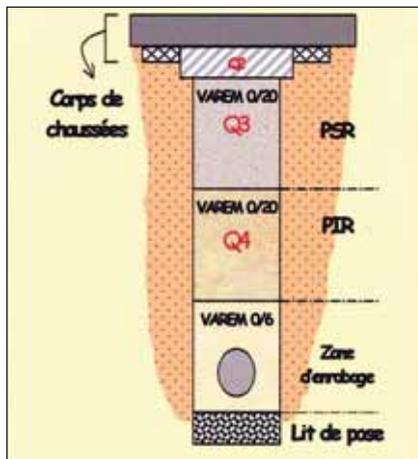


Figure 2
Coupe schématique de remblayage d'une tranchée
Schematic cross section of backfilling of a trench

Analyses	Résultats
Analyse granulométrique (selon N P18-553)	60,3 % passant à 80 µm
Classification	A2m avant traitement à la chaux A1m après traitement
Teneur en eau	Wnat = 18.9 %
Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse	VBS = 0.67
Pénétrondensitographie au PDG 1000	Résultats satisfaisants, bonne compacité sur les 27 profils pénétrométriques

Tableau II
Résultats des essais effectués à Gricourt sur Varem 0/20

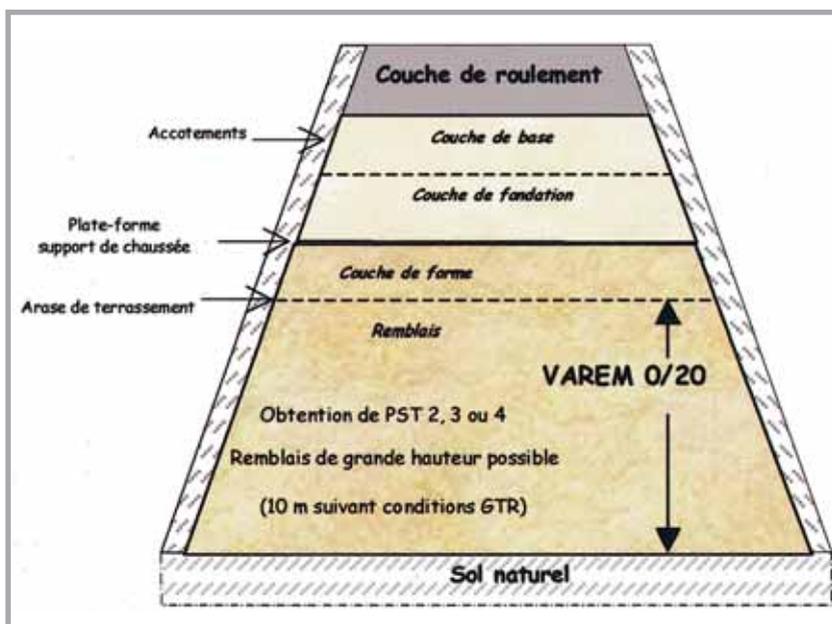
Results of tests performed at Gricourt on Varem 0/20

Photo 3
Livraison de Varem sur le chantier RN 41
Delivery of Varem to the RN 41 construction site



Figure 3
Coupe schématique de remblais pour voirie (RN 41)

Schematic cross section of backfill for a highway (RN 41)



liers de concassage afin de produire des granulats recyclés.

UTILISATION DU REMBLAI VAREM 0/20 : EXEMPLES DE CHANTIER TEST ET RÉFÉRENCES

Remblais pour VRD

Chantier test Euralille - Îlot Saint-Maurice (2001, Lille)

Une tranchée d'assainissement a été réalisée à l'occasion d'un chantier test pour la validation du matériau de remblai par la LMCU (Lille Métropole Communauté Urbaine) de Lille. D'une largeur de 1,50 m pour une profondeur variant de 1,50 à 2,50 m de profondeur, la mise en œuvre du Varem s'est effectuée par couches successives de 20 cm et compactée au Bomag BW 100 AD2.

Le suivi du chantier a été réalisé par le LCPC de Lille. Les essais ont permis de contrôler les points Proctor ($D_s = 1,62$ et $W = 19,1$) ainsi que le bon compactage du remblai au pénétrodensitographe PDG 1000 (figure 2).

Chantier test EDF-GDF à Gricourt (2001, Aisne)

Ce chantier visait à agréer le Varem pour le remblayage des tranchées des réseaux EDF-GDF. La direction de la recherche de Gaz de France et le LRPC de Saint-Quentin sont intervenus dans le cadre du chantier.

Les essais ont été effectués par le LRPC (tableau II).

Chantier de remblai réseau EDF-GDF à Roubaix (2002, Nord)

Sur ce chantier, l'épaisseur de mise en œuvre du Varem 0/20 mm est de 0,20 à 0,25 m.

Les mesures de densités au gammadensimètre type Troxler en juin 2002 ont été réalisées par Solen, laboratoire d'analyses basé à Béthune.

La moyenne des compacités obtenues est de 103,3 %, ce qui est supérieur au 98,5 % de l'OPN et toutes les valeurs sont supérieures à 96 % de l'OPN. Le niveau de compacité vérifie la qualité Q3, la moyenne de la masse volumique est de $1,93 \text{ g/cm}^3$, la moyenne de la teneur en eau est de 16,8 % et enfin la masse volumique sèche est de $1,86 \text{ g/cm}^3$.

Remblais sous voirie : chantier RN 41

Chantier RN 41 : section courante Lille - La Bassée (2002, Nord)

70000 t de Varem 0/20 et 4000 t de concassé béton ont été livrées sur ce chantier.

Le Varem est utilisé sur ce chantier en remblai sous la couche de forme où il remplace avantageusement un matériau naturel de type D3.1 (photo 3 et figure 3).

Les livraisons sur chantier s'effectuaient par rotation de camions directement sur les zones de mise en œuvre. Le Varem une fois compacté permet en effet la circulation des poids lourds sans orniéragage du remblai.

La granulométrie 0/20 mm permet aussi une mise en œuvre facile par boteur pousseur et un réglage fin à la lame de nivellement guidée par GPS si nécessaire.

Les portances supérieures à 35 MPa (valeur minimale demandée) sont obtenues à l'issue du compactage grâce à la prise immédiate du mélange limon-chaux. Ensuite la portance s'améliore encore à long terme par la réaction de cimentation ou prise pouzzolanique.

Les contrôles sur le Varem 0/20 ont été effectués en partie par le Service technique & développement de Colas Nord Picardie (photos 4, 5 et tableau III).



Photo 4
Mise en œuvre du Varem sur le chantier
Laying Varem on the site



Photo 5
Compactage du remblai
Compacting the backfill

Remblais plate-forme bâtiment : exemples de chantier

Chantier à Béthune en avril 2002 (Pas-de-Calais)

La plate-forme destinée à recevoir un garage à Béthune a été réalisée en Varem 0/20 mm sur une épaisseur de 0,73 m dans la première zone tassée à - 2 m du terrain naturel, et de 0,43 m dans la seconde. Le Varem compacté est recouvert d'un concassé béton 0/20 sur une épaisseur de 7 cm. Six mille tonnes de Varem acheminées par péniches ont été nécessaires pour la plate-forme (photo 6 et figure 4).



Photo 6
Compactage de la plate-forme en Varem de Béthune
Compacting the platform of Varem from Béthune

Essais	Détails	Résultats	Interprétation
Gammadensimètres NF P 98 241.1 épaisseur 35 cm (profondeur de mesure) : 30 cm	Voie Lille - La Bassée	100 % des mesures sont supérieures à 92 % de l'OPN 98.8% des mesures sont supérieures à 95 % compacité moyenne = 102.4 % (170 valeurs)	Les résultats sont conformes à la qualité Q4 [qualité Q4 : 100 % des valeurs > 92 % OPN, moyenne > 95 % OPN]
	Voie La Bassée - Lille	100 % des mesures sont supérieures à 92 % de l'opn 98.8% des mesures sont supérieures à 95 % Compacité moyenne = 100.3 % (170 valeurs)	
Point Proctor	Référence PROCTOR 13 points proctor réalisés	DS = 1,66 kg / dm3 à 17.6 % d'eau moyenne DS = 1.66 kg/dm3, % eau = 18.7 %	Résultats conformes au référentiel
Dynaplaques	31 profils Dynaplaque PST dans les deux axes	EV2 > 50 MPa sauf 2 profils où 40<EV2< 50 MPa	Exigences étant de EV2 > 35 MPa
Essai Proctor et IPI Solen (suivi de production) – Essai n°02 0875	Contrôle des matières premières	masse volumique sèche à l'optimum : 1.66 t/m3	Suivi de production du Varem
		teneur en eau à l'optimum : 18.0% IPI maxi mesuré : 38 IPI à l'OPN : 25	

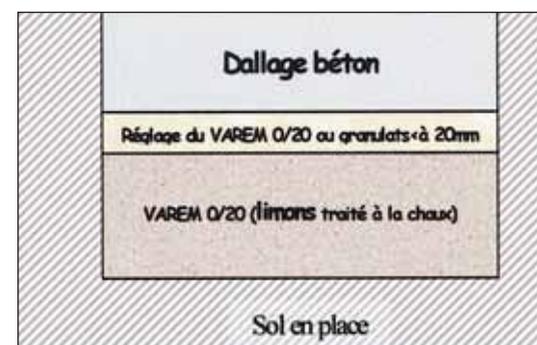


Figure 4
Coupe schématique de constitution d'une plate-forme sous bâtiment
Schematic cross section of the composition of a platform under a building

Tableau III
Résultats des essais effectués sur le chantier RN 41
Results of tests performed on the RN 41 construction site

► Le suivi du chantier a été effectué par le laboratoire Solen de Béthune (tableau IV).

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DANS LA FILIÈRE RECYCLAGE DES TERRES D'EXCAVATION

Tableau IV
Essais de chargement à la plaque (E02667BE) - Béthune avril 2002
Plate bearing tests (E02667BE) - Béthune 04/2002

Lieu	Coupe	Résultats
Plate-forme A	0.07m de concassé béton 0/20	85 MPa/m <K< 133 MPa/m
	0.73 m de Varem 0/20	1.7 < EV2/EV1< 2.2
	Terrain naturel à - 2m	50.0 MPa < EV2 < 95.7 MPa
Plate-forme B	0.07m de concassé béton 0/20	108 MPa/m <K< 133 MPa/m
	0.43 m de Varem 0/20	1.7 < EV2/EV1< 2.1
	Terrain naturel à 0 m	41.7 MPa < EV2 < 86.5 MPa

Chantier de Roye (Picardie)

Ce chantier est représentatif des enjeux environnementaux liés à l'activité de recyclage de l'entreprise.

Au total, 20 452 t de Varem ont emprunté fin mars le canal du Nord, réparties en 60 péniches de 350 t ou convois de 750 t à destination de la Picardie.

Le chantier de Roye mettait en œuvre une plate-forme destinée à recevoir une extension d'un bâtiment de stockage. 100 % des remblais constitués dans le cadre de ce chantier ont été réalisés en matériaux recyclés : le Varem 0/20 pour la plate-forme bâtiment et les bassins de rétention d'eau, le concassé béton 0/120 mm pour les tranchées drainantes, et le ternaire pour la voirie.

De plus, c'est 800 allers-retours par camions sur un réseau routier déjà bien saturé qui ont ainsi été évités sur une distance de 110 km.

Aujourd'hui, la société développe la voie d'eau et ce sont actuellement 100 000 t de remblais primaires qui sont fournis sur un chantier régional à Douai par bateaux de 1 200 t (photo 7).

La recherche d'autres possibilités d'utilisation de ce type de matériaux continue. Actuellement, Devarem élabore un remblai pour les couches de forme voirie. Il s'agit en fait du Varem (traité à la chaux) que l'on retraits au ciment afin de répondre aux exigences techniques des couches de forme.

Les connaissances sur ces produits traités à la chaux s'affinent encore. Dernièrement, des essais menés par le CER (Centre d'études routières) de Rouen ont permis de vérifier expérimentalement l'insensibilité à l'eau du Varem compacté.

Un programme de caractérisation minéralogique des structures créées par les mélanges chaux/limons ou chaux/argiles est en cours d'élaboration. Il s'agira de définir les critères géologiques des limons/argiles répondant à un traitement optimal à la chaux vive en s'affranchissant des paramètres inhibiteurs à la réaction : matière organique, sulfates...

La filière se renforce en plein contexte de développement durable en favorisant les enjeux environnementaux et économiques. Le recyclage des déchets inertes du BTP contribue, en terme d'impact environnemental, à la réduction de mise en décharge de déchets valorisables, à l'élimination des dépôts sauvages et à la préservation des ressources naturelles : sol et eau!

Utilisés depuis plusieurs années sur les chantiers privés, le domaine public s'ouvre timidement à l'emploi des matériaux recyclés.

Les carrières s'intéressent de près également à ce

Photo 7
Plate-forme en matériau recyclé de Roye

Platform in Roye recycled material



domaine puisque ce sont des millions de tonnes de stériles de carrières qui restent à valoriser. C'est aussi pour elles le moyen de pérenniser leur activité en y associant le recyclage et en réservant ainsi les matériaux naturels à des usages plus nobles, en bâtiment par exemple.

Il reste maintenant à développer des guides et une classification des recyclés à valeur normative afin de reconnaître les matériaux recyclés en tant que remblais techniques au même titre que les matériaux naturels.

ABSTRACT

Earth cuts exploited as engineering backfill
A future for earth from earthworks

C. Buisine

The earth from earthworks and topsoil stripped from quarries had previously found no viable outlets apart from landfills, redevelopment in situ or fraudulent uncontrolled dumping.

These earth cuts, which consist of silts, after treatment with lime in the mixing plant (checks for moisture content, clay content, uniformisation), become excellent backfill materials for the building and construction industry. They thus return to the sites they had left in the form of inert wastes to be put in place as engineering backfill under the building platform, for backfilling of trenches, under roads, etc

The various studies and test projects conducted jointly by Devarem (inventor of the recycling process), with private laboratories initially but very soon also with public laboratories, have made it possible to develop a deeper knowledge of and confirm the versatility of use of this material Varem, silt treated with lime.

Accordingly, recycled materials should find their place in the technical regulations and standards documents so as to develop this process having economic and environmental implications on the well known theme of sustainable development.

RESUMEN ESPAÑOL

Las tierras de explanación, aprovechadas para rellenos técnicos

Un futuro abierto para los materiales de movimientos de tierras

C. Buisine

Las tierras procedentes de movimientos de tierras y de monteras de canteras no habían encontrado, hasta la fecha, salidas viables, salvo para su descarga en vertederos, el reacondicionamiento in situ o el abandono salvaje fraudulento.

Por su contenido en limos, estos escombros, una vez tratados mediante cal en central (controles de humedad, contenido arcilloso, homogeneización) se

transforman en excelentes materiales de relleno para la edificación y obras públicas. De este modo se reincorporan en las obras de que procedían, en forma de residuos inertes para ser aprovechados en terraplenados técnicos en la subplataforma de edificios, para el relleno de zanjas, subcapas de vías de tránsito, etc.

Los diversos estudios y obras de pruebas emprendidos conjuntamente por Devarem (inventor del sistema de reciclado), los laboratorios privados en una primera etapa, pero rápidamente seguidos por los laboratorios públicos, han permitido profundizar los conocimientos y confirmar así la polivalencia de utilización de este material Varem, limo tratado mediante cal.

Por todo ello, los materiales reciclados deben encontrar su utilización en las instrucciones técnicas y los documentos normativos correspondientes, con objeto de desarrollar este método para hacer frente a los retos económicos y medioambientales de aprovechamiento incorporados en el tema, perfectamente de todos conocidos, del desarrollo sostenible.

Réhabilitation de la lagune

Mise en œuvre d'une solution et stabilisation in situ

La réhabilitation des sites pollués et leur traitement constitue un problème complexe où chaque cas est particulier. Dans celui de la lagune de Brest, Solétanche-Bachy et Inertec ont mis au point et proposé une solution réellement innovante.

L'association des deux procédés enceinte active et stabilisation a permis, en isolant le site pollué de son environnement, de proposer un traitement in situ en douceur et à coût réduit, pour un projet de réaménagement où la sauvegarde des ressources hydrauliques s'avérait cruciale.

INTRODUCTION

Au début des années 80, le port de Brest décide de s'équiper d'une lagune de stockage des résidus de déballastage des pétroliers. Essentiellement constitués de pétrole brut, de silts, de sables fins et d'eau plus ou moins salée, ces résidus remplissent au fil du temps la lagune et y décantent. En 1998, la CCI de Brest, propriétaire du site, décide le réaménagement et l'extension de la zone d'entreposage des produits pétroliers sur l'emplacement même de la lagune. Le projet impose donc la fermeture et le réaménagement de la zone afin de permettre le passage de véhicules lourds et la construction de nouvelles cuves de stockage en surface (photo 1).

Différentes solutions techniques sont proposées allant de traitements de destruction hors site au confinement du résidu en place.

Malgré leurs avantages en terme d'usage futur, les solutions d'extraction et de destruction en co-incinération sont éliminées à cause de leur coût élevé.

C'est donc le projet de réhabilitation proposé par Ate-Géoclean, Solétanche-Bachy et Inertec qui a été retenu.

Compte tenu de l'utilisation future du site, la combinaison stabilisation/enceinte étanche représentait la solution technique la plus économique et la plus adaptée.

Le projet proposé par les trois entreprises consiste dans la mise en œuvre des procédés suivants :

- ◆ un pompage et un traitement des eaux superficielles par Ate-Géoclean ;
 - ◆ un traitement de stabilisation/solidification des 23 500 m³ de résidus réalisé in situ, selon un procédé Inertec. Grâce à ce traitement, on obtient un matériau qui permet la rétention des principaux polluants (métaux et hydrocarbures) ; de plus, ses caractéristiques géotechniques sont suffisantes pour l'installation des réservoirs de carburant (15 à 20 t/m²) ;
 - ◆ une enceinte active filtrante Solétanche-Bachy complémentaire de la stabilisation. Elle permet d'assurer le confinement de la zone et l'épuration des eaux susceptibles de parvenir au contact des résidus traités, avant d'être rejetées à l'extérieur.
- Cette solution innovante d'abattement de la source à l'échelle microscopique par stabilisation et d'interception du flux à l'échelle du site par barrière perméable réactive, offre de nombreux avantages :
- ◆ chaque élément du système peut être dimensionné individuellement en fonction du niveau d'efficacité recherché pour le projet final ;
 - ◆ elle est plus économique qu'une évacuation des déchets vers un centre de traitement ou de stockage, la nature des déchets semi-liquides à pâteux compliquant leur manutention ;
 - ◆ la stabilisation s'accompagne d'une amélioration de sols conséquente ;
 - ◆ de nouveaux stockages sur sites étant susceptibles d'être construits, elle est la seule à garantir une bonne protection grâce à la présence de l'enceinte active, même si la matrice des produits stabilisés devait être dégradée par les dispositifs constructifs des fondations des réservoirs ;
 - ◆ les eaux de la nappe hors du site sont protégées dans tous les cas (figure 1).

Photo 1
Vue générale de la lagune avant travaux
General view of the lagoon prior to the works

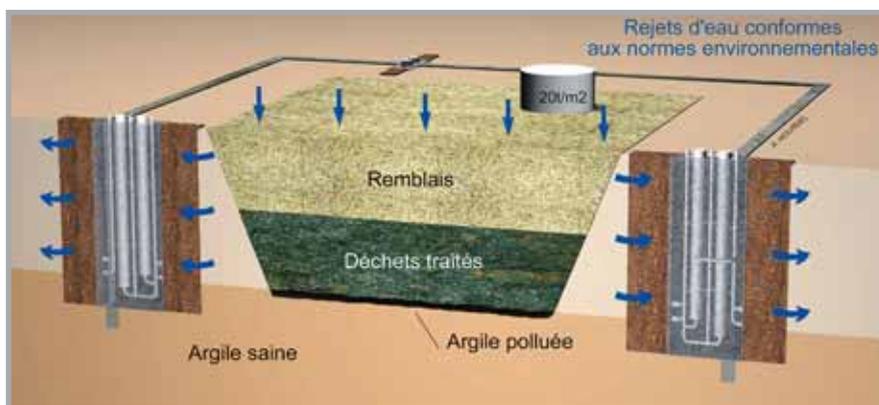
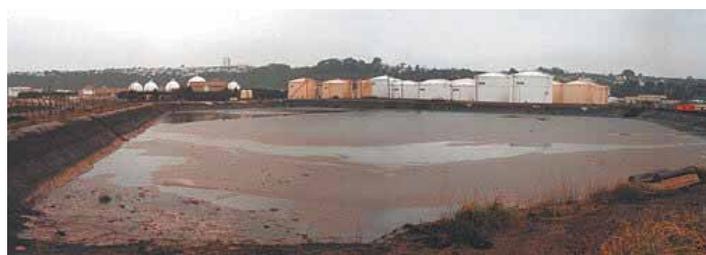


Figure 1
Schéma de principe de la solution stabilisation in situ - Enceinte active

Schematic diagram of the active chamber and in-situ stabilisation solution

Une solution originale et innovante pour les lagunes d'hydrocarbures

La CCI de Brest décide alors de lancer un appel d'offres sur performances pour la réhabilitation de la lagune avec les objectifs suivants :

- ◆ suppression de l'impact environnemental de la lagune ;
- ◆ compatibilité du traitement avec l'usage futur du site ;
- ◆ délai de réalisation court.

de déballastage de Brest innovante par enceinte active

Marie-Claire Magnié
RESPONSABLE ÉTUDES
Inertec

Alain Barbier
RESPONSABLE TRAVAUX
Inertec

Jean-Jacques Kachrillo
DIRECTEUR DÉPARTEMENT
ENVIRONNEMENT
Solétanche-Bachy

■ LA MISE EN ŒUVRE

Stabilisation in situ (Inertec/Solétanche-Bachy)

La technique retenue a été la suivante :

- ◆ mise au point d'un outillage constitué d'une double pale avec dispositif d'injection in situ et de malaxage simultanés ;
- ◆ création d'une première bande traitée à l'aide de ce malaxeur monté sur un bras long ;
- ◆ après la prise rapide du mélange obtenu, constitution d'une plate-forme sur le matériau traité et consolidé et réalisation d'une deuxième bande de matériau traité ;
- ◆ traitement de la lagune de proche en proche à l'aide de cette méthode.

Un plot d'essai a permis de régler les principaux paramètres que sont :

- ◆ la composition du coulis ;
- ◆ les quantités injectées ;
- ◆ le temps de malaxage ;
- ◆ le mode de malaxage (vitesse et sens de rotation, déplacement de l'outil).

Au total, 23 500 m³ ont été traités en 4 mois, à l'aide de la double hélice montée sur un porteur chenillé (photos 2 et 3).

Enceinte active à portes filtrantes (Solétanche-Bachy)

Le principe de l'enceinte active à portes filtrantes est d'isoler la zone traitée de l'extérieur. Située au large du confinement, elle constitue une sécurité supplémentaire en permettant :

- ◆ de reprendre les éventuelles pollutions résiduelles qui subsisteraient hors de la lagune traitée ;
- ◆ d'évacuer le trop plein par les portes filtrantes lorsque l'intérieur du confinement se met en charge sous l'effet des pluies ;
- ◆ d'exécuter sans risque les travaux de fondation des réservoirs qui sont agressifs pour le traitement localement.

Dans tous les cas, l'eau ressort de l'enceinte débarrassée de ses polluants résiduels.

L'enceinte active est constituée d'une paroi au coulis périphérique de 610 m de long ancrée dans un horizon étanche sous-jacent vers 5 à 7 m de profondeur et de quatre portes filtrantes munies de deux filtres à charbon actif renouvelables, d'une capacité suffisante pour être changés une fois par an (photo 4).



Photo 2
Vue du malaxeur
in situ
*View of the mixer
in situ*



Photo 3
Chantier en cours
de réalisation
*Site with work
in progress*



Photo 4
Mise en place
de la porte filtrante
*Installation
of the filter gate*

Bilan

L'association des procédés de traitement, développés conjointement par Inertec et Solétanche-Bachy, tels que la stabilisation in situ des matériaux pollués et l'enceinte active à portes filtrantes, permet de proposer un nouveau concept intéressant et économique pour la réhabilitation des lagunes de stockage.

Cette double enceinte à la fois microscopique et

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Enceinte en paroi au coulis : 3 200 m²
 - Portes filtrantes : 4
 - Stabilisation in situ : 23 500 m³
- Durée des travaux** (stabilisation et enceinte active) : septembre à décembre 2001



Photo 5
Vue générale du site après les travaux
General view of site after the works

► macroscopique permet de protéger efficacement l'environnement et autorise la réutilisation des sites ainsi réhabilités à des fins industrielles, dans des conditions économiques et sans autre contrainte que l'entretien de l'enceinte active.

Cet entretien, très simple, consiste à changer les filtres au moment où ils sont saturés ; dans ce cas précis, ils ont été dimensionnés pour être changés une fois par an.

Les travaux se sont achevés fin décembre 2001. L'ensemble du dispositif est sous surveillance avec analyses en entrée et sortie des portes des paramètres chimiques de l'eau et notamment la teneur en hydrocarbures dissous.

Après 6 mois de fonctionnement, les mesures en sortie de porte montraient des résultats tout à fait satisfaisants et conformes à l'arrêté préfectoral à savoir :

- ◆ teneur en HCT < 1 mg/l ;
- ◆ teneur en phénols < 0,1 mg/l ;
- ◆ teneur en métaux lourds (Ba, As, Ni, Co, Cu, Pb) < 0,1 mg/l (photo 5).

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Chambre de Commerce et d'Industrie de Brest

Conseil du maître d'ouvrage

Gester

Entreprise générale

Ate-Géoclean/Sita Remédiation

ABSTRACT

Rehabilitation of the deballasting lagoon at Brest

Application of an innovative solution by active chamber and in-situ stabilisation

M.-Cl. Magnié, A. Barbier, J.-J. Kachrillo

The rehabilitation and treatment of polluted sites is a complex problem where each case is a special case. In the case of the Brest lagoon, Solétanche-Bachy and Inertec have developed and proposed a truly innovative solution.

The combination of two processes – active chamber and stabilisation – made it possible, by isolating the polluted site from its environment, to propose an environmentally friendly in-situ treatment at a low cost, for a redevelopment project in which safeguarding water resources was of crucial importance.

RESUMEN ESPAÑOL

Rehabilitación de la laguna de deslastre de Brest

Aplicación de una solución innovadora por recinto activo y estabilización in situ

M.-Cl. Magnié, A. Barbier y J.-J. Kachrillo

La rehabilitación de los emplazamientos contaminados y su tratamiento correspondiente constituye un problema complejo en que cada caso se presenta de forma particular. Al tratarse de la laguna de Brest, Soletanche-Bachy e Inertec han desarrollado y propuesto una solución realmente innovadora.

La combinación de los dos procedimientos, o sea, recinto activo y estabilización, han permitido – al aislar el emplazamiento contaminado de su propio medio – proponer un tratamiento in situ no agresivo y de bajo coste, para un proyecto de reacondicionamiento en que la protección de los recursos hídricos constituía un problema crucial.

Autoroute A75

Les aires de repos de la Bête des aires de légende

Situées sur les contreforts de l'Aubrac et des Causses, les aires de repos de la Bête du Gévaudan et de Marvejols offrent aux usagers un panorama de grande qualité ouvert sur les paysages lozériens.

L'équipe de maîtrise d'œuvre a positionné ses aires en fonction de la nature géologique du pays, l'aire de la Bête du Gévaudan sur les sols granitiques de l'Aubrac, l'aire de Marvejols sur les sols calcaires des Causses.

L'architecte a joué de ce contraste dans la conception, en opposant l'austérité de l'Aubrac à la luminosité des pays calcaires.

L'aménagement a donc été constitué à partir de l'esprit du Gévaudan (bloc rouillé sorti de terre) et d'un belvédère à l'abri d'un nuage surplombant les Causses et la vallée environnante.



A75. Clermont-Ferrand /Béziers.
Plan de situation des aires du Gévaudan et de Marvejols

A75. Clermont-Ferrand/Béziers. Location plan of the Gévaudan and Marvejols areas

Dans le prolongement de l'autoroute A71 qui relie Paris à Clermont-Ferrand, l'autoroute A75 se développe à travers le Massif Central en reliant Clermont-Ferrand à Béziers.

Elle traverse la frange ouest du département de la Lozère, dans le sens nord-sud sur près de 66 km. Pénètre en Lozère par la Margeride, elle se développe sur les plateaux de l'Aubrac à des altitudes variant entre 950 et 1100 m, avant d'aborder les Causses et de franchir le Lot au droit de Banassac La Canourgue. L'A75 pénètre ensuite en Aveyron à travers les Causses de Séverac-le-Château.

En Lozère, six aires de repos et une aire de service sont prévues et permettent aux usagers de l'A75 la découverte des paysages diversifiés de ce département.

Les aires de repos situées aux abords de Marvejols constituent un élément fort de l'autoroute A75. Elles offrent aux usagers un panorama de légende à l'image de celle qui entoure la Bête du Gévaudan.

■ LA CONCEPTION

La démarche a associé ingénieurs, architectes, paysagistes, géologues. Elle a voulu allier un impératif de sécurité, avec le plaisir de bien conduire, l'agrément du site et la possibilité d'exploiter le côté mythique, qui hante le pays du Gévaudan. La découverte de paysages grandioses à l'état sauvage constitue l'atout majeur des deux aires. Met-

Aire du Gévaudan.
Bloc rouillé sorti de terre
Gévaudan area.
Rusty block coming from the earth



© Michel Maurin

du Gévaudan et de Marvejols :

tant à profit le panorama offert par les lieux, l'équipe de maîtrise d'œuvre a positionné la première aire de repos sur les contreforts de l'Aubrac, la seconde en bordure du Causse de Marvejols. Implantés en limite géologique, aux confins du granit de l'Aubrac et du plateau calcaire de "La Cham", chacun des deux sites, bien que situé à quelques centaines de mètres de l'autre à vol d'oiseau, présente des caractéristiques bien spécifiques. Chacun des aménagements a donc été conçu en fonction de la réalité du site et de sa singularité très significative de la nature géologique du pays. L'architecte a joué de ce contraste : il oppose le granit rude et austère de l'Aubrac au calcaire lumineux et gai des Causses. Paysages, sols, panorama, ambiance et pays différents... tout est réuni sur ce site, pour une mise en scène des deux aires, placées en opposition dans ce pays de légende que constitue le Gévaudan.

■ L'AIRE DU GÉVAUDAN

Le parti paysager :
les émergences d'une terre
de légende

La mise en paysage repose sur la terre, son modelé, ses terrasses et l'architecture qui cristallise l'esprit des lieux. Elle prend appui sur la pente et la prairie qui portent des présences magnifiques, aussi humbles que précieuses.

La prairie bocagère reste le motif central de cette aire. Un grand cormier et la grange-étable implantés sur les lieux sont conservés comme motifs significatifs de son passé. L'ensemble des équipements nouveaux est inscrit sur la pente avec pour principale préoccupation paysagère de "dire" et d'évoquer l'enracinement et l'émergence de cette terre en rebord de Gévaudan.

Le parti architectural : un bloc
d'acier rouillé sorti de terre

L'aire du Gévaudan se trouve à la lisière d'un bois de hêtres et de frênes, sur une pente forte qui forme le premier contrefort de l'Aubrac. La prairie qui ondule sous le bois, cernée au nord par un chemin agricole, est sobre et austère, comme tout le pays du Gévaudan : un muret de gneiss, schiste et granit à l'est ; une haie arbustive, un bosquet au sud sur un petit monticule et le cormier majestueux à

l'ouest, comme un ancêtre respectueux dominant la vallée.

L'aménagement architectural est construit autour de l'esprit du pays du Gévaudan, et de ce qu'il inspire à travers le site.

C'est dans un registre terrestre, ombreux, humide et minéral, que l'ensemble des aménagements s'articule pour faire ressentir aux voyageurs, qui s'arrêtent quelques heures ou quelques instants, l'idée même du terroir, dans sa réalité contemporaine.



© Michel Maurin

L'architecte a choisi d'intégrer le bâtiment dans le paysage en utilisant des formes, des volumes, et des couleurs similaires à celles de l'ancienne grange. Ce bâtiment, très simple, est recouvert de tôles d'acier corten. Entièrement rouillées, elles font comme une carapace rousse sur toutes les faces du bâtiment, y compris sur la couverture, donnant le sentiment d'un bloc d'acier sorti de terre. L'accès depuis le parking réservé aux voitures se fait par une cour pavée légèrement plus basse que le niveau de la chaussée, afin de lui donner une certaine intimité. Surplombant le paysage, la cour est comme un balcon pour découvrir la vallée en contrebas. L'entrée du bâtiment est partiellement abritée par une treille en bois et structure métallique. Comme c'est souvent le cas dans les cours de fermes et aux abords des bâtiments agricoles du

Aire du Gévaudan.
Vue sur les paysages
lozériens

*Gévaudan area.
View of the landscapes
of the Lozère region*

► Gévaudan, on trouve ici un bel arbre, au pied duquel coule un filet d'eau dans une auge de granit gris. L'accès depuis les parkings poids lourds et caravanes, situés en bas du terrain, se fait par deux escaliers en maçonnerie accrochés aux murs des terrasses.

Brut comme le granit du pays et laissé à l'épreuve du temps, ce bâtiment en acier rouillé, est à l'image du pays du Gévaudan, intégré au paysage, austère et rude, mais dans une écriture contemporaine.

■ L'AIRE DE MARVEJOLS

Le parti paysager : un tremplin aérien

La mise en scène paysagère prend appui sur ce tremplin naturel que constitue le site géologique de l'aire : tremplin aérien vers des paysages lointains, le balcon-belvédère est le motif central de l'aire de repos de Marvejols.

L'ensemble des équipements, ainsi que l'architecture, sont inscrits et déclinés sur ce thème, avec pour principale préoccupation paysagère de "dire" et de révéler l'espace aérien qui caractérise le site. Les images de références des traitements de détails sont issues du plateau calcaire de "La Cham", quasi sculpté de murets d'épierrement, de "clapas" et de cabanes en pierres sèches.

Le parti architectural : le belvédère à l'abri d'un nuage

Le site, tel une corniche de calcaire surplombant le vide, offre une large vue sur la vallée, les pays des Trucs (ces massifs calcaires qui émergent du sol), et le plateau de "La Cham" (petit causse). Avec la clarté du site, la luminosité de la roche calcaire, l'architecte a choisi de composer les aménagements paysagers et architecturaux dans un registre de lumière, sur un site qui surplombe son environnement.

La conception paysagère et architecturale laisse percevoir la "mémoire de la vallée", l'histoire de sa géologie, et de ses reliefs, les terrasses en bois formant belvédères au-dessus du vide, la surtoiture en toile tendue entre voiles de bateau et ailes d'oiseaux, les murs de béton brut lisse et calepiné comme une coque de navire échoué.

Contrairement à l'aire du Gévaudan, le bâtiment s'intègre ici par contraste. Grâce au dessin de l'architecture et aux matériaux employés, le bâtiment est comme un signal évident dans le paysage.

Encastré dans un mur épais, composé d'un "clapas" de pierres calcaires faisant référence aux murs de clôture du plateau de La Cham, le bâtiment des sanitaires est constitué de deux murs de béton brut. La façade sud est fermée par un bardage bois (façade légère) afin de monumentaliser les deux murs de béton brut posés de part et d'autre. L'en-

Aire de Marvejols,
belvédère à l'abri
d'un nuage
*Marvejols area,
lookout point sheltered
by a cloud*



© Michel Maurin



© Michel Maurin

Aire de Marvejols. Vue de détail sur les "clapas" et les toiles tendus en surplomb du plateau de la "Cham"

Marvejols area. Detail view of the "clapas" rock formation and the spun webs overlooking the "Cham" plateau

trée se fait en partie basse du terrain au niveau du parking réservé aux voitures.

Le parking poids lourds, disposé en partie haute, donne accès à une terrasse belvédère. Tel un nuage au-dessus de la terrasse, trois toiles tendues suspendues sur une structure métallique légère, filtrent la lumière et accentuent le cadrage, la séquence visuelle sur le paysage. Les vues sont guidées au moyen de découpes dans les murs béton, dans un souci permanent d'abstraction et prenant pour objet principal le paysage, la lumière et l'horizon.

ABSTRACT

A75 motorway
The rest areas of Bête du Gévaudan and Marvejols : legendary areas

J. Brajon

Located on the buttresses of Aubrac and the Causses, the rest areas of Bête du Gévaudan and Marvejols offer users a high-quality panoramic view of the landscapes of the Lozère region.

The project management team located its areas according to the geological nature of the region, the Bête du Gévaudan area on the granitic soils of l'Aubrac, and the Marvejols area on the limestone soils of the Causses.

The architect played on this contrast in the project design, opposing the austerity of l'Aubrac to the luminosity of the limestone regions.

The development was therefore performed based on the spirit of the Gévaudan (rusty block coming from the earth) and a lookout point sheltered by a cloud overlooking the Causses and the surrounding valley.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A75
Las áreas de descanso de la Bête del Gévaudan y de Marvejols : áreas de leyenda

J. Brajon

Ubicadas en los contrafuertes del Aubrac y de Les Causses (mesetas calizas), las áreas de descanso de la Bête del Gévaudan y de Marvejols brindan a los usuarios un panorama de alta calidad que se extiende hacia los paisajes del Lozère. El equipo de dirección de obra ha situado estas áreas acorde a la naturaleza geológica del país, o sea, el área de la Bête del Gévaudan en los suelos graníticos del Aubrac y el área de Marvejols en los suelos de calizas de Les Causses. El arquitecto ha aprovechado este contraste en su concepto lógico, al oponer la austeridad del Aubrac a la luminosidad de los terrenos calizos.

Por consiguiente, el acondicionamiento se ha constituido tomando como punto de partida el ambiente del Gévaudan (bloque herrumbroso salido de la tierra) y de un mirador al resguardo de una nube que domina Les Causses y el valle circundante.

Travaux de génie écologique des berges de l'Isle (Gironde) Des techniques douces pour difficile...

Dans le cadre de mesures compensatoires de l'autoroute A89, sur la section entre Libourne et Coutras, un chantier de restauration des berges de l'Isle, en amont immédiat de sa confluence avec la Dordogne, a été engagé. Ces travaux ont été réalisés par des techniques relevant exclusivement du génie végétal. Le contexte est rendu difficile notamment du fait que le cours d'eau est soumis à l'influence des marées, donc présente deux sens d'écoulement deux fois par jour, et qu'il est largement navigué par les pêcheurs professionnels, induisant un batillage important.

La démarche a consisté à revenir sur le concept d'aménagement, initialement prévu en enrochement, pour s'orienter sur des techniques relevant du génie écologique, plus fiables, plus durables et moins coûteuses. Nous avons cherché à hiérarchiser les priorités d'intervention, en réalisant une étude de suivi sur plus d'une année et en considérant le cours d'eau dans sa globalité et non uniquement sur la section à traiter.

Les techniques mises en œuvre sont notamment le fascinage, le tressage inerte, le fascinage hélophyte, le noyau terreux, le lit de plants, le lit de branches, le peigne et le tunage. Les premiers résultats nous ont rapidement rendus confiants sur le devenir de l'aménagement. En effet, deux semaines après l'implantation des végétaux de berge, le taux de reprise est de 100 % et la croissance forte. Deux mois après la fin des travaux, le profil de berge a déjà pris sa pente d'équilibre. La structure de la ripisylve se met en place et joue déjà un rôle très efficace pour la pérennité et la qualité des berges. Un potentiel biogène important est en train de naître.

L'autoroute A89 dans sa section entre Libourne et Coutras en Gironde, franchit successivement la Dordogne par le viaduc du Mascaret puis trois méandres de l'Isle, à l'amont immédiat de sa confluence avec la Dordogne. Malgré la démonstration hydraulique faite par la Sogreah de la non-incidence des piles des ouvrages sur la dégradation des berges de l'Isle, ASF, à titre conservatoire a décidé de réaliser des travaux de confortement des berges pour limiter l'érosion des terrains riverains. L'objet de cet article est de présenter le résultat d'une démarche concertée entre les différents acteurs : le maître d'ouvrage ASF, le maître d'œuvre Scetauroute et les riverains. Une démarche similaire de réaménagement de berges avait été réalisée avec succès sur les rives de la Lère (A20), mais utilisant des techniques mixtes. Cette fois, ce sont uniquement des techniques douces de génie écologique qui ont été mises en œuvre, pour une réalisation exemplaire.

Fabienne Beaudu
INGÉNIEUR EN PRÉVENTION
DES RISQUES
CHARGÉE DE MISSION
DÉVELOPPEMENT DURABLE
AUTOROUTES DU SUD DE LA FRANCE



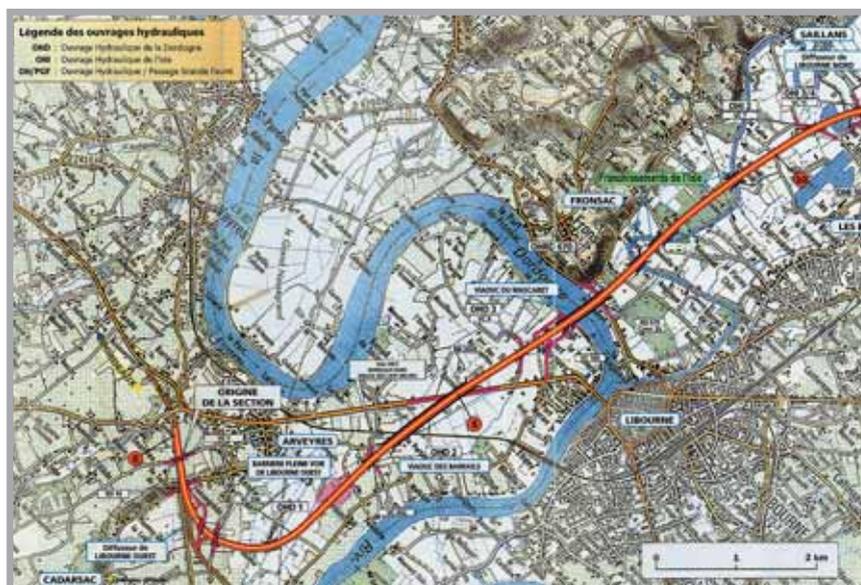
LE CONTEXTE ET L'HISTORIQUE

La carte permet de localiser le site au niveau des trois franchissements de l'Isle, FRI 1, FRI 2 et FRI 3 (figure 1).

Pour répondre à la demande des riverains, de protection des terres contre l'érosion par le cours d'eau, comme souvent en pareil cas, les premières propositions d'aménagement des hydrauliciens consistaient à réaliser des "enrochements". Dans le cas présent, il s'agissait simplement de déverser des matériaux de faible granulométrie sur la pente des berges. Cette technique ne reçoit pas l'approbation de Scetauroute qui propose alors à ASF de s'orienter sur des méthodes plus adaptées et plus respectueuses de la vie du cours d'eau et de ses formations riveraines.

Toute intervention sur un cours d'eau requiert la précaution d'une réflexion globale, en tous les cas dépassant largement la seule zone de l'intervention projetée. Scetauroute engage alors avec Epidor (Etablissement public interdépartemental de la Dordogne), dont les prérogatives s'étendent à l'ensemble du bassin versant de la Dordogne, une mission visant à localiser les zones de berges sensibles à la déstructuration, à en identifier les principales causes et à hiérarchiser les priorités d'intervention. Les résultats sont simples ; le cours d'eau a naturellement besoin de méandrer, donc il s'attaque aux berges par le jeu de l'érosion/sédimentation, amplifié par l'impact des marées, qui crée une zone importante de battement (environ 5 m), non colo-

Figure 1
Carte de localisation
Location map



pour la restauration réussir une opération

Philippe Thiévent
DOCTEUR ÈS SCIENCES
BIOLOGIQUES
INGÉNIEUR ÉCOLOGUE
RESPONSABLE
TECHNIQUE
DU DÉPARTEMENT
ENVIRONNEMENT
Scetauroute

nisée par une végétation protectrice. A ce phénomène normal et naturel, viennent s'ajouter des facteurs anthropiques tels que le batillage lié aux embarcations rapides de pêcheurs (zones de pêche professionnelle à civelle, alose...), l'aménagement ou le confortement, par des matériaux souvent hétéroclites (photo 1), de zones de pêche sur la berge (carrelets) ainsi que la fragilisation des formations riveraines par une population importante de ragondins. Cette étude de suivi qui s'est déroulée sur plus d'un an a permis d'aboutir à une hiérarchisation des zones en fonction de l'importance, voire l'urgence, des problèmes posés. C'est aux secteurs prioritaires que nous nous intéresserons dans le cadre des interventions engagées par ASF. A titre de dispositions compensatoires, deux types d'interventions sont prises en charge par ASF :

- ◆ l'abattage et l'évacuation des arbres instables et/ou des espèces indésirables (toutes deux déstabilisatrices de la berge) ainsi que la dévitalisation des souches sur les zones nécessitant des travaux d'urgence. Epidor s'est chargé de cette intervention avec ses moyens propres ;
- ◆ une première tranche de travaux de génie écologique, sur les zones identifiées comme prioritaires, qui fait l'objet du développement ci-après.

LE CONCEPT DÉVELOPPÉ

Le lit de l'Isle est constitué d'une couche de limons, épaisse et instable, qui recouvre une épaisseur de marne variable, elle-même installée sur des graves. Cette structuration confère une grande fragilité à "l'édifice berge".

Outre le besoin de méandrage naturel du cours d'eau qui est, de plus, soumis à l'influence marégraphique, les facteurs de perturbation de son équilibre hydrodynamique repose sur les aménagements et les usages anthropiques.

Les observations de terrain nous montrent clairement que les principaux points de fragilité sont essentiellement dus :

- ◆ à l'agression "frontale" de la berge par l'énergie du cours d'eau, notamment quand des éléments artificiels créent des points durs qui viennent perturber la dynamique naturelle ;
- ◆ à la période de retrait, en marée descendante. L'objectif d'aménagement est tributaire d'une double contrainte :

1 - Concevoir du côté rivière, des aménagements qui vont à la fois protéger mécaniquement la berge et favoriser le dépôt des matières en suspen-



Photo 1
Des matériaux hétéroclites de récupération sont souvent utilisés, et aggravent fréquemment les problèmes

Heteroclite reclaimed materials are often used, and frequently aggravate problems

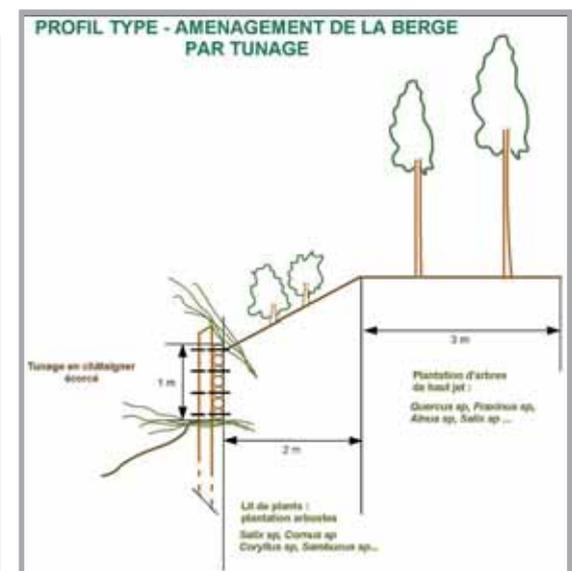
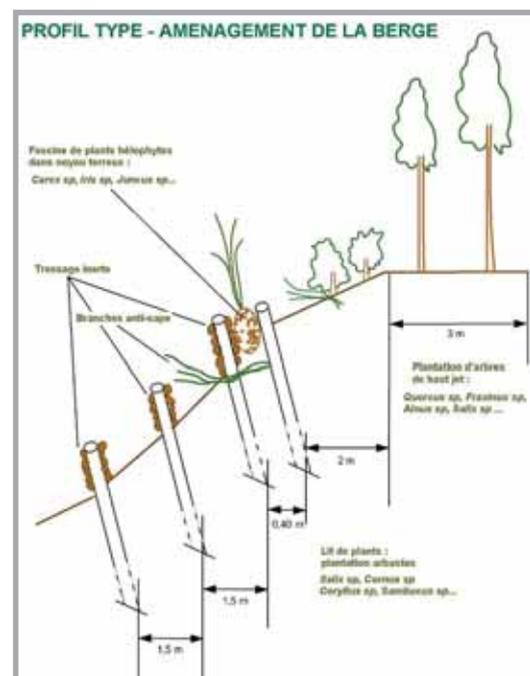


Figure 2
Typical bank improvement profile

Figure 3
Typical profile of bank improvement by live staking

sion charriées par le cours d'eau, pour retrouver le plus rapidement possible un profil en travers en situation d'équilibre ;

2 - Doter le haut de berge d'un dispositif technique qui permette d'éviter les zones de fragilité lors du reflux en marées descendantes et/ou en décrue (figures 2 et 3).

Photo 2
 Vue d'ensemble
 des techniques
 mises en œuvre
 sur un profil en travers
 des différents étages
 de la rive
*Overall view
 of the techniques
 applied on
 a cross section
 of the various stages
 of the bank*



Photo 3
 Fascinage de plants
 d'hélophytes
 et noyau terreux
*Fascining of helophyte
 plants and riprap*



Photo 4
 Tressage inerte
 et lit de branches
*Inert braiding
 and branch packing*



Les zones d'aménagement concernées sont donc localisées dans les parties convexes du cours d'eau (voir localisation sur la figure 1), à savoir :

- ◆ la rive droite de part et d'autre de FRI 3 (Franchissement de l'Isle n° 3) ;
- ◆ la rive droite entre FRI 1 et FRI 2 ;
- ◆ la rive gauche de part et d'autre de FRI 2.

Le linéaire cumulé des zones d'intervention représente plus d'un kilomètre.

■ LES TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE

Les techniques utilisées sont combinées en fonction notamment de la nature et de l'ampleur du problème constaté, du comportement des matériaux de la berge, de la configuration du trait de rive amont/aval, de l'usage des riverains (photo 2).

Le fascinage de plants d'hélophytes : concerne le tiers supérieur de la berge, immergé à marée haute. Ces plants seront protégés par la réalisation d'un noyau terreux entre deux rangées de tresses inertes. Ce dispositif jouera un rôle important dans la stabilisation de la partie supérieure de la berge ainsi que dans la lutte contre l'érosion par reflux (photo 3).

Le noyau terreux : technique mettant en œuvre la tenue d'un noyau de terre emballé par du filet en fibre de coco, biodégradable. C'est le lit d'assise privilégié des hélophytes (photo 3).

Le tressage inerte (photo 4) sa fonction est double :

- ◆ retenir une épaisseur de limons sur la berge de façon à retrouver le profil d'équilibre ;
- ◆ limiter l'agression de la berge en dissipant l'énergie, certes due en partie au courant mais également et surtout, au batillage provoqué par la vitesse excessive des bateaux. Les pieux mis en œuvre dans le cadre de ce chantier mesurent 3 m pour la partie supérieure de la berge et 5 m pour le tressage en pieds de berge. Les unités de tressage sont disposées en quinconce, selon la nature du profil recherché.

Le lit de branches (photo 4) : installé en pieds de tressage, son rôle est essentiellement de briser l'énergie hydraulique (anti-sape) et de contribuer également au dépôt sédimentaire. Dans le cas présent, on installera plusieurs niveaux de lit de branches. Les niveaux supérieurs donneront un rideau d'arbustes immergés à marée haute.

Le lit de plants : installé en crête de berge, le lit de plants est composé d'arbustes et d'arbres dont la densité est élevée.

Le peigne : son rôle est de capturer des matériaux au sein d'un lit de branches encagé (photo 5).

Le tunage : cette technique a notamment été utilisée au droit des zones de pêche au carrelet. Elle constitue un dispositif de tenue mécanique de la berge. Le tunage ne fait pas appel à des matériaux vivants (photo 6).

La géonatte : géotextile en fibre de coco tissée biodégradable, de densité variable. Rôle fondamental dans la protection de la partie supérieure de la berge. La géonatte ainsi que du filet sont également utilisés dans la conception du noyau terreux.

Enherbement : mélange spécialement adapté à la berge et semé à la main.

Plantation : espèces arborescentes haute tige, installées en arrière de la berge.

■ LES ORDRES DE GRANDEUR DES QUANTITÉS MISES EN ŒUVRE

Cf. tableau I.

Types de techniques	Quantités
Fascinage	960 m
Plants d'hélophytes	3 900 unités
Tressage inerte	2 000 m
Lit de branches	28 000 unités
Lit de plants	12 000 unités
Peigne	171 m ³
Tunage	55 m
Géonatte et filet en coco tressé	9 400 m ²
Enherbement	400 kg

Approximate quantities employed

■ LES RÉSULTATS

Pour obtenir de bons résultats il est indispensable, mais quelquefois insuffisant, de confier les travaux à une entreprise spécialisée en matière de génie écologique. En l'occurrence sur ce chantier d'envergure et de grande difficulté, c'est l'entreprise LA SOURCE Environnement, implantée dans le Sud-Ouest, forte de ses 7 années d'expérience, qui est intervenue. En 2001, cette même entreprise était déjà intervenue avec succès sur 17 cours d'eau, mais de moindre importance, que coupe l'autoroute A89 entre Libourne et Mussidan. Ce précédent chantier sert aujourd'hui de support terrain dans différentes formations professionnelles spécialisées.

Sur l'Isle, nous avons pu apprécier le succès de ce chantier de restauration de berges assez rapidement. En effet, en l'espace de 15 jours après la mise en place des végétaux, le très fort taux de reprise et la bonne dynamique de croissance observée, permettaient les meilleurs espoirs (photo 7).

Deux mois après l'exécution des travaux, on a pu

constater que la berge avait pris un profil d'équilibre satisfaisant. Les peignes, tressages et lit de branches ont parfaitement joué leur rôle de rétention des matières en suspension charriées par l'Isle.

Le rechargement de la berge s'est effectué dans un temps record (une quinzaine de jours). Elle



Photo 5
Peigne installé au droit d'une zone d'affouillement, en vue de son auto-chargement par le cours d'eau

Rake installed at the level of a scouring zone, with a view to its self-loading by the watercourse



Photo 6
Réalisation d'un tunage au droit d'un carrelet de pêche

Live staking at the level of a square fishing net



Photo 7
Vue globale de l'aménagement en cours d'achèvement mi-avril

Overall view of the development undergoing completion in mid-April

Photo 8

Marée montante. Le profil de la berge a pris sa pente d'équilibre. On ne distingue bientôt plus les aménagements qui soutiennent ce profil, notamment pour la première rangée de tressage et branches anti-sape

Rising tide. The bank's profile has adopted its equilibrium slope. Soon it will be no longer possible to distinguish the developments that support this profile, especially for the first row of braiding and undercutting protection branches



photo: Ph. Thiévent

Photos 9 et 10
Deux mois après, à mi-juin, la végétation observe une croissance remarquable. La berge est colonisée et stabilisée

Two months afterward, in mid-June, the vegetation has grown remarkably. The bank is colonised and stabilised



photo: Ph. Thiévent



photo: Ph. Thiévent



est actuellement stabilisée, et de ce fait, la plupart des aménagements est totalement intégré dans le corps des berges (photos 8, 9 et 10).

Un point particulier mais minime du chantier concernait le traitement par des techniques du génie végétal, d'un problème de tenue d'une tête béton d'ouvrage hydraulique d'un fossé de drainage, qui s'était déchaussée totalement en l'espace d'un an (photo 11). Après mise en place de ces techniques, l'ouvrage s'est auto-consolidé en se chargeant en matériaux charriés par la rivière. On constate ainsi, à quel point un aménagement dur (minéral, béton, etc.) peut créer des désordres, en amont ou en aval, mais aussi sur ses propres fondations. En travaillant sur des techniques de dissipation de l'énergie par des matériaux qui l'absorbe et sur un ancrage vivant d'interface entre les couches de substrat, on montre que ces techniques alternatives permettent des réalisations efficaces et durables.

■ CONCLUSION

Chaque aménagement est spécifique. Il n'y a pas de recette toute prête, applicable de façon systématique, voire aveugle. C'est le piège dans lequel il est important de ne pas tomber. C'est le biologiste, doté également d'un œil d'hydraulicien, qui sait lire et comprendre le fonctionnement des hydrosystèmes, qui adaptera une palette de techniques en fonction des objectifs recherchés et des problèmes constatés. Il est fondamental pour cela de ne pas considérer uniquement la seule portion de cours d'eau à aménager ou à restaurer. Il faut aussi analyser la situation largement en amont et en aval du point à traiter, en observant le comportement hydrodynamique du cours d'eau, la nature et la qualité des formations riveraines, etc. Même pour un aménagement minime, un regard global sur le cours d'eau s'impose avant toute intervention, sous peine de risquer d'aggraver encore la situation ou de reporter le problème en aval ou en amont.

Enfin, en terme de coûts, ce type de techniques est le plus souvent économique, comparé aux techniques traditionnelles, minérales. Dans le cas présent, c'est environ par deux qu'a été divisé le coût estimé de l'aménagement minéral tel qu'il était initialement prévu. Aménagement qui se serait par ailleurs révélé aussi inefficace, qu'inadapté. Les techniques relevant du génie écologique sont créditées de plus, d'une meilleure insertion paysagère, d'une pérennité et d'une efficacité accrues et d'une aptitude biogène largement supérieure. Elles s'inscrivent donc très clairement dans une logique de développement durable, comme le prouvent certaines découvertes préhistoriques en zones ripicoles, où l'homme mettait à profit la seule ressource disponible de proximité : le végétal et le sol, pour se protéger, chasser, ... vivre ! On retrouve en-



Photo 11
Déchaussement de la tête d'ouvrage hydraulique
Frost heaving of the hydraulic structure head

core aujourd'hui, des restes de ces aménagements. Leur principe reposait sur des objectifs simples : disponible à proximité pour un coût zéro, et fonctionnel, puisque leur vie en dépendait. Nos prédécesseurs étaient donc eux aussi, et déjà, animés d'une conscience de durabilité dans leurs actions de développement.

ABSTRACT

Ecological engineering work for restoration of the banks of the Isle (Gironde). Environmentally friendly techniques to succeed in a difficult operation...

Ph. Thiévent

Within the framework of compensatory measures for the A89 motorway, on the section between Libourne and Coutras, a project for restoration of the banks of the Isle, immediately upstream of its confluence with the Dordogne, was undertaken. This work was carried out by techniques involving bioengineering exclusively. The context is made difficult in particular by the fact that the watercourse is subject to the influence of the tides, and hence has two directions of flow twice a day, and it is extensively navigated by professional fishermen, resulting in extensive wave wash.

The approach involved overhauling the development concept, originally planned with rockfill, to move towards techniques based on ecological engineering, more reliable, more lasting and less costly. We endeavoured to hierarchise the work priorities, by performing a monitoring study over more than one year and considering the watercourse as a whole and not just the section to be treated.

The techniques applied are, in particular, fascining, inert braiding, helophyte fascining, riprap, brush layering, branch packing, rakes and live staking.

The initial results soon made us confident concerning the future of the development scheme. And indeed, two weeks after establishing the bank vegetation, the striking rate is 100 % and growth is strong. Two months after work completion, the bank profile has already adopted its equilibrium slope. The riverain structure is becoming established and already plays a very efficient role for the permanence and quality of the banks. A significant biogenous potential is coming into being.

RESUMEN ESPAÑOL

Obras de ingeniería ecológica para la restauración de las riberas del Isle (Gironde). Técnicas no agresivas para lograr una operación difícil...

Ph. Thiévent

Actuando en el marco de medidas compensatorias de la autopista A89, en la sección Libourne y Coutras, se han emprendido obras de restauración de las riberas del Isle, situadas inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el río Dordogne. Estas obras se han llevado a cabo por medio de técnicas que corresponden exclusivamente a la ingeniería vegetal. Este contexto ha tropezado con dificultades debido, fundamentalmente, a que el curso del río se encuentra sometido a la influencia de las mareas, y por consiguiente, su corriente presenta dos sentidos de avance y retroceso o sea otras tantas veces por día, y que está ampliamente sometido a la navegación por parte de los pescadores profesionales, lo cual crea una importante zona batida por el movimiento de las aguas.

El enfoque ha consistido en modificar el concepto de acondicionamiento, inicialmente proyectado en escollera, para orientarse hacia las técnicas que corresponden a la ingeniería ecológica, más seguras, más duraderas y menos costosas. Se ha tratado, pues, de jerarquizar las prioridades de intervención, por la ejecución de un estudio de seguimiento durante más de un año y siempre considerando el río según su carácter global y no únicamente con respecto a la sección a considerar. Las técnicas puestas en aplicación son, fundamentalmente, la aplicación de fascinas, el trenzado inerte, las fascinas helofitas, el núcleo terroso, el lecho de plantas, el lecho de ramas, el peinado y un sistema de capas de fascinas atravesado por piquetes y cargado por una capa de ramas para disminuir la acción de las aguas. Los resultados preliminares nos han demostrado que se podía confiar el futuro del acondicionamiento proyectado. Efectivamente, dos semanas después de la implantación de los vegetales de ribera, el porcentaje de recuperación se eleva a un 100 % y ello con un crecimiento pronunciado. Transcurridos dos meses después de finalizar las obras, el perfil de la ribera ha tomado ya su pendiente de equilibrio. La estructura de la ripisilva se implanta y desempeña ya un cometido sumamente eficaz para la perennidad y la calidad de las riberas. Se asiste así al nacimiento de un potencial biógeno importante.

Autoroute A750

L'aire du Mas d'Alhen

La DDE de l'Hérault a profité d'un site abandonné pour installer une unité de concassage de matériaux à l'occasion des travaux de la future A750 à l'ouest de Montpellier. Une fois l'autoroute mise en service, une remise en état s'imposait.

Les objectifs étaient :

- effacer totalement les traces du chantier ;
- remodeler entièrement l'espace collinaire ;
- végétaliser le site.

Désormais la faune et la flore locale ont recolonisé le site, symbole de la réussite de la collaboration des équipes travaux avec les paysagistes.

■ DESCRIPTION DE L'OPÉRATION

Lors de la mise à 4 voies de la RN 109 dans les années 1980 une aire de concassage a été installée au lieu-dit "Mas d'Alhen" à proximité du lieu des travaux.

Cette aire abandonnée après les travaux, s'est transformée au fil du temps en une véritable décharge publique.

A l'occasion des travaux de la déviation de la RN 109 à Saint-Paul et Valmalle en 1993 (10,7 km de la future autoroute A750), la bonne qualité des déblais rocheux présents sur les emprises a conduit à organiser la valorisation de ces matériaux pour en faire des granulats de chaussées.

C'est ainsi que l'aire du Mas d'Alhen a été réacti-

vée. Ses 12 hectares ont été aménagés dans un premier temps en véritable site industriel sur lequel ont été concassées 800 000 t de matériaux et en 1997, la centrale d'enrobage du chantier installée sur l'aire venait consommer ce stock d'agrégats.

Après mise en service il convenait de remettre ce site, situé dans la coulée verte entre la vallée de l'Hérault et l'agglomération de Montpellier, en état. N'ayant pas été retenu pour l'implantation d'une aire de service autoroutière, un réaménagement basé sur un important modelage de terrain et une remise en végétation de type garrigue méditerranéenne, malgré un sol et un sous-sol constitués de déchets de carrière et de calcaire karstique particulièrement ingrat, a été arrêté à la suite d'une étude des séquences paysagères de l'itinéraire de l'autoroute A750.

Deux objectifs principaux ont guidé le projet confié à l'entreprise Carrés Verts :

- ◆ un modelage de type collinaire pour reprendre la structure du paysage adjacent ;
- ◆ une mise en végétation abondante basée sur :
 - amendement de sol et mise en place d'un substrat terreux,
 - enherbement par projection hydraulique,
 - mise en place de 40 000 plants forestiers d'essence méditerranéenne,
 - mise en place d'un arrosage goutte à goutte pour accélérer la pousse en lisière autoroutière.

L'exécution des travaux de terrassement a permis de recomposer le paysage vis-à-vis de sites environnants mais aussi de le mettre en scène vis-à-vis de l'autoroute.

Le choix d'essence locale de type : pin d'Alep *Pinus halepensis*, chêne vert *Quercus ilex*, arbre à perruque *Cotinus coggyria*, olivier de bohème *Elaeagnus angustifolia*, pistachier lentisque *Pistacia lentiscus*, filaire *Phillyrea angustifolia*, nerprun alatern *Rhamnus alaternus*, devra à terme assurer la continuité du manteau végétal.

Sur le plan du paysage, l'ensemble s'est désormais fondu dans l'espace collinaire.

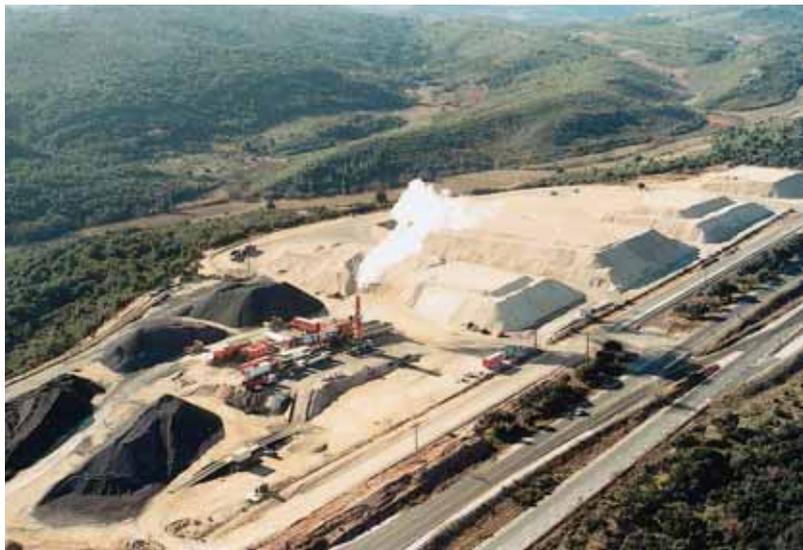
Le résultat actuel reste à confirmer par la croissance de végétaux qui s'acclimatent aux conditions de sol difficile ; par contre, on constate déjà une recolonisation par la faune ; les lapins et les sangliers se sont réappropriés largement les 12 hectares ainsi traités.

Durant les travaux de plantation, le chantier a pu accueillir les 40 élèves de l'école primaire de Saint-Paul pour un atelier pédagogique qui a été apprécié de tous.

L'aire avant travaux
The area before the works



L'activité bat son plein (1996)
Activity in full sway (1996)



■ CINQ POINTS CLÉS

L'impact environnemental d'une aire de chantier

L'installation provisoire d'une aire logistique à proximité d'un chantier routier a toujours un impact fort sur l'environnement. Le site du Mas d'Alhen, sur le tracé de la future autoroute A750, a ainsi vu son paysage complètement modifié! Concassage et stockage des matériaux, usine d'enrobage, va-et-vient des engins de chantier, bassins de décantation des eaux de ruissellement : telles sont les activités qu'a dû endurer pendant des mois, ce plateau à l'origine totalement naturel. A la fin du chantier, ce site de 12 hectares était devenu une plate-forme artificielle, un véritable désert de pierre!

Un partenariat avec des professionnels du paysage

Aujourd'hui, les paysagistes (concepteurs et entrepreneurs) savent atténuer l'impact de ces travaux et inventer des formes paysagères retrouvant la logique propre aux sites. La direction départementale de l'Équipement de l'Hérault a recours à ces professionnels pour réhabiliter les aires de chantier, conformément à la loi sur la réhabilitation des carrières et à la déontologie environnementale que se sont fixés les pouvoirs publics.

Une stratégie globale

Le choix d'un site pour cette plate-forme avait auparavant fait l'objet d'études avancées. Une stratégie générale de projet en était ressortie, prenant en compte les atouts et les impératifs liés au paysage, en parallèle avec ceux de la technologie routière. Un ensemble de démarches a alors été mis en œuvre pour la réussite des opérations :

- ◆ réflexion abordée avec une vision globale du territoire ;
- ◆ étude en amont des projets, grâce à un partenariat entre tous les acteurs de la construction routière ;
- ◆ mobilisation de budget nécessaire 610 000 €.

S'inscrire dans la durée

L'exigence d'une réhabilitation végétale, exprimée dès le début du chantier, a permis de meilleurs résultats au final :



Remise en état
achevée (1999)
Reclamation
completed (1999)



Vue générale,
au fond l'autoroute
vers Montpellier

*General view,
with in the background
the motorway
toward Montpellier*



Raccord
de végétation
avec la garrigue

*Connection
of vegetation
with the scrub*

- ◆ la récupération de terre végétale répartie sur le site a permis de créer un substrat minimum ;
- ◆ la réalisation s'est faite par phases, pour anticiper la succession des saisons ; les délais de pose et d'arrivée à maturité des plantations ont ainsi été planifiés ;
- ◆ un entretien intensif fut nécessaire au départ, le temps pour les jeunes pousses de s'adapter au sol et au climat.

Composer avec la nature pour recomposer le paysage

Modeler les formes, retrouver les lignes paysagères et les mouvements collinaires, c'est l'essentiel du travail – précautionneux – du paysagiste. Le terrain a sa propre logique qu'il faut respecter, et la nature ses propres rythmes de croissance qui nécessitent du temps pour en apprécier les effets...

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Etat

Maitre d'œuvre

DDE 34 - Service des Equipements
Subdivision des Grands Travaux

Concepteur

Carrés Verts

Paysagiste

Carex Environnement

Entrepreneurs

- Entreprise Buesa Frères
- Société Triangle I.P.S.

ABSTRACT

A750 - The Mas d'Alhen area

Br. Vachin

The equipment board (DDE) for the Hérault region took advantage of an abandoned site to install a materials crushing unit on the occasion of works for the future A750 west of Montpellier. Once the motorway was commissioned, reconditioning was required.

The objectives were :

- to clear away all traces of the project ;
- to renovate the hill area completely ;
- to establish vegetation on the site.

By now the local fauna and flora have recolonised the site, reflecting successful cooperation between the work teams and the landscape designers.

RESUMEN ESPAÑOL

A750 - El área del Mas d'Alhen

Br. Vachin

La delegación departamental del Ministerio de Obras Públicas del Hérault (Francia) ha aprovechado un emplazamiento abandonado para instalar una unidad de fragmentación de materiales, con motivo de las obras de la futura autopista A 750 al oeste de Montpellier. Una vez que la autopista ha entrado en servicio, se ponía de manifiesto la necesidad de una reestructuración del emplazamiento.

Los objetivos perseguidos consistían en :

- eliminar en su totalidad los vestigios de las obras ;
- remodelar totalmente el espacio colinar ;
- vegetar el emplazamiento.

Ya se ha obtenido que la fauna y la flora locales han ya recolonizado el emplazamiento, símbolo del logro de la colaboración de los equipos de trabajo con los paisajistas.

Réalisation de la station (République d'Irlande)

Traitement des eaux usées et recyclage capacité 250 000 équivalents/habitant

A quelques encablures de Cobh, au sud de la République d'Irlande, un consortium d'entreprises européennes conçoit, construit clés en main puis exploitera la station de traitement des eaux usées et de recyclage des boues de Cork, dernier maillon du réseau d'assainissement de la ville : capacité de 3000 m³/h, 250000 équivalents/habitant. La mise en service de la station est prévue en janvier 2004.

VINCI Construction Grands Projets assure le pilotage du génie civil : 16 réservoirs hydrauliques et 10 chambres de transfert en béton armé, 7 bâtiments, 23000 m³ de béton et 3800 t d'acier, 14000 m de tuyaux.

■ PRÉSENTATION DU CONTEXTE

Partie intégrante de la CEE depuis 1973, la République d'Irlande, peuplée d'environ 4 millions d'habitants, en est un des "petits pays". Longtemps isolée et éloignée de l'Europe, elle est depuis une dizaine d'années en pleine croissance économique. Son retard en équipements et infrastructures se résorbe petit à petit.

Seconde ville du pays, Cork, capitale du "Munster" bien connu des rugbymen, est le centre économique et culturel de toute la région sud-ouest de l'île, située en bord de mer, à quelque vingt kilomètres à l'ouest de la petite ville de Cobh.

Avec sa banlieue, Cork accueille plus de 200 000 habitants. La ville est traversée par la rivière Lee qui, aujourd'hui, sert encore d'exutoire aux divers réseaux d'évacuation d'eaux usées.

Un important réseau d'assainissement et de collecte de ces eaux usées s'imposait. Au début des années 90, un grand projet global était proposé à la CEE, dont la station de traitement des eaux usées de Carrigrenan est le dernier maillon (figure 1).

A la suite d'un appel d'offres international lancé fin

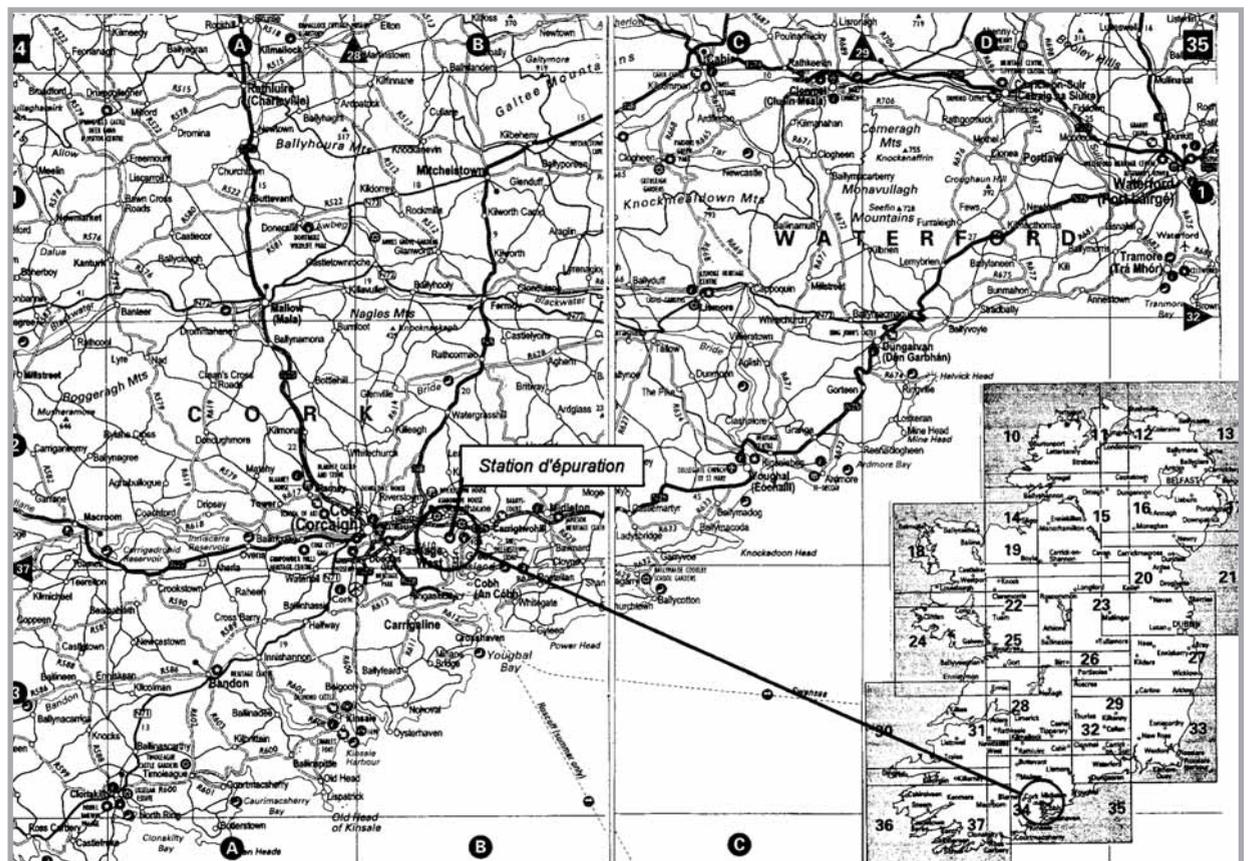
1999 par le Cork County Council, une offre a été remise en mars 2000 pour la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance pendant 20 ans de la station de traitement des eaux usées et recyclage des boues par un consortium d'entreprises composé des sociétés VINCI Construction Grands Projets et P.J. Hegarty & Sons en charge de la partie génie civil, agissant en joint venture, Ondéo Degrémont SA, leader du consortium, et Electrical and Pumping Services en charge de la partie process et électromécanique, et Northumbrian Lyonnaise Project Limited en charge de l'exploitation et de la maintenance de la station.

Après discussions et mises au point, le contrat démarre en juillet 2001. Le montant total forfaitaire est de 71 millions d'euros, hors inflation, dont 31 pour la partie génie civil. Le projet est financé à hauteur de 80 % par la CEE et à 20 % par les différentes autorités locales irlandaises.

La maîtrise d'œuvre est confiée au groupement Eg Pettit & Company (Cork) et Mott MacDonald.

L'ordre de service est passé le 23 juillet 2001. La durée de construction est de 30 mois. La station de Carrigrenan doit entrer en service le 19 janvier 2004.

Figure 1
Situation du chantier
(carte de la région)
Site location
(map of the region)



d'épuration de Cork

des boues : débit moyen 3 000 m³/h

■ PRÉSENTATION DU PROJET

Située tout au bout de la verdoyante presqu'île de "Little Island", au lieu-dit de "Carrigrenan" (photo 2), à l'embouchure de la Lee, 15 km à l'est de Cork, la station de traitement des eaux usées et de recyclage des boues est aujourd'hui dimensionnée pour 250 000 équivalents/habitant. Une extension ultérieure avec la construction de nouveaux bassins permettra d'augmenter la capacité de la station à 350 000 équivalents/habitant.

D'un débit moyen quotidien de 3 000 m³/h, elle collecte les eaux de Cork via un double émissaire de 1 200 mm de diamètre, passant sous un bras de la rivière, ainsi que deux collecteurs locaux (Flaxfort, canalisation de 500 mm de diamètre, et Courtstown, canalisation de 150 mm de diamètre). En cas d'orage principalement, le débit maximum admissible en pointe de la station est de 4,16 m³/s, soit 15 000 m³/h.

Le principe de base retenu est un traitement classique en fonctionnement gravitaire, avec un rejet des eaux propres dans la baie de Cork par un émissaire sous-marin.

Pour des questions environnementales et écologiques, l'ensemble des bassins sont enterrés et l'architecture des bâtiments et réservoirs métalliques, devant "se fondre" dans le paysage local, a été particulièrement étudiée et soignée.

En suivant l'écoulement de fonctionnement de la station, les 45 ouvrages de génie civil à construire comprennent (photo 3) :

- ◆ le bâtiment d'arrivée des effluents, avec un pré-traitement dégrillage et dégraissage pour les flux locaux, suivi d'un bassin en béton armé enterré double pour la pré-aération (20 m de long, 2 x 10 m de large, 12 m de profondeur, volume unitaire 2 400 m³) ;
- ◆ le traitement primaire assuré par deux bassins circulaires en béton armé, de 35 m de diamètre (volume unitaire 3 000 m³) (PST) ;
- ◆ quatre bassins circulaires en béton armé, de 35 m de diamètre (volume unitaire 3 000 m³), assurent le stockage temporaire en cas d'orage (SWT) ;
- ◆ le traitement secondaire est constitué de huit bassins rectangulaires en béton armé (45 m de long, 35 m de large, 6 m de profondeur, volume unitaire 9 500 m³), de type Cyclazur ou SBR (Secondary Batch Reactor), ainsi que d'un bâtiment assurant la ventilation des effluents ;
- ◆ l'émissaire de rejet en mer, tuyau en polyéthylène d'un diamètre intérieur de 1 480 mm, et d'une longueur de 800 m, diffuse les eaux traitées dans la baie de Cork ;

- ◆ la zone de traitement des boues assure la digestion et le séchage de ces matériaux et comporte un bâtiment de traitement, au-dessus d'un bassin en béton armé de stockage des boues, et divers réservoirs métalliques (épaisseurs et digesteurs) ;
- ◆ quatre bâtiments : administratif, contrôle, garage, énergie ;
- ◆ dix chambres de comptage et de transfert, toutes enterrées ;
- ◆ tous les réseaux et canalisations enterrés nécessaires au fonctionnement de la station : les réseaux principaux gravitaires principalement en fonte ductile (diamètre de 1 600 mm à 500 mm), les réseaux de process chimique et de traitement des



Photo 2
Presqu'île
de "Little Island"
avant travaux
*Little Island peninsula
prior to the works*



Photo 3
Vue d'ensemble
du projet au 15 janvier
2003
*Overall view
of the project
on 15 January 2003*

- ▶ boues en fonte, polyéthylène, polypropylène, PVC (diamètre de 300 mm à 32 mm), les réseaux domestiques (eau, gaz), l'ensemble des fourreaux PVC pour le passage des câbles électriques, de télécommunication et de contrôle ;
- ◆ les routes intérieures du site, avec les différents réseaux de drainage (eaux pluviales et eaux usées des bâtiments), l'éclairage, le contrôle vidéo ;
- ◆ les aménagements paysagers importants : butes engazonnées et plantations pour "cacher" la station ;
- ◆ la route d'accès au site (environ 1 km).

Le délai total pour la réalisation de la construction est de 30 mois et comprend la conception et les études tant du process que des structures, la construction des structures, la fabrication et le montage des équipements nécessaires au fonctionnement de la station de traitement, des tests d'essais et de rodage. Ce délai est relativement court pour un projet de ce type.

Les deux entreprises en charge du génie civil, VINCI Construction Grands Projets et P.J. Hegarty & Sons, ont créé et enregistré en République d'Irlande pour la durée du contrat, un groupement d'intérêt économique européen (GIEE) à égalité de parts : la Carrigenan Civil JV EEIG (CCJV).

Les dates clés

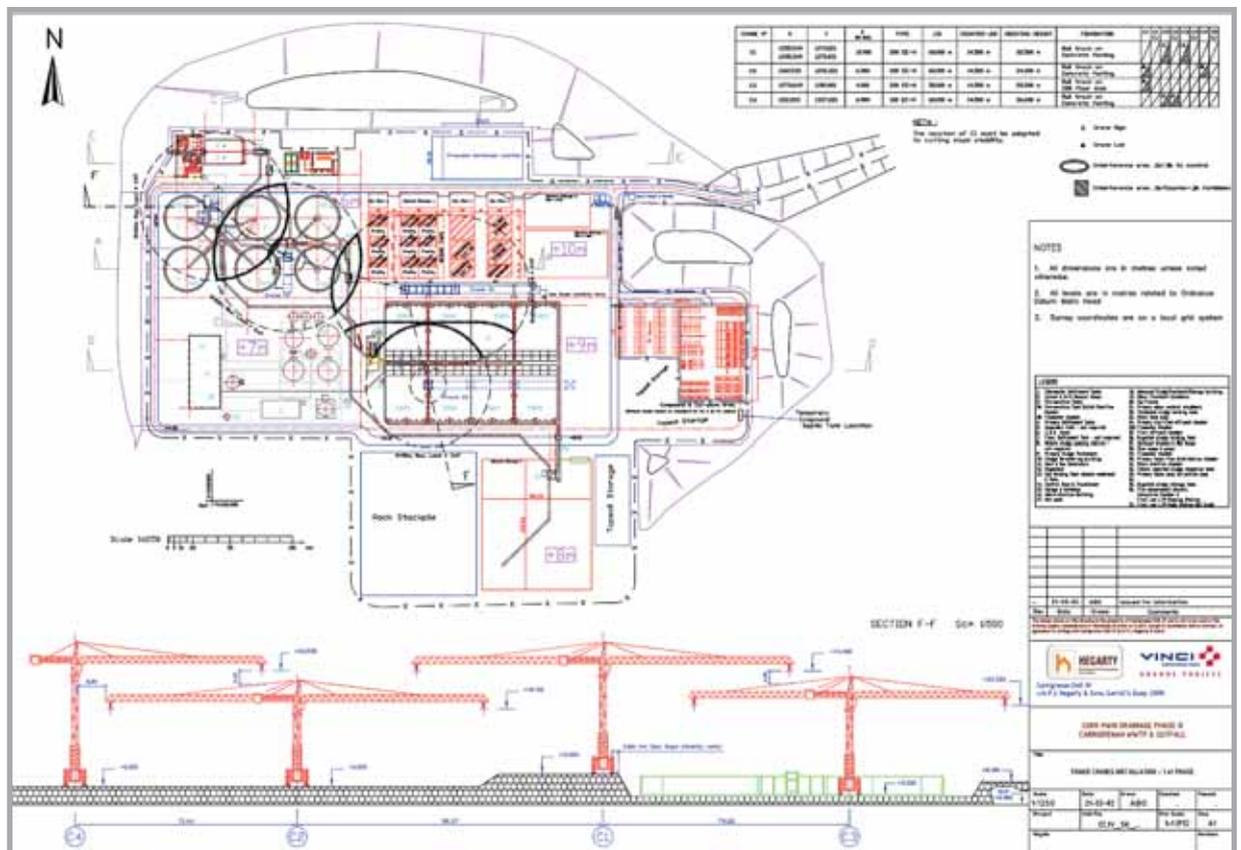
- Fin 1999 : lancement de l'appel d'offres international
- 20 mars 2000 : remise des offres

- 9 juillet 2001 : lettre d'intention de commande au consortium
- 23 juillet 2001 : date de début de contrat (30 mois)
- 10 septembre 2001 : début des terrassements
- 14 décembre 2001 : signature du contrat par le client
- 15 mars 2002 : début de pose des réseaux
- 27 mai 2002 : premier coulage de béton (dans le SBR)
- 30 mai 2002 : émissaire de rejet en mer complété
- 25 novembre 2002 : démarrage des lots clos et couvert des bâtiments
- 17 avril 2003 : dernière des quatre grues à tour démontée
- Juin 2003 : fin des travaux des structures
- Août 2003 : fin des travaux des bâtiments
- Novembre 2003 : fin des travaux extérieurs
- 19 janvier 2004 : mise en service de la station et début de l'exploitation
- 2004 - 2024 : exploitation par Northumbrian Lyonnaise.

Environnement local

Située en limite de zone résidentielle, entre petits cottages, terrains de golf et réserve naturelle pour la faune et la flore aquatique, le projet a été l'objet d'attention constante et de contrôles permanents par les riverains, groupés en association, tant pendant la phase de conception que pendant

Figure 4
Plan de masse
du chantier
avec les installations
et les grues à tour
*Layout plan of the site
with the facilities
and the tower cranes*



la construction : aménagements paysagers et choix des espèces florales, contrôle de l'écosystème des zones de marais, contrôle des éventuels tassements des habitations d'alentour, contrôle de la quantité de poussière produite malgré les clauses restrictives du contrat en matière d'importation ou d'exportation de matériaux de terrassement hors du site, contrôle du niveau sonore généré par les engins de chantier, jusqu'aux remarques sur la quantité de feuilles des jeunes arbres plantés sur les buttes (!).

Chaque pays ayant ses habitudes et ses modes de vie, il est usuel, en Irlande, de sous-traiter la quasi totalité des travaux à de plus petites entreprises spécialisées. Celles-ci ayant malgré tout des capacités limitées, la CCJV a eu recours à une importante main d'œuvre intérimaire.

Quantités principales

Les terrassements représentent 500 000 m³ de déblais, dont 200 000 m³ de rocher calcaire dur. 100 000 m³ de ces déblais rocheux ont été concasés sur le chantier.

L'ensemble des différents ouvrages ont nécessité 23 000 m³ de béton, 3 800 t de ferrailage, et l'utilisation de 2 000 m² de coffrage pour les quelque 50 000 m² de surfaces coffrées.

Le matériel principal mobilisé durant la construction des structures en béton est constitué de quatre grues à tour Liebherr 200 EC-H de 50 et 60 m de flèche, trois grues mobiles (30 t à 3 m), deux pompes à béton 40 m³/h (figure 4).

Les sept bâtiments représentent 6 000 m² de plancher. La charpente métallique constituant l'ossature et le support de la toiture représente 260 t. Les réseaux enterrés se décomposent de 12 000 m de tuyaux, en fonte ductile, polyéthylène, polypropylène et PVC, pour le process et les réseaux domestiques d'eau potable et de gaz, 3 000 m de tuyaux d'évacuation d'eaux pluviales et usées (béton, PVC), 25 000 m de fourreaux divers (alimentation principale en électricité, câbles de puissance et de contrôle pour le process, télécommunication, contrôle vidéo, éclairage du site et des routes).

■ LES ÉTUDES

L'ensemble de la station est dimensionné pour une durée de vie de 60 ans.

Les plans guides permettant à la CCJV de réaliser les études de structure des différents ouvrages sont fournis par Ondéo Degrémont, responsable du process. Ces plans guides indiquent les niveaux et les dimensions intérieures "utiles" des structures, ainsi que les différentes charges maximum à prendre en compte et leurs points d'application. La phase de mise au point du process s'est révélée particulièrement difficile, principalement en ce

qui concerne la validation auprès du client des appareils de mesure des différents débits d'eau, base de calcul des paiements pendant l'exploitation de la station. Ceci a entraîné plusieurs refontes du projet et de nombreux et continuels ajustements dans les structures en béton.

Ces modifications de design ainsi qu'une coordination difficile entre les différents corps de métier a entraîné une perturbation et une prolongation des études des structures génie civil quasiment tout au long du projet.

La CCJV a sous-traité les calculs de structures et l'établissement des plans, tant de coffrage que de ferrailage à plusieurs bureaux d'études locaux.

Contractuellement, les normes à utiliser pour les calculs de structure sont les British Standards. Celles-ci imposent, entre autres, des critères de fissuration maximum autorisés relativement contraignants (0,2 mm). De plus, les structures hydrauliques ne doivent être remblayées qu'une fois le test d'étanchéité à l'eau réalisé avec succès, ceci



LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Cork County Council

Maître d'œuvre

EG Pettit & Company et Mott MacDonald

Consortium

Ondéo Degrémont SA (mandataire) et Electrical and Pumping Services Ltd (process et électromécanique), VINCI Construction Grands Projets et P.J. Hegarty & Sons (génie civil), Northumbrian Lyonnaise Project Limited (exploitation et maintenance)

Groupeement génie civil

VINCI Construction Grands Projets (pilote, 50 %) et P.J. Hegarty & Sons

Personnel génie civil

- 50 personnes aux travaux dont 8 expatriés VINCI Construction Grands Projets dans le groupement
- 240 personnes (sous-traitants et intérimaires travaux) : 160 pour les structures en béton, 40 pour les terrassements, 40 pour les différents réseaux

Principaux sous-traitants

La quasi totalité des prestations sous-traitées l'ont été dans le pays :

- Emissaire de rejet en mer : Halcrow (études) et Van Oord ACZ (travaux)
- Etudes de structures : Fehily Timoney, Fehily Timoney Gifford (UK), Michael Punch & Partners
- Terrassement des ouvrages de la station : Howley Civil Engineering Ltd.
- Terrassement de la route d'accès : O'Shea Contracting
- Coffrage/ferrailage/bétonnage : Pat Drone Formwork Ltd, Atlanco (main d'œuvre intérimaire)
- Charpente métallique : PJM Engineering Ltd
- Couverture et bardage : Hern Roofing Systems
- Corps d'état techniques : JV John Horgan & Son Ltd et C.G. Services
- Maçonneries : Factribuild Ltd
- Portes et fenêtres en aluminium : Classic Building Solutions
- Portes et volets roulants métalliques : Ring-Gard Roller Shutters & Doors Ltd
- Divers tests de laboratoire (béton et sol) : Mattest

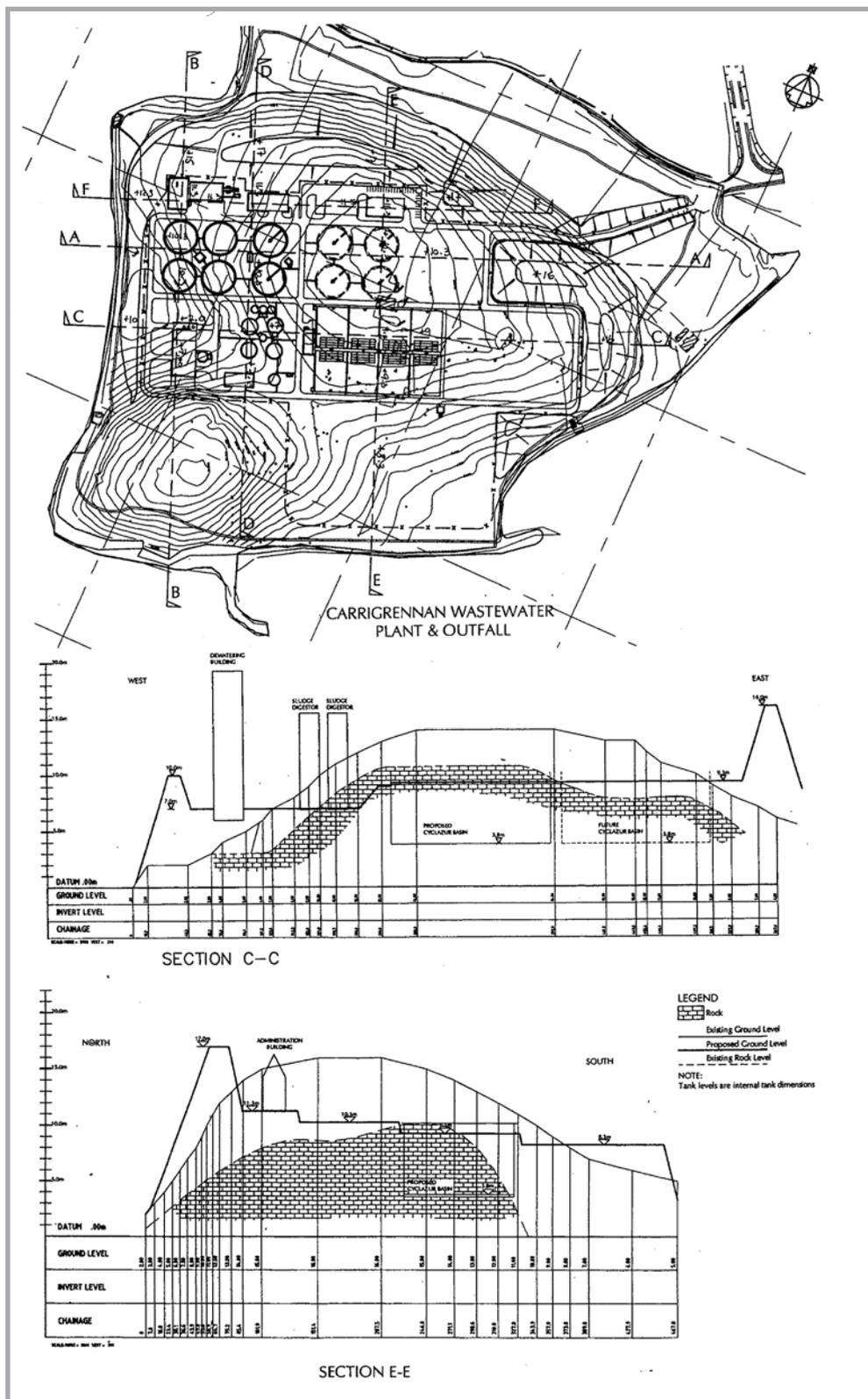


Figure 5
Plan et coupes
géologiques
Plan and geological
cross sections

pour permettre un contrôle visuel des fuites éventuelles. Le calcul des structures tient compte de ces contraintes. La conséquence principale a été une augmentation importante du ratio d'acier au mètre cube de béton, d'une moyenne de 180 kg/m³, jusqu'à 300 kg/m³ pour certaines des structures hydrauliques. Le béton des structures est majoritairement un C35.

La coordination, la synthèse et les détails d'exécution des nombreux réseaux enterrés, dans un espace toutefois limité, a mobilisé un bureau d'études local ainsi qu'un expatrié expert synthèse et un projeteur.

■ CONDITIONS GÉOLOGIQUES

Le lieu-dit Carrigrenan au bout de la presqu'île de Little Island, est un mamelon rocheux de calcaire dur, recouvert d'une couche d'argile d'au moins cinq mètres d'épaisseur, et, bien entendu, de terre végétale.

Le sommet de ce mamelon se situe sensiblement à l'aplomb des bassins circulaires de la future extension (figure 5). Les structures étant quasiment toutes enterrées, le réservoir de pré-aération, les deux bassins de décantation primaire (PST), une partie des quatre bassins de crue (SWT), la quasi totalité du SBR ainsi que les différentes structures secondaires à proximité ont donc été excavées dans ce massif calcaire et sont fondées sur le rocher. Lorsqu'une structure n'est pas fondée sur le rocher, il est réalisé une substitution des couches d'assise en argile sur un mètre d'épaisseur, par des matériaux concassés sur le chantier, de 0 à 30 mm de granulométrie.

■ LES TERRASSEMENTS

L'ensemble des terrassements, tant rocheux que meubles, ont été sous-traités à des entreprises locales (photo 6).

La découverte de la terre végétale ainsi que des premières couches d'argile sèche a été réalisée avec un échelon de 4 à 5 décapeuses Caterpillar 631 C tant que la météo "pluvieuse" de l'Irlande l'a permis. Des échelons pelles-camions ont ensuite été mobilisés.

Bien que les essais à l'explosif, réalisés en décembre 2001, aient techniquement été satisfaisants, l'ensemble des lourdes contraintes administratives liées à l'emploi de matières dangereuses, ainsi que celles environnementales principalement liées au voisinage des riverains, a incité le sous-traitant à n'utiliser que des brise-roches hydrauliques de 3,5 à 7 t, montés sur des excavateurs 25 à 50 t.

Ainsi, en période de pointe, ont été mobilisés de quatre à cinq BRH, de sept à neuf excavateurs (Caterpillar 350, 330, 322, 320), huit à dix tombeaux articulés de 25 à 40 t de charge utile, trois boteurs type D6 (photo 7).

Contractuellement, il était interdit "d'importer" ou "d'exporter" du site des matériaux de terrassement. Aussi, des butes ont-elles été créées sur l'emprise du chantier, temporaires pour la terre végétale et les matériaux nécessaires aux remblais futurs, définitives pour les surplus de remblais qui ont été plantés de végétaux.

De même, les matériaux calibrés pour le remblai autour des structures hydrauliques, pour l'exécution des réseaux ainsi que pour les routes ont été concassés sur le chantier avec les déblais rocheux extraits des terrassements.

■ LE MATÉRIAU BÉTON

Les contraintes d'un programme serré imposaient une rotation rapide des coffrages et donc un décoffrage rapide. De plus, le bétonnage des voiles s'effectuant en une seule phase pleine hauteur (de 6 à 10 m de haut pour le réservoir de pré-aération), il a été nécessaire d'adapter les formules de béton pour répondre à différents critères : une bonne plasticité pour une mise en œuvre dans des voiles de grandes hauteurs avec un ferrailage très dense (problème délicat de la reprise de bétonnage entre le pied de voile et le radier), un temps de prise court pour un décoffrage rapide, un risque de fissuration de retrait réduit pour éviter les fuites (bassins hydrauliques).

La résistance du béton au jeune âge a été obtenue en dosant le liant hydraulique entre 350 et 390 kg par mètre cube en fonction de la taille des agrégats (maximum 20 mm, 14 mm, voire 10 mm).

Pour réduire la chaleur d'hydratation lors de la prise du béton et donc la fissuration due au retrait, les formules de béton des voiles ont été spécialement étudiées en étroite collaboration avec le fournisseur de béton prêt à l'emploi et le bureau d'études du siège de VINCI Construction Grands Projets à Rueil. Le liant utilisé est composé à moitié de ciment Portland Normal et à moitié de laitier. De plus, une cure des bétons est systématiquement effectuée à l'aide de bâches maintenues humides.

La République d'Irlande ne produisant pas de laitier, celui-ci a été importé du Royaume Uni. Ceci n'a pas eu d'incidence économique directe car le ciment et le laitier, rendus à la centrale à béton, sont au même prix. Par contre, le gain a été technique par la facilité de mise en œuvre, le bon niveau de qualité finale et l'objectif atteint : il n'y a quasiment pas eu de fissures de retrait.

La centrale à béton du fournisseur est située à 10 km du chantier. Elle a une capacité de 80 m³/h et a assuré sans problème particulier la livraison des 600 à 700 m³ de production hebdomadaire du chantier pendant la phase de grande activité, d'août 2002 à février 2003, avec une pointe à 550 m³ pour un seul coulage dans la journée. Le transport s'est effectué avec des camions malaxeurs de 7 à 9 m³ de capacité, limités à 7 m³ maximum pour respecter la réglementation routière.

■ LES GRANDS BASSINS SBR

Les huit bassins rectangulaires SBR (*secondary batch reactor*) sont la structure principale du chantier et représentent environ 40 % des quantités de béton. Ils sont constitués d'un radier périphérique de 60 cm d'épaisseur supportant des voiles périphériques de 6 à 7 m de haut et 60 cm d'épaisseur, et d'une dalle centrale mince (25 cm) connectée



Photo 6
Terrassements généraux en grande masse
General mass earthworks



Photo 7
Echelon de brise-roches hydrauliques dans la fouille des SBR
Hydraulic rock breakers excavating sequential batch reactors (SBRs)

au radier par un joint de mouvement. Des chambres de transfert ainsi que des voiles secondaires à géométrie complexe sont réalisés à l'intérieur des bassins. Les différents joints de mouvement sont réalisés avec des joints d'étanchéité PVC type waterstop. Une vanne anti-flottaison de 100 mm de diamètre, située à chaque coin de la dalle mince, permet d'éviter les surpressions sous-dalle dues aux éventuelles arrivées d'eau d'infiltration extérieures aux réservoirs.

Les coffrages outils sont des panneaux métalliques, de 3 x 3 m, du type GTC, pré-assemblés et totalement équipés de passerelles de sécurité, de garde corps et d'échelles (photo 8). Ceci permet une manipulation simple et rapide à la grue, en limitant le risque "d'oubli des éléments de sécurité". Un lest en béton préfabriqué relié à un étau, partie in-

Photo 8
Bassins SBR -
Coffrages
et échafaudages
SBR basins -
Formwork
and scaffolding



Photo 9
Bassins SBR -
Pose des réseaux
extérieurs
SBR basins - Installation
of external networks

Photo 10
Bassins circulaires -
Décanteurs primaires
Circular basins -
Primary settlers



tégrante des panneaux, assure la stabilité et le réglage de l'ensemble. La grande rigidité de ces panneaux réduit le nombre de tiges de coffrage à seulement quatre par panneau. Le risque de fuites des bassins dû à un mauvais rebouchage des trous, est aussi limité.

Les voiles sont coffrés pleine hauteur et le bétonnage s'effectue en une seule phase à la pompe à béton.

Au niveau de la reprise de bétonnage des joints de construction, tant radier/voile que voile/voile, un feuillard métallique galvanisée, de 10 cm de haut, est mis en place dans le premier élément bétonné, jouant un rôle de "water barrier".

Le ferrailage des voiles est préfabriqué, mis en place en avance des coffrages, à l'aide d'échafaudages à levage vertical de type ELB 69, de 3 m de large et 5,90 m de haut, extensible de 2,35 m en hauteur, et, à l'instar des coffrages, totalement équipé des éléments de sécurité.

Une préparation minutieuse et détaillée des méthodes et des phases de construction, des équipes et du matériel, a permis de réaliser ces bassins rapidement et sans difficultés particulières (photo 9).

Les coffrages et les tours d'échafaudages ont été achetés par la CCJV. Ils proviennent d'autres chantiers de Vinci Construction Grands Projets où l'utilisation était similaire.

■ LES BASSINS CIRCULAIRES

Les bassins circulaires sont constitués d'un puits central, point bas d'arrivée des effluents, d'une voile périphérique (30 cm d'épaisseur) supportant le canal d'évacuation des eaux décantées, et de dalles

minces (25 cm) reliant le puits central au mur périphérique (photo 10). Les joints de mouvement sont réalisés en huit phases avec des joints d'étanchéité PVC type waterstop. Trois vannes anti-flotaison de 80 mm de diamètre sont installées à la base du puits central.

Les bassins sont divisés en huit quartiers d'orange égaux. Le voile périphérique et le canal d'évacuation sont réalisés avec le même coffrage outil métallique, de type EFCO, loué par le sous-traitant coffrage/ferrailage/bétonnage.

Une chape de finition, de 50 mm d'épaisseur, est ultérieurement réalisée sur l'ensemble du fond du bassin.

■ LES RÉSEAUX

Le principal réseau de la station est le réseau de transfert des effluents entre les divers bassins et chambres. Il est constitué de tuyaux en fonte ductile de 1 600 à 500 mm de diamètre (photo 11). La majorité des joints sont à emboîtement. Le réseau étant gravitaire avec une faible charge d'eau, toujours moins de treize mètres, les pressions de service restent donc faibles. Les pressions de test ont varié de un à deux bars.

Un ensemble très dense de tuyaux de plus faible diamètre (15 à 250 mm) et de différentes natures (fonte ductile, polyéthylène, polypropylène, PVC) constitue les différents réseaux pour le traitement des boues (photo 12).

Posés à l'aide d'excavateurs, les différents réseaux ont été testés soit par tronçon de plusieurs tuyaux, soit joint par joint.

Pour réaliser ces tests joint par joint pour les diamètres de 1 600, 1 200 et 900 mm, le chantier s'est équipé d'obturateurs fabriqués en France. Après une mise au point du procédé en fonction des conditions particulières du chantier (tuyaux intérieurement revêtus de mortier de ciment, coudes et blocs d'ancrage,...) et des utilisateurs (sous-traitants), ces obturateurs ont donné entière satisfaction en offrant une simplicité et une souplesse dans l'exécution de ces tests.

■ LES BÂTIMENTS

Les sept bâtiments sont des constructions de conception très classique : dalle en béton armé parcourue de (très nombreux) caniveaux pour le passage des câbles et des tuyaux, ossature poteaux/fermes en charpente métallique, double voile en maçonnerie (parpaing ciment à l'intérieur doublé d'un parement architectural), bardage au dessus de la maçonnerie et toiture en panneaux sandwich (photo 13). Les finitions intérieures sont aux standards locaux.

Sous le bâtiment de traitement des boues, un ré-

servoir de stockage et transfert des boues, à quatre compartiments, a été construit.

L'aspect architectural des bâtiments a été spécialement étudié pour inscrire la station le plus agréablement possible dans le paysage de "Little Island".

■ CONCLUSION

Débutés seulement fin mai 2002, plus de 90 % des bétonnages étaient achevés fin février 2003, soit



Photo 11
Réseaux principaux gravitaires de diamètres 1 600 et 1 200 mm
Main gravity-flow networks of diameters 1,600 and 1,200 mm



Photo 12
Bâtiment et réseaux pour le traitement des boues
Building and networks for sludge treatment



Photo 13
Bâtiment générateur d'énergie (Heat and Gas Generator)
Energy generating building (Heat and Gas Generator)



Photo 14
 Vue d'ensemble du projet au 6 juin 2003
 Overall view of the project on 6 June 2003

► neuf mois plus tard. En juin 2003, les structures sont terminées, les bâtiments sont dans la phase des finitions, les derniers réseaux, fourreaux et autres chambres de tirage se finalisent, les aménagements extérieurs s'annoncent (photo 14).

Le chantier a déjà largement démobilisé les équipes. Malgré les nombreuses difficultés liées à l'ingénierie et à sa coordination, aux contraintes administratives et environnementales du pays, à la demande bureaucratique constante et souvent très excessive du représentant du client, ainsi qu'aux habitudes des entreprises locales, et grâce à la ténacité des équipes de la CCJV et à leur coordination quotidienne des travaux de génie civil, les différents ouvrages de la station sont mis à disposition des électromécaniciens en temps et en heure pour l'installation de leur process. La date butoir de mise en service de la station de traitement est en passe d'être respectée.

ABSTRACT

Construction of the Cork treatment plant (Republic of Ireland). Sewage treatment and sludge recycling : average throughput 3,000 cu. m/h, capacity 250,000 inhabitant equivalents

Br. Giroguy, N. Schneider-Maunoury

A few cable lengths from Cobh, in the south of the Republic of Ireland, a consortium of European companies is designing, building on a turnkey basis and will then operate the Cork sewage treatment and sludge recycling plant, the final link in the town's sewerage network : capacity 3,000 cu. m/h, 250,000 inhabitant equivalents. The plant is due to be commissioned in January 2004. Vinci Construction Grands Projets is managing the civil works : 16 hydraulic tanks and 10 reinforced concrete transfer chambers, 7 buildings, 23,000 cu. m of concrete and 3,800 tonnes of steel, 14,000 metres of piping.

RESUMEN ESPAÑOL

Construcción de la estación depuradora de Cork (República de Irlanda). Tratamiento de las aguas residuales y reciclado de los lodos : caudal de promedio : 3000 m³/h - capacidad : 250000 equivalentes/habitante

Br. Giroguy y N. Schneider-Maunoury

A poca distancia de Cobh, al sur de la República de Irlanda, un consorcio de empresas europeas esta diseñando y construyendo llaves en mano, y a continuación se encargará de su funcionamiento, la estación de tratamiento de aguas residuales y de reciclado de los lodos de Cork, último eslabón de la red de saneamiento de la ciudad : capacidad 3000 m³/h, 250000 equivalentes-habitante. La puesta en servicio de la estación se ha proyectado para enero de 2004.

La empresa constructora Vinci Construction Grands Projets asume el pilotaje de las obras civiles : 16 depósitos hidráulicos y 10 cámaras de transferencia de hormigón armado, 7 edificios, 23000 m³ de hormigón y 3800 toneladas de acero, 14000 de conductos.

Eco-Bois : une nouvelle et à la valorisation des

En réponse au deuxième alinéa de l'article L. 541-24 du Code de l'Environnement qui prévoit qu' "à compter du 1^{er} juillet 2002, seuls les déchets ultimes peuvent être admis en décharge", Picheta (groupe Colas) associé à la SNCF Fret vient de créer le premier centre francilien de traitement des bois de chantier, Eco-Bois, qui utilise le rail comme vecteur de transport.

En bout de ligne ferroviaire, les industries de transformation donnent une deuxième vie aux bois de chantier par l'élaboration de panneaux de particules répondant aux normes européennes les plus strictes. Prochainement sera associé à cette unité un Eco-Tri, centre de tri de tous les déchets de chantier permettant d'offrir une réponse complète aux entrepreneurs pour la gestion de leurs déchets de travaux. Cet ensemble sera également capable de recevoir et de traiter les déchets d'amiante ciment en petite quantité.

Chargement des déchets dans le broyeur
Loading wastes in the shredder



■ QUE DIT LA LOI, QUE DIT LA RÉGLEMENTATION ?

Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux (J.O. du 16 juillet 1975), article 1^{er} :

"Les dispositions de la présente loi ont pour objet :

1. De prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits ;
2. D'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume ;
3. De valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie.

...

"Est un déchet au sens de la présente loi tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon."

Loi n° 92-646 du 13 juillet 1992, article 1^{er}-II :

"Est ultime au sens de la présente loi un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui

n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux."

Code de l'Environnement, deuxième alinéa de l'article L. 541-24 :

"A compter du 1^{er} juillet 2002, seuls les déchets ultimes peuvent être admis en décharge."

Circulaire du 27 juin 2002 relative à l'échéance du 1^{er} juillet 2002 :

"...Ce qui revient à considérer que tout acte de construction et déconstruction de travaux routiers, de génie civil, de bâtiment doit être accompagné d'une réflexion sur la gestion des déchets que les travaux engendrent ; réflexion à la fois économique, pratique et environnementale."

■ 1^{ER} JUILLET 2002 : UNE DATE SYMBOLIQUE

Le contrat passé entre Picheta et la SNCF dans le cadre de la création d'Eco-Bois Nanterre a été signé le 1^{er} juillet 2002, date hautement symbolique puisqu'il s'agit du jour fixé par la loi (2^e alinéa de l'article L.541-24 du Code de l'Environnement) pour interdire à l'avenir la mise en décharge de déchets autres qu'ultimes.

Le choix de cette date témoigne de la volonté de Picheta et de la SNCF de respecter les délais imposés par la loi.

■ LES PRATIQUES ACTUELLES

Les bonnes pratiques de traitement des bois souillés

Les bois souillés, c'est-à-dire non mélangés à d'autres déchets mais peints, enduits de colle, etc. peuvent être valorisés par incinération dans les centres pour déchets ménagers.

Cependant, les révisions récentes des plans d'élimination des déchets ménagers (dits plans O.M. et assimilés) ont, dans presque tous les cas, revu à la baisse le potentiel des unités d'incinération, pour des raisons de coût de construction, de maintenance, de traitement et de mise aux normes. Les déchets BTP incinérables n'ont pas été pris en compte dans le calcul de ce potentiel. Tout au plus l'intégration peut se faire en cas de pénurie de comburant d'ordures ménagères.

réponse au recyclage bois de chantier

Didier Manseau
DIRECTEUR
Picheta Secteur Environnement (Colas)

Philippe Lefils
RESPONSABLE DÉVELOPPEMENT
Picheta Secteur Environnement (Colas)



Vue du site
*View
of the site*

Le traitement des bois souillés proposé par Eco-Bois repose sur la transformation et le recyclage de ces bois en matériaux de deuxième génération. Cette méthode assez récente requiert des installations industrielles lourdes qui, pour être compétitives et convenablement alimentées, nécessitent une couverture de sources d'approvisionnement à l'échelle européenne.

Le recours au "système D" : des pratiques interdites mais encore tolérées

Aujourd'hui, la méconnaissance des filières de traitement des bois non dangereux pose un véritable problème aux professionnels pour une élimination conforme à la réglementation.

En pratique, l'élimination des bois de chantier relève souvent du "système D". Une partie des déchets de bois est acheminée vers des centres d'enfouissement technique de Classe II, une autre partie vers des déchetteries locales, et le reste est consommé sur place.

Bien qu'interdit par la loi sur l'air, le brûlage sur chantier reste la solution à laquelle les entrepreneurs ont le plus souvent recours, faute de filières adaptées proches géographiquement.

■ AVEC ECO-BOIS, UNE VÉRITABLE VALORISATION DES BOIS SOUILLÉS

La création à Nanterre par Picheta, en partenariat avec la SNCF, de Eco-Bois, centre de traitement des bois de chantier, offre de multiples atouts :

◆ **la proximité du site** : Nanterre, situé à l'ouest de la capitale, est facilement accessible depuis le



Pince bois
Wood gripper

centre de Paris par l'axe de la Défense et depuis la Petite Couronne par l'autoroute A86 ; sa situation répond à un premier critère : être à 20 minutes des chantiers ;

◆ **l'utilisation du transport par le rail** : les bois de chantier déposés sur le site par les professionnels sont ensuite acheminés vers les industries de valorisation par le rail, ce qui permet de satisfaire un deuxième critère : utiliser un transport alternatif non polluant ;

◆ **le développement du recyclage** : les bois, après avoir été réduits et conditionnés, sont utilisés dans la structure de panneaux de particules destinés à la création de mobilier ou réutilisés dans la construction. Cette valorisation obéit à un troisième critère : créer un matériau de deuxième vie.

La solution Eco-Bois s'inscrit dans la démarche de la construction H.Q.E. (Haute Qualité Environnementale), qui préconise, dès la réalisation d'un ouvrage, de prévoir le devenir, lors de sa déconstruction, des éléments le composant.

Vue d'un wagon de bois
View of a wood wagon



Coupure du cordon du premier train en mars 2003 avec, de gauche à droite : Bertrand Meary, préfet, directeur régional de l'Équipement d'Ile-de-France, Francis Rol-Tanguy, directeur général délégué fret SNCF, Jean-Paul Brossard, président-directeur général de Colas Ile-de-France/Normandie

Cutting the cord for the first train in March 2003 with, from left to right : Bertrand Meary, prefect, Regional Director of Equipment for the Ile-de-France region, Francis Rol-Tanguy, Deputy Managing Director of freight with SNCF (French Rail), and Jean-Paul Brossard, Chairman and Managing Director of Colas Ile-de-France/Normandie



▶ ■ UNE IDÉE SIMPLE, UN FONCTIONNEMENT SIMPLE

Les bois sont apportés par les entreprises et contrôlés à la réception. Les éléments indésirables, comme par exemple les bois contenant des matières dangereuses, sont alors mis de côté au sein d'une zone sécurisée du site. Ils seront éliminés dans les filières adéquates.

Les bois retenus pour être valorisés sont ensuite déferrailés et conditionnés par broyage pour en réduire les volumes ; puis ils sont chargés sur les wagons spéciaux de la société Rail Trams et acheminés vers l' (ou les) industrie(s) de transformation.

L'entreprise partenaire de valorisation, la société Saib, est basée à Piacenza en Italie. Eco-Bois entretient également des relations suivies avec plusieurs entreprises françaises, situées dans le Sud-Ouest et dans l'Est de l'Hexagone, ayant ce savoir-faire mais n'étant pas encore embranchées au réseau ferroviaire.

Lors de la mise au point du projet Eco-Bois, l'entreprise Picheta, la société Rail Trans et la SNCF ont veillé à ce que sa compétitivité soit garantie. La solution proposée aux entrepreneurs clients est à la fois économiquement viable et inférieure de

20 % à 30 % aux autres procédés d'élimination proposés sur le marché.

Le centre Eco-Bois de Nanterre fonctionne actuellement sous simple déclaration avec un objectif de 20000 t pour la première année. Après obtention de l'autorisation préfectorale nécessaire pour être déclaré ICPE (Installation classée pour la protection de l'environnement), le site devrait avoir une montée en puissance sur deux à trois ans et atteindre les 50000 à 70000 t/an.

Le marché potentiel de Paris/Petite Couronne est d'environ 280000 t/an (sources Etudes CEBTP/Demain - Trivalor - Béture).

■ UN ENSEMBLE COHÉRENT

Le centre Eco-Bois de Nanterre sera complété prochainement par l'installation d'un Eco-Tri, centre de tri de proximité de tous les déchets de petits chantiers du bâtiment et des travaux publics. Eco-Tri s'adresse aux artisans, PME, PMI, collectivités, administrations et particuliers. Il leur permet d'assurer l'élimination de leurs déchets de travaux conformément à la réglementation.

Cet Eco-Tri sera également capable de recevoir et de traiter les déchets d'amiante ciment (ou amiante lié) en petite quantité.

L'ensemble Eco-Bois/Eco-Tri de Nanterre offrira donc aux professionnels BTP de Paris et de la Petite Couronne un service de proximité répondant au problème du traitement des déchets de chantiers en mélange.

■ DE L'IMPORTANCE DE LA COMMUNICATION : FORMER ET INFORMER

Le projet Eco-Bois comprend aussi un volet communication, à plusieurs niveaux :

- ◆ **formation des collaborateurs de Picheta** à la reconnaissance, la qualification et la bonne gestion des déchets du BTP ;

- ◆ **formation et information des clients** (particuliers, artisans, démolisseurs, employés de PME ou PMI) sur les bonnes pratiques de la gestion des déchets de travaux et les pièges financiers à éviter ("trier c'est bien, ne pas mélanger c'est mieux!");

- ◆ **information des décideurs**, des élus locaux, de l'Équipement et des Administrations de la région Ile-de-France sur cette nouvelle filière et la possibilité qui leur est offerte de pouvoir enfin faire respecter les obligations de la loi sur l'air.

■ CONCLUSION

La création d'Eco-Bois résulte des efforts menés par Picheta pour innover dans le domaine du trai-

tement des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics et répond à quatre objectifs :

◆ **assurer le respect de la législation sur l'élimination des déchets ;**

◆ être au plus près des chantiers ;

◆ offrir le meilleur service aux entreprises dans la gestion de leurs rebuts ;

◆ rester compétitif dans un marché en constante mutation ;

◆ contribuer au développement durable des activités du BTP.

Informations - Contacts et adresses :

Picheta Secteur Environnement

13, route de Conflans - BP 60 - 95480 Pierrelaye

Tél. : +33 (0) 1 34 64 34 34

Fax : +33 (0) 1 34 64 14 51

Courriel : secretariat@picheta.fr

Internet : www.picheta.fr

ABSTRACT

Eco-Bois : a new answer to recycling and processing of construction site wood

D. Manseau, Ph. Lefils

In response to the second paragraph of article L. 541-24 of the Environment Code which provides that "from 1st July 2002, only final wastes may be accepted for landfills", Picheta (Colas group) together with SNCF Fret has just set up the first centre in the Paris region for treatment of construction site wood, Eco-Bois, which uses rail as its means of transport.

At the end of the railway line, the processing industries give a second life to construction site wood by manufacturing chipboards meeting the most stringent European standards. An Eco-Tri will soon be associated with this unit, i.e. a centre for sorting all site wastes which can provide a full answer to contractors for management of their work wastes. This complex will also be capable of receiving and processing small quantities of asbestos cement wastes.

RESUMEN ESPAÑOL

Eco-Bois : una nueva respuesta para el reciclado y la valorización de las maderas de obra

D. Manseau y Ph. Lefils

Como respuesta al segundo apartado del artículo L. 541-24 del Código del Medio Ambiente, que considera que "a partir del 1 de julio de 2002, únicamente los residuos finales podrán ser admitidos en vertedero", Picheta (grupo Colas) asociado con la SNCF Cargas, acaba de crear el primer centro regional formado por la capital de Francia y sus departamentos adyacentes, destinado al tratamiento de la madera para obras, Eco-Bois, que utiliza el ferrocarril como vector de transporte.

En terminal de línea ferroviaria, las industrias de transformación imparten una nueva vida a la madera para obras, mediante la elaboración de tableros de partículas que corresponden a las normas europeas más estrictas.

Dentro de breve plazo estará asociado a esta unidad un Eco-Tri, centro de clasificación de todos los residuos de obra que permitirá así brindar una respuesta

completa a los contratistas para la gestión de los residuos de sus obras. Este conjunto tendrá también sobrada capacidad para recibir y procesar los residuos de fibrocemento, en cantidades limitadas.

Le pont bois de Crest

Le pont de bois de Crest constitue le plus long pont routier en bois de France. Il franchit la Drôme d'un geste magnifique en soulignant le paysage de sa couleur miel empruntée au pin Douglas.

Il présente une structure réticulée travaillée et a été réalisé en recourant à quelques innovations telles que la réalisation d'un hourdis à l'aide de panneaux bois multiplis de forte épaisseur et la protection de l'ouvrage grâce à l'utilisation de membranes Siplast.

Depuis l'invention de la précontrainte qui a révolutionné la construction des ouvrages d'art, la recherche pour développer de nouveaux matériaux piétine. Les produits à base de fibre de carbone ont du mal à convaincre les concepteurs et ceux obtenus à partir de liants hydrauliques comme le béton fibré à très haute résistance ont à peine franchi les portes des laboratoires. Cependant de vieux matériaux reviennent au devant de la scène. Les années 80 ont vu renaître la construction de ponts en métal. Ainsi avec les structures mixtes béton-acier, celui-ci a retrouvé un deuxième souffle, voire, une deuxième vie dans le domaine des ouvrages à moyenne portée.

Dans les années 90, sous la pression d'une prise de conscience écologique presque universelle qui a touché toutes les couches sociales et qui a atteint tous les niveaux politiques ayant un pouvoir de décision opérationnelle, le bois est réintroduit dans les ouvrages d'art en tant que matériau de structure. Sa conjugaison avec les acquis technologiques récents conduit à une nouvelle architecture et une conception innovante.

C'est dans ce contexte que le pont de Crest a été lancé et c'est avec une certaine euphorie qu'il a été inauguré le 30 juin 2001 par le maire de Crest Hervé Mariton.

Avec ces 92 m de longueur, il constitue le plus long pont routier en bois de France. Il franchit la Drôme d'un geste magnifique en donnant au paysage sa couleur miel empruntée au Douglas, conifère-résineux originaire de l'ouest américain, dont il est constitué. Au-delà de ses caractéristiques mécaniques très performantes, le Douglas purgé d'aubier est naturellement résistant aux attaques biologiques.

A ce record de longueur du pont, s'ajoutent deux innovations majeures rendus possibles grâce aux avancées technologiques des dernières années. La première se situe au niveau de la structure du hourdis. Soumis directement au passage des essieux, celui-ci est constitué de panneaux en bois multiplis à forte épaisseur utilisés pour la première fois en France.

Pour des raisons liées à la conception de la structure porteuse du tablier, la largeur des panneaux du hourdis est fixée à 1,85 m. Constitués de Douglas provenant du Beaujolais, les panneaux ont été fabriqués en Allemagne, pays en pointe dans la fabrication des structures en bois, sur des bancs de collage spécialement prévus pour des fortes largeurs. A ce jour, les possibilités offertes en France sont limitées aux poutres en lamellé collé dont l'épaisseur maximale est d'environ 200 mm.

La deuxième innovation se situe au niveau de la

Site
Site



LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Béton : 1 500 m³
- Acier béton armé : 60 t
- Total bois : 210 m³
- Bois lamellé-collé : 70 m³
- Bois massif : 30 m³
- Bois platelage : 65 m³
- Charpente métallique et ferrures : 15 t

COÛT ET FINANCEMENT

- Coût de construction : 1,5 M€ TTC (10 MF TTC)

Financement

- Commune de Crest : 22,60 %
- Département : 25 %
- Région : 20 %
- Etat (FNADT) : 19 %
- Union européenne : 13,40 %

CARACTÉRISTIQUES STRUCTURELLES

- Fondations profondes sur pieux forés Ø 1000
- Deux culées perchées recevant une ligne de béquilles et une ligne d'appuis
- Deux piles oblongues à épaisseur variable coiffées par une arborescence en continuité des béquilles du tablier
- Trois travées 29,00 m - 33,00 m - 29,00 m
- Tablier à quatre poutres en L.C entretroisées d'épaisseur 210 mm et de hauteur variable jusqu'à 750 mm
- Plateaux d'hourdis à 5 plis contrecollés de 1,85 m x 8,00 m
- Trottoirs en encorbellement portés par des consoles arrimées aux cadres d'entretroisement

dans la Drôme

protection de l'extrados du tablier contre les eaux de pluies. Les ouvrages tout-bois tiennent la pérennité de leur couverture totale que préserve la charpente contre toutes les agressions climatiques et le pont de Crest n'aurait pas échappé à cette conception ancestrale de pont couvert si la technologie de protection par les chapes d'étanchéité n'était pas à son stade de développement actuel.

C'est justement le progrès accompli en matière de protection d'ouvrage en béton à l'aide de chape constituée de membrane étanche, directement collée sur la structure qui a permis d'offrir au site un pont ouvert et presque transparent.

L'étanchéité retenue pour la protection de la charpente bois est choisie parmi les dernières nées de membranes Siplast. Le complexe retenu est composé d'une feuille Etendard D et d'une membrane Hydroplast.

Sa mise en place a fait l'objet d'épreuves d'études permettant d'apprécier les conditions d'application de la chape et d'évaluer son adhérence sur le support bois en fonction de la quantité de Siplast Primer mis en œuvre au mètre carré de surface de tablier. Les différents essais effectués ont conduit à un dosage optimal de 250 g/m². Afin d'éviter la formation de gonfles, l'application du Primer est intervenue dès la pose des panneaux du hourdis.

Des panneaux témoins ont été conservés. Ils permettent de suivre l'évolution du contact bois-membrane et en particulier la variation éventuelle de l'adhérence de l'étanchéité sur le support bois dont



Assemblages charpente

Structure assemblées

PROTECTION DE LA CHARPENTE BOIS

- Tout l'extrados du tablier est protégé par une chape d'étanchéité
- Toutes les poutres et béquilles sont placées en retraite sous les encorbellements (durée de vie 100 ans)
- Les encorbellements exposés aux intempéries sont conçus pour être remplaçables (durée de vie 30 à 40 ans)
- Les montants de garde-corps et lampadaires inclinés par rapport à la verticale sont protégés par une tôle en acier-inox
- La lisse du garde-corps, le platelage et la bordure des trottoirs sont prévus démontables pour être remplacés

	Douglas Lamellé-collé	Douglas Platelage	Chêne Trottoir
Abattage/Débitage	Puy de Dôme	Beaujolais	Beaujolais
Sciage	Puy de Dôme	Romans/Isère	Valence
Séchage	Valence	Romans/Isère	La motte Fanjas
Usinage	Mâcon	Valence	La motte Fanjas
Collage	Mâcon	---	---
Fabrication panneaux multiplis	---	Augsbourg (D)	---

Provenance et lieux de transformation du bois

Sources of wood and processing locations

	Douglas Lamellé-collé	Douglas Platelage	Douglas massif Béquilles	Douglas et chêne Massifs Superstructures
Classe de résistance	C30	C22	C30	C22
Classe de risque biologique	C3	C3	C3	C4
Traitement	Purgé d'aubier sans traitement	Purgé d'aubier sans traitement	Purgé d'aubier sans traitement	Autoclavé

Caractéristiques du bois

Wood characteristics

Appuis
en travaux
*Work
on supports*



Etanchéité
Waterproofing



Ouvrage fini
Completed structure

► le degré d'humidité sera stabilisé dans quelques mois.

Le pont de Crest s'inscrit dans une politique de développement durable favorisant les constructions à haute qualité environnementale. Dans ce domaine le bois est maître du jeu. Sa supériorité qualitative est appuyée par le bilan de CO2 émis pour fabriquer et acheminer les différents matériaux qui rentrent dans la construction du pont de Crest.

Le chiffre annoncé par le CNDB est de 150 t de CO2 pour l'ensemble de l'ouvrage soit trois fois inférieur à la quantité qu'aurait émis le même ouvrage construit en béton.

Certainement le bois a marqué des points sur le plan écologique, certainement il a créé l'événement et a rempli les colonnes de la presse à l'occasion de la construction du pont de Crest. Mais il va sans dire que d'énormes progrès restent à réaliser :

- ◆ la filière bois est appelée à se restructurer, à s'équiper de moyens modernes et d'intégrer dans ses rangs des experts de valeur pour la conquête du BTP ;

- ◆ les laboratoires de recherche appliquée sont amenés à développer les connaissances de ce matériau pour maîtriser son comportement et mettre à profit ses différentes caractéristiques ;

CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DE L'OUVRAGE

- Largeur utile : 8,00 m
- 2 voies de circulation de : 2,75 m chacune
- 2 trottoirs de : 1,25 m chacun
- Charges admises : 3,5 t plus 1 camion de 10 t
- Brèche : la Drôme avec 92 m de longueur

DATES CLÉS ET DÉLAIS

- Appel d'offres pour la maîtrise d'œuvre : mai 1999
- Marché de maîtrise d'œuvre : juillet 1999
- Etude préliminaire : septembre 1999
- Avant-projet : décembre 1999
- Dossier de consultation des entreprises : avril 2000
- Remise des offres : mai 2000
- Démarrage des travaux : août 2000
- Délai de travaux : 10 mois
- Inauguration : 30 juin 2001



◆ les ingénieurs et architectes sont tenus d'inventer la conception des structures en bois et de contribuer au développement des structures mixtes bois-acier-béton avec l'association des produits comme les fibres de carbone et les câbles de précontrainte.

En conclusion, un effort important reste à faire pour que le bois prenne racine dans le domaine des ouvrages d'art.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage
Ville de Crest

Maître d'œuvre
Scetauroute

Architecte
Atelier de l'Entre

Ingénierie bois
Arborescence

Entreprise GC
GTM Construction

Entreprise bois
Fargeot

ABSTRACT

The wooden bridge of Crest in the Drôme region

H. Gabouge

The wooden bridge of Crest is the longest wooden road bridge in France. It crosses the Drôme with a magnificent gesture, highlighting the landscape with its honey colour coming from the Douglas fir.

It has a worked, cross-linked structure and was constructed using a few innovations such as the construction of a deck section by means of very thick multi-ply wooden panels and protection of the structure through the use of Siplast membranes.

RESUMEN ESPAÑOL

El puente de madera de Crest, en el río Drome

H. Gabouge

El puente de madera de Crest, constituye el puente viario más largo de Francia construido de madera y salva el río Drome con un magnífico gesto haciendo resaltar el paisaje con su color miel derivada del empleo de pino Douglas. Este puente presenta una estructura reticulada elaborada y ha sido construido recurriendo a algunas innovaciones como, por ejemplo, la ejecución de un forjado de piso mediante paneles de madera contrachapada de fuerte espesor y la protección de la estructura mediante el empleo de membranas Siplast.

Prix de l'Innovation 2003

Remise des prix du Syndicat professionnel des Entrepreneurs de Travaux publics de France et d'Outre-Mer

■ PREMIER PRIX : SYSTÈME TENDU AVEC CÂBLES À HAUTES PERFORMANCES

Présenté par : **Alain Delbos,**
Olivier Forget, René-Louis Geffroy,
Jean Luyckx, Ivica Zivanovic

Les composites sont principalement reconnus pour leur excellent comportement en fatigue pour de très fortes amplitudes de contrainte, leur insensibilité à la corrosion et leur faible poids spécifique. Ces avantages demeurent inexploités dans le domaine des structures câblées. Depuis plusieurs années, ces matériaux laissent imaginer de nouvelles structures où les câbles traditionnels ne peuvent répondre. Un des premiers obstacles techniques reconnus pour cette technologie demeure la validation du système d'ancrage permettant d'exploiter les propriétés remarquables du matériau composite. En effet et d'une manière générale, les principaux phénomènes qui ont conduit les fibres de carbone à s'implanter petit à petit dans le renforcement de bâtiments et des ouvrages d'art sont la réhabilitation ou la mise en conformité des structures existantes et la construction de nouveaux bâtiments plus légers et plus performants. Cependant dans le domaine de la construc-

tion neuve les applications sont aujourd'hui beaucoup plus limitées.

Dans le cas de la réhabilitation, le processus d'introduction des matériaux composites à base de fibres de carbone a été accéléré par la mise au point de méthodes techniquement fiables et compétitives comparativement aux anciens renforcements à base d'acier. L'un des exemples remarquables en France étant le renforcement à base de Tissu de Fibres de Carbone (TFC®).

C'est dans l'optique d'apporter une solution fiable et performante dans la construction neuve que le développement d'un câble composite à hautes performances à base de fibres de carbone a été initié. La définition du cahier des charges du système, la mise au point de la ligne de pultrusion, de la matrice constitutive du composite et des procédures de contrôle de fabrication en continu des joncs de diamètre 6 mm composant le câble ont été les principales étapes de recherche. Le point essentiel étant l'étude et la mise au point des ancrages associés permettant d'exploiter les caractéristiques intrinsèques remarquables du matériau.

De nombreux essais réalisés ont démontré des performances mécaniques élevées, grâce à un nouveau concept d'ancrage, assurant le transfert des efforts sur une longueur réduite.

Après les premiers tests réalisés dans les laboratoires des universités spécialisés dans le gé-

nie civil, à la fin des années 80, des ponts contenant des câbles à base de composites en fibres de carbone furent construits. Les systèmes d'ancrage sont variables et moyennement satisfaisants dès lors que l'on intègre tous les paramètres comme la réalisation, l'assemblage, la tenue en statique et en fatigue.

Le système proposé permet de conserver pleinement les propriétés remarquables du matériau et d'envisager des applications aussi variées pour les structures de génie civil comme les ponts haubanés, les toitures suspendues et pourquoi pas les ouvrages précontraints mais également le domaine de l'offshore. L'exploitation pétrolière en mer très profonde exigera des solutions impliquant légèreté et résistance élevée.

Par ailleurs, l'utilisation de câbles en fibre de carbone pour les ouvrages haubanés offre le meilleur rapport poids propre/capacité portante.

La passerelle de Laroin (Pyrénées-Atlantiques) construite récemment, comporte les haubans de la travée centrale entièrement en fibres de carbone. Deux nappes de quatre haubans par pylône d'une longueur variant entre 20 et 50 m ont été mises en œuvre. Cet ouvrage est une démonstration remarquable des perspectives qu'offrent les câbles composites en fibres de carbone dans le domaine du génie civil.

→ Contact :

Freyssinet - Ivica Zivanovic
Tél. : +33 (0) 1 46 01 85 27

■ DEUXIÈME PRIX : PROCÉDÉ GERRIS, PELLE HYDRAULIQUE FLOTTANTE

Présenté par : **Mohamed El Aloui,**
Pascal Josset, Joël Le Bouguenec,
Christian Nain, Frantzy Somenzi

La récente plus grande détermination de la politique régionale vers la nécessité de la préservation de l'environnement a favorisé le fractionnement de certains grands travaux d'aménagements nautiques en multiples chantiers de moindre importance financés, en partie, par les collectivités locales directement concernées. Les

1^{er} prix : câble composite en fibres de carbone



outils traditionnellement utilisés, souvent lourds à déplacer et parfois longs à installer, se sont retrouvés inadaptés : les coûts de leur seule mobilisation dépassaient quelquefois les coûts de la réalisation du chantier.

La préoccupation constante de l'entreprise EMCC concernant la recherche de nouveaux progrès techniques adaptés, d'une part à ces nouvelles orientations et d'autre part aux nouvelles normes écologiques et sécuritaires, entraîne l'évolution permanente de son parc matériel. La pelle amphibie "Gerris" en est le fruit.

L'extrême simplicité de "Gerris" a permis à l'entreprise de réduire, la dizaine de semi-remorques, la grue de 100 t ainsi que la semaine qui sont nécessaires au montage du matériel traditionnel, à seulement : trois camions, une grue de 40 t et 3 heures de montage réalisées par le seul conducteur.

"Gerris" a inversé les rôles : ce n'est plus la barge qui supporte la pelle de dragage mais la pelle qui supporte la barge !

"Gerris" est une pelle standard, 914 Liebherr l-tronic, de 23 t et de 152 chevaux, dont le châssis et les stabilisateurs ont été modifiés pour supporter deux flotteurs articulés pouvant être relevés comme le ferait un insecte avec ses ailes. Cette disposition a permis de conserver l'intégrité normale de la fonction roulante. "Gerris" roule sur terre, avec ses flotteurs relevés, pour se mettre à l'eau, par ses propres moyens, en moins de 5 minutes. Le conducteur, au contact de l'eau, actionne la commande de quatre vérins hydrauliques qui déploient latéralement deux caissons étanches de 30 m³. La pelle roulante se transforme ainsi en une barge flottante de 8 m de longueur et de 7,15 m de largeur, pour un tirant d'eau de 1,40 m et un poids de 42 t.

Les quatre béquilles rétractables, intégrées à la coque, déjaugent totalement la pelle flottante hors de l'eau en une quinzaine de secondes dans des fonds allant jusqu'à 5,00 m. Grâce à la parfaite stabilité de l'ensemble, élevé sur ses béquilles, la pelle hydraulique exerce la totalité de ses 13 t d'effort de terrassement sur 360°. L'équipement standard – flèche de 5,65 m, balancier de 3,70 m et godet de 1 m³ – permet d'obtenir un dragage efficace à plus 4,50 m de profondeur et de charger des péniches de 350 m³ disposées à couple, sans aucune difficulté de visibilité pour le conducteur. La rapidité de mise en station sur le plan d'eau et la grande mobilité en flottaison assurent des rendements de dragage tout à fait comparables à ceux que l'on peut rencontrer lors d'une utilisation terrestre.

"Gerris" est aussi un outil flottant, polyvalent, sur lequel il peut être installé indifféremment : un godet-rétro ou une benne preneuse pour le dragage mécanique ; une pompe d'aspiration de 650 m³/h pour le dragage hydraulique qui peut



2° prix : procédé Gerris, pelle hydraulique et flottante

être associée à une roto-fraise pour le déroctage ; un marteau brise-roche sous-marin pour la démolition ; une glissière de marteau pour le forage ou encore un vibreur hydraulique pour le fonçage de pieux et de palplanches.

Si les conditions de réalisation du chantier l'exigent, il est prévu l'intégration d'une imagerie de la cinématique complète de l'équipement visible sur l'écran d'un moniteur disposé dans la cabine. Ce dispositif, géré par un logiciel de positionnement par satellites (DGPS), permet au conducteur de suivre rigoureusement, et en temps réel, l'évolution de son godet dans le profil théorique à draguer, à quelques centimètres près.

La demande de brevet d'invention pour une protection européenne a été déposée à l'INPI en 2000, par EMCC.

"Gerris" est construit suivant les règles du Bureau Veritas et est surveillé par une société de classification agréée. Son respect des critères réglementaires de stabilité et sa conformité aux prescriptions techniques et sécuritaires, définies par le décret ministériel concerné, lui permettent d'être considéré comme un bateau à part entière. Il possède ainsi un certificat communautaire de navigation délivré par la Commission de surveillance des bateaux de Paris, ce qui lui autorise le droit d'évoluer sur la quasi-totalité des plans d'eau intérieurs européens.

"Gerris 1^{er}", très sollicité par les centres de travaux de l'entreprise, a déjà travaillé plus de 2000 heures depuis sa naissance. "Gerris 2^e", son clone, vient de faire ses premiers pas.

→ Contact :

EMCC - Joël Le Bouguenec
Tél. : +33 (0) 1 49 61 71 00

■ TROISIÈME PRIX : LE PROCÉDÉ JETPLUS, AMÉLIORATION DE LA TECHNIQUE DE JET-GROUTING

Présenté par : Jean-Claude Gessay, Jacques Morey, Faouzi Hadj Hassen, Catherine Cividino, Pierre Frappin

La technique dite du jet-grouting utilise un jet de coulis à haute énergie cinétique pour former dans le sol une inclusion solide en forme de colonne à partir d'un forage. Le forage, donc l'axe de la colonne, peut être vertical ou incliné.

Solétanche Bachy, depuis toujours tournée vers l'innovation et le progrès, s'est très tôt intéressée à cette technique qui compte de nombreuses applications depuis les années 70. Cependant le développement du jet-grouting se trouvait encore freiné par l'absence de moyen de contrôle précis du diamètre des colonnes ainsi que par le coût élevé du procédé en raison de l'énergie cinétique nécessaire, qui est de l'ordre de plusieurs dizaines de mégajoules par mètre de colonne construite.

La première innovation du procédé Jetplus est d'optimiser l'efficacité du jet de coulis dans le but de réduire sensiblement la consommation d'énergie, ou – ce qui revient au même – d'utiliser cette énergie pour construire de plus grosses colonnes.



3° prix : le procédé Jetplus

Le nouvel outillage conçu par l'important département Recherche et Développement de l'entreprise avec l'aide des chercheurs de l'école des Mines de Paris divise par un facteur supérieur à trois l'énergie cinétique mise en œuvre. Ainsi, Jetplus permet de faire des colonnes de très grand diamètre dont le coût aurait été prohibitif par les méthodes conventionnelles. Bien entendu, le procédé permet de construire des colonnes classiques à moindre coût. En corollaire, Jetplus réduit sensiblement les temps d'exécution.

La deuxième innovation de Jetplus est d'assurer un contrôle efficace et rapide du diamètre des colonnes à toute profondeur. La méthode Cyljet mise au point par la société EDG, utilise un procédé électrique de géophysique pour mesurer ce diamètre. Dans la plupart des cas la réalisation et l'interprétation de la mesure de son diamètre ne nécessitent que quelques heures après la mise en place de la colonne.

► Bien que très récent, le procédé Jetplus a déjà été validé sur plusieurs chantiers tant en France qu'à l'étranger.

Prenons l'exemple des travaux exécutés en 2002 pour le confortement de la voie ferrée du RER C en bordure de Seine à Paris. Dans le délai très court de la coupure estivale du trafic ferroviaire, Jetplus a permis de réaliser en jet simple avec très peu d'énergie, dans des terrains sableux à passages argileux, 350 colonnes de 1,50 m de diamètre. Dans le même temps, Cyljet a contrôlé le diamètre de 70 de ces colonnes – ces mesures ont été validées par autant de carottages, puis par le déterrement complet de quatre colonnes.

Economie, fiabilité, transparence, le procédé Jetplus ajoute à ses performances inégalées la sûreté que confère un moyen de contrôle efficace et rapide.

Jetplus, procédé réellement novateur, donne un nouvel élan à la technique du jet-grouting. Les colonnes de grand diamètre dont rêvaient les projecteurs deviennent tout simplement faisables. L'influence des déviations de forage est considérablement diminuée. Des champs d'application nouveaux et prometteurs s'ouvrent ainsi dans le domaine des traitements de masse à grande profondeur où jusqu'ici le risque technique était considéré comme élevé : fonds étanches, massif d'accostage de tunnelier, coupure étanche sous barrage.

Jetplus, associé ou non à Cyljet, qui sont des procédés signés Solétanche Bachy parfaitement opérationnels et validés, c'est : plus de jet, plus de performance et plus de fiabilité. Et aussi plus vite et moins cher.

→ Contact :

Solétanche Bachy - Jean-Pierre Hamelin
Tél. : +33 (0) 1 47 76 42 62

■ MENTION SPÉCIALE : PROCÉDÉ ROLL AND ROCK POUR L'ÉVACUATION DES DÉBLAIS DE TUNNEL

**Présenté par : Jean-Marc Sabatié,
Rémi Ciufoletti et Lino Borull**

Les tunneliers de petit diamètre ont connu, dans les précédentes décennies, de nombreuses évolutions et une augmentation importante de leurs performances. Mais ces progrès sont partiellement masqués par les difficultés que rencontrent les processus actuels de marinage pour assurer, dans l'espace réduit des galeries, toutes les fonctions logistiques nécessaires à l'arrière des tunneliers pour la pose des voussoirs, l'évacuation des déblais, et les injections de serrage.

Le procédé Roll & Rock apporte une solution particulièrement innovante et efficace à ce problème. En effet, les trains de marinage traditionnels, comme ceux qui alimentent les tunneliers de gros diamètre, roulent sur des voies type SNCF, et de ce fait, ont des gabarits importants et de mauvais rapports encombrement-volume transporté. Les réflexions menées par les inventeurs du procédé Roll & Rock ont donc tout naturellement porté sur une remise en cause radicale du mode traditionnel de locomotion du train de marinage. Le procédé Roll & Rock propose donc une approche totalement innovante du processus de marinage, caractérisé par la suppression de la voie de roulement (le revêtement béton des tunnels actuels se prête parfaitement à un roulement direct sur la galerie). Ainsi, le train de marinage roule directement sur le revêtement grâce à une suspension pendulaire et un roulement sur pneus.

L'utilisation de roues classiques équipées de pneumatiques ou de bogies impose, dans ces conditions d'utilisation (revêtement circulaire de faible diamètre) une assistance au pilotage complexe pour obtenir une trajectoire stable. Pour éviter la mise en œuvre de tels dispositifs, il a fallu repenser totalement l'ensemble du système de roulement : châssis, suspension, roue. Ainsi est née l'idée d'une roue sur galets qui doit donc assurer un rôle porteur et moteur parallèle à l'axe du tunnel, tout en autorisant des déplacements dans le sens transversal, sous l'effet des efforts inertiels. Les études ont ensuite porté sur la façon d'adapter cette roue pour le fonctionnement en tunnel.

Chaque roue est constituée de trois disques portant chacun un plan de roulement. Ce plan de roulement est constitué d'une succession de galets libres en rotation. Ces galets sont revêtus de polyuréthane.

Ainsi, le déplacement de chaque roue résulte de la composition du déplacement longitudinal principal et du déplacement par roulement du galet sur lui-même. La composante des déplacements de l'ensemble corrige l'assiette du chariot dans les parties courbes de la galerie, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter un système de direction.

Afin d'accroître la stabilité du chariot dans son déplacement dans les parties droites des galeries, il a fallu associer ce nouveau mode de roulement à un châssis spécifique équipé d'un système de suspension original.

Le châssis du véhicule est composé de deux trains de roues montés sur des bras articulés en forme de compas.

Le sommet des bras est équipé de paliers qui portent la benne (ou la charge) dans l'axe de la galerie, et qui permettent son oscillation. Le centre de gravité de la benne est placé sous le point

d'articulation du châssis, comme la quille d'un voilier, ce qui procure à la benne sa stabilité verticale.

Grâce à ces dispositifs, le procédé Roll & Rock permet de stabiliser la charge, et le châssis porteur trouve sa position optimale dans toutes les phases de déplacement dans la galerie.

Le procédé Roll & Rock développé par CSM Bessac, filiale de Solétanche Bachy, a permis de reconsidérer l'ensemble du train de marinage. La suppression de la voie de roulement classique autorise l'optimisation des volumes des bennes de transport des déblais, la forme circulaire de celle-ci en diminue le nombre, et donc la longueur totale du train de marinage. Le transport des voussoirs et du mortier de bourrage bénéficie également de cette optimisation.

De plus, la modularité du châssis porteur couvre une large gamme de diamètres de galerie (de 1 800 à 2 200 mm sur le modèle actuel).



Mention spéciale : le procédé Roll & Rock

Ce nouveau train de marinage apporte une amélioration très importante des conditions de travail du personnel, caractérisée par une sécurité accrue, en raison de la suppression de la voie de roulement, de l'optimisation de la forme des véhicules du train, et de la réduction de la fréquence de circulation du train dans la galerie, la réduction des nuisances sonores liées à la circulation du train de marinage, suppression des poses/déposes d'éléments de voies lourds et encombrants.

Enfin, le procédé Roll & Rock améliore les conditions économiques des chantiers de tunnels de petit diamètre, qui, avec un marinage classique, sont durement pénalisés par l'allongement de la durée du cycle de creusement au-delà de 500 m.

Le procédé Roll & Rock permettra à la société CSM Bessac de réaliser des tronçons d'une longueur totale de 1 000 m, dans des conditions économiques concurrentielles.

→ Contact :

CSM Bessac - Jean-Marc Sabatié
Tél. : +33 (0) 5 61 37 63 63

Excédents et déchets de chantier : quelle prise en compte dans les marchés publics ?

Le 17 juin 2003, trois ans après la parution de la circulaire du 15 février 2000 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics, la FNTP, à l'initiative de la Commission environnement et patrimoine (présidée par Jean-Yves Martin), a réuni représentants des entreprises, des collectivités territoriales et de l'Etat pour faire le point sur l'avancée de cette démarche et son application sur le terrain. Près de 150 participants, venus de toutes les régions, ont assisté à cette journée, témoignant ainsi de l'importance de ce sujet, tant pour l'environnement que pour notre profession. Un compte rendu de cette journée, plus détaillé que la présente note, est disponible auprès de la FNTP.

Une journée semblable avait déjà été organisée le 1^{er} février 2001, on pourra se reporter à l'article de Patrick Bernasconi, alors président de la Commission environnement et patrimoine, publié dans le numéro de septembre 2001 de *Travaux* (pages 49 et sq).

■ LES ENJEUX : QUEL SORT RÉSERVER AUX 280 MILLIONS DE TONNES ANNUELLES D'EXCÉDENTS ET DÉCHETS DE CHANTIERS ? L'ÉTAT DES LIEUX

Une enquête, initiée par la FNTP, l'Ademe et le ministère de l'Ecologie et du Développement durable, au cours du premier trimestre 2002, a eu pour objectif d'évaluer les quantités de déchets des TP produites au niveau national :

◆ 700 entreprises de TP interrogées par le cabinet Enerpol;

◆ 70 visites d'entreprises, extraites de l'échantillon d'enquête;

◆ un taux de réponse de 34 % par rapport à l'échantillon initial.

Les **résultats globaux** se résument ainsi. Les TP génèrent aujourd'hui 280 millions de tonnes d'excédents et de déchets de chantiers : près de 190 millions de tonnes sont des déchets au sens de la définition communautaire, dont 87 millions de tonnes sont considérés comme des excédents de chantiers puisqu'ils sont directement réutilisés sur le site d'où ils sont issus. Les TP éliminent un tiers des déchets et excédents et en valorisent les deux tiers. 67 % des déchets éli-

DÉFINITIONS

Déchet

Est considéré comme "déchet" tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. La définition réglementaire des déchets ne retient que les "déchets qui sont, par leurs conditions de production ou de détention, de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, de dégrader les sites ou les paysages, de polluer l'air ou les eaux, d'engendrer des bruits et des odeurs, et d'une façon générale, de porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement"

Déchet ultime

Est ultime tout "déchet (résultant ou non du traitement) qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux"

Déchet inerte

Il s'agit de déchets solides, minéraux, non susceptibles d'évolution physico-chimique ou biologique. Ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Excédents de chantier

Matériaux issus du processus de construction d'un ouvrage de travaux publics et n'entrant pas directement dans la réalisation du chantier. Par exemple, la terre végétale extraite d'un chantier peut être réutilisée sans aucune transformation pour la réalisation de buttes paysagères sur le site d'extraction.

Les décharges brutes, ne respectant pas la réglementation en vigueur, ne sont pas autorisées.

minés sont stockés en décharge de classe 3 et 31 % vont dans des décharges brutes. Près de la moitié des déchets valorisés sont directement réutilisés sur le site et donc considérés comme des excédents de chantiers.

LES OBJECTIFS DE LA PROFESSION DES TRAVAUX PUBLICS

- ◆ Eliminer la mise en décharge brute
- ◆ Réduire la mise en décharge pour déchets inertes
- ◆ Développer la valorisation des déchets
- ◆ Abandonner le brûlage sur chantier

Les axes d'action de la profession des travaux publics

◆ Sensibiliser les maîtres d'ouvrages sur l'utilisation des matériaux recyclés :

- prévoir l'utilisation de matériaux recyclés dans les appels d'offres,
- intégrer le coût de l'élimination des déchets dans les marchés,
- laisser aux entreprises la possibilité de présenter des variantes mettant en œuvre des matériaux recyclés ;

◆ sensibiliser les entreprises de travaux publics

- impliquer les représentants des TP dans les commissions départementales chargées d'élaborer les plans de gestion des déchets du BTP,
- identifier les déchets générés par les travaux publics : réalisation d'une enquête nationale sur les déchets de travaux publics,
- encourager les entreprises à améliorer la gestion des déchets de chantiers : lancement d'un concours national ouvert aux entrepreneurs, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour optimiser la gestion des déchets et encourager l'utilisation des déchets valorisés sur le chantier (cf. encadré "Concours optimisation de la gestion des déchets").

Une journée comme celle du 17 juin, après celle du 1^{er} février 2001 sur le même thème, fait partie des actions de sensibilisation des maîtres d'ouvrage et des entreprises, de même que les documents d'information établis et diffusés par la FNTP, tels que "Enjeux des plans de gestion des déchets".

Les plans de gestion des déchets de chantiers

La loi du 1^{er} juillet 1992 pose à l'échéance 2002 la limitation de la mise en décharge aux seuls déchets ultimes. La circulaire du 15 février 2000 recommande la mise en place de plans dépar-

tementaux de gestion des déchets du BTP, avant le 15 août 2001. Une telle planification répond aux engagements européens de la France.

Les six orientations de la circulaire :

- ◆ lutter contre les décharges sauvages ;
- ◆ mettre en place un réseau de traitement ré-

parti géographiquement d'une façon équilibrée entre recyclage, valorisation et stockage ;

- ◆ organiser les circuits financiers de ce réseau de façon à intégrer tous les coûts et les répartir entre tous les acteurs ;
- ◆ réduire la production de déchets à la source ;

CONCOURS "OPTIMISATION DE LA GESTION DES DÉCHETS SUR UN CHANTIER DES TP"

Concours FNTP, avec le parrainage du ministère de l'Ecologie et du Développement durable, du METLTM, des Caisses d'Epargne

Objet

Récompenser les parties prenantes qui, par leur action exemplaire ou leur effort d'innovation, ont contribué à améliorer la gestion des déchets et à favoriser l'utilisation des matériaux valorisés sur le chantier

Cible : trois catégories de candidats

- Maîtres d'ouvrage publics ou privés seuls
- Maîtres d'œuvre publics ou privés seuls
- Entreprises adhérentes de la FNTP : groupes, filiales, directions territoriales ou agences pouvant concourir simultanément associées aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre

Prix : remise d'un Prix de 5 000 euros par catégorie

Le Prix récompensera :

- pour les maîtres d'ouvrage, leur volonté d'imposer une gestion des déchets et une utilisation des matières premières secondaires (MPS)
- pour les maîtres d'œuvre, la transcription dans les pièces de marché du maître d'ouvrage d'une bonne gestion des déchets et une utilisation des MPS
- pour les partenaires associés, leur engagement commun dans le cadre d'un chantier

Délais

- Lancement du concours de 17 juin 2003 à la FNTP
- Remise des dossiers d'ici le 31 octobre
- Annonce des résultats du concours en décembre

Partenaires de l'opération initiée par la FNTP

- Ministère de l'Ecologie et du Développement durable
- Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer
- Les Caisses d'Epargne

Jury

- Le président de la FNTP
- Le président de la Commission environnement de la FNTP
- Le président de la sous-commission Déchets de la FNTP
- Les délégués généraux des syndicats de spécialités
- Le représentant de la DPPR (Direction de la prévention de la pollution et des risques) désigné par le ministère de l'Ecologie et du Développement durable
- Le représentant de la Direction des Routes désigné par le METLTM
- Le responsable déchets du BTP de l'Ademe
- Le représentant désigné de la Caisse d'Epargne
- Le représentant de l'AMF

Critères de jugement

Basés sur le caractère innovant, la qualité de réflexion et d'organisation, l'efficacité-pertinence, le gain à court et moyen terme, la pérennité de l'initiative, l'amélioration de l'image des TP

◆ limiter la mise en décharge au profit du recyclage et de la valorisation des déchets, favoriser l'utilisation des matériaux recyclés dans les chantiers, en créant des débouchés pérennes et en économisant les matériaux naturels ;

◆ mieux impliquer les maîtres d'ouvrage publics dans l'élimination des déchets générés par la réalisation de leurs commandes.

Le pilotage des plans de déchets du BTP est assuré par les DDE.

A la fin du premier trimestre 2003 :

◆ 6 plans sont approuvés ;

◆ 45 plans sont en cours d'approbation ;

◆ la quasi-totalité des autres plans sont en phase d'approbation à la fin de l'année.

Ces plans s'accompagnent souvent de la signature de chartes ou d'élaboration de guides qui constituent une première phase de la concrétisation de ces plans, ainsi que de la mise en place des comités de suivi au sein desquels ont leur place tous les acteurs, même s'ils n'ont pas participé à l'élaboration du plan.

Des exemples ont été donnés, au cours de la journée du 17 juin, d'initiatives prises dans les départements pour la mise en œuvre des plans de gestion des déchets de travaux publics :

◆ le département de l'Ain a signé en 1996 une charte départementale pour l'élimination et la valorisation des déchets de chantiers, avec la **prise en compte par les maîtres d'ouvrage des déchets dès l'appel d'offres** ;

◆ le département du Rhône a institué dans ses marchés une clause permettant aux entreprises de proposer des éco-variantes, favorisant le développement du recyclage ;

◆ le conseil général de Seine-et-Marne, en partenariat avec la DDE, les entreprises de TP du département et les maîtres d'œuvre ont mis en place un outil original : le SOSED (Schéma d'organisation et de suivi de l'évacuation des déchets), qui rassemble tous les éléments de marché sur les déchets de chantier.

A partir des informations fournies par le donneur d'ordre sur l'identification et la quantification des déchets, l'entreprise s'engage sur les méthodes de tri, les destinations finales des déchets, le mode de transport, les moyens de contrôle et de suivi pendant les travaux et précise en conséquence le prix de ses prestations ;

◆ la région Nord Pas-de-Calais, pauvre en matériaux naturels, et forte d'une longue expérience de valorisation de déchets, notamment miniers,

a élaboré une charte définissant les engagements des entreprises et des collectivités locales.

Les réalisations des entreprises de travaux publics

Plusieurs numéros de *Travaux* ne suffiraient pas pour donner l'inventaire des installations de recyclage des déchets de chantier.

Nos lecteurs découvrent certaines d'entre elles, avec des applications directes sur chantier, dans les articles décrivant des ouvrages de toute nature, et pas seulement dans les numéros "Environnement".

Les auteurs apportent donc une contribution essentielle à l'action de la FNTP et de la Commission environnement et patrimoine vers les objectifs qu'elles se sont fixés.

Peut-être certains d'entre eux entraîneront-ils leur entreprise sur le podium du concours "Optimisation de la gestion des déchets sur un chantier des TP" lancé le 17 juin par la FNTP, avec le parrainage du ministère de l'Ecologie et du Développement durable, du ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (METLTM) et des Caisses d'Épargne...

La Profession

Construire notre avenir : un "Livre vert" de la FNTP

Le président Daniel Tardy vient d'adresser à chacune des 8 000 entreprises de travaux publics un "Livre vert", document de soixante-dix-sept pages, fruit du travail d'une année d'une équipe d'entrepreneurs de la Fédération.

Consciente des changements nombreux et importants que connaissent actuellement – et que continueront de connaître – les travaux publics, la Fédération nationale veut, par ce document, alerter les entreprises et les préparer à ces mutations : construction et élargissement de l'Union européenne, décentralisation, contraintes budgétaires et appel au privé, réforme de la commande publique et complexité des circuits de décision, protection de l'environnement, rééquilibrage des modes de transport, aménagement urbain, conservation du patrimoine public...

Le président Tardy invite les entrepreneurs, en concertation avec les fédérations régionales et les syndicats de spécialités, à formuler leurs remarques sur le "Livre vert", et à définir leurs priorités et leurs souhaits pour l'avenir.

Le vaste débat interne ainsi lancé devrait déboucher fin 2004 sur un "Livre blanc" regroupant les propositions des entrepreneurs de travaux publics pour que ce qui est utile à tous soit mieux connu, développé et précisé.

La Fédération assurera alors une large publicité à ce "Livre blanc".

La rédaction de *Travaux* a pensé que les lecteurs de la revue non entrepreneurs – maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre publics et privés, fournisseurs, constructeurs de matériels – seront intéressés par la présentation qui est faite ci-après, du court résumé de cet important document.

■ PREMIÈRE PARTIE : LES MARCHÉS DE TRAVAUX PUBLICS CHANGENT

La première partie du "Livre vert" analyse les tendances lourdes qui auront de fortes conséquences sur l'activité des entreprises de travaux publics et sur les métiers qu'elles exercent. Ces tendances portent sur trois domaines :

**Le marché : des besoins
et des circuits de décision
qui évoluent**

Pour améliorer son attractivité et sa compétitivité, la France doit investir davantage dans ses équipements publics. Et ce d'autant plus que de nouveaux marchés se développent (environnement et développement durable, technologies de l'information et de la communication...) tandis que d'autres se transforment (entretien du patrimoine, rééquilibrage des moyens de transport...). Les entreprises de TP doivent être prêtes à répondre à ces nouveaux besoins. Tout en sachant qu'elles se heurteront à des circuits de plus en plus longs et complexes.

**Le financement : une nouvelle
donne**

La question du financement des infrastructures et des équipements est centrale. D'un côté, l'Etat cherche à se désengager et/ou fixe des règles peu claires (retards dans les contrats de plan Etat-Régions ; pas d'appréciation de la valeur des infrastructures dans la comptabilité publique...). D'un autre côté, les collectivités locales qui joueront un rôle déterminant. Enfin, le recours aux financements privés qui, comme partout en Europe, ira en se développant (tout en restant sur des marchés limités). C'est en s'appuyant sur une palette de moyens financiers complémentaires et en assouplissant les règles de passation de la commande publique que la France continuera à s'équiper.

**L'offre de l'entreprise :
la relation entreprise-client
se modifie**

Les réformes en cours dessinent quelques tendances lourdes qui mettent les entreprises de

travaux publics et leurs offres au cœur des évolutions. Moindres compétences de la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre publique, externalisation des services techniques, multiplication des interlocuteurs avec la poursuite de la décentralisation, simplification et ouverture des procédures d'attribution de la commande publique, sont autant de réalités qui vont transformer la relation entre l'entrepreneur et son client, modifier les offres des entrepreneurs et donc leurs métiers. En somme, passer d'une culture du prix à une culture d'offre élargie.

Apparition de nouveaux marchés et évolution de certains autres, financements alternatifs pour pallier des contraintes budgétaires paralysantes, marchés publics qui vont être libéralisés soit par un relèvement des seuils soit par de nouveaux modèles contractuels, trois tendances lourdes auxquelles les entreprises de travaux publics seront confrontées.

■ DEUXIÈME PARTIE : LES ENJEUX POUR LES ENTREPRISES

La baisse des dépenses publiques consacrées aux équipements et aux infrastructures va nécessiter des arbitrages de plus en plus difficiles pour le choix des investissements. Par ailleurs, la décentralisation des responsabilités et l'effacement progressif de la maîtrise d'œuvre publique vont conduire à une modification des attentes de la maîtrise d'ouvrage publique vis-à-vis de ses prestataires. La tendance à l'externalisation observée chez les clients privés ira dans le même sens.

Pour répondre à ces évolutions, trois domaines d'action sont nécessaires à la Profession pour accompagner ces changements et en tirer le maximum d'opportunités

Le marché : faire entendre la demande pour développer les volumes d'activité

Trop souvent, l'opinion n'a pas une claire perception de l'utilité sociale des infrastructures et des équipements ou, tout au moins, cette perception n'est pas révélée. Les entrepreneurs et leurs organisations professionnelles sont face à un travail de communication pour valoriser aux yeux des Français le rôle des équipements et des infrastructures comme pivot du développement économique et de "la qualité de vie". Cela passe par des actions citoyennes de promotion des

travaux publics et par de véritables partenariats avec la société civile : universitaires, chercheurs, associations de consommateurs.

Le financement : être force de proposition pour desserrer la contrainte de financement

Compte tenu des contraintes budgétaires et de l'obligation pour la France de maintenir et d'améliorer la qualité de ses équipements, la Profession et les entrepreneurs vont devoir de plus en plus se préoccuper du financement des infrastructures et équipements. Cela peut se mani-

fester de plusieurs manières : inciter l'Etat à respecter ses engagements, proposer de nouvelles ressources publiques, optimiser la gestion des équipements existants, et/ou faire appel aux financements privés.

L'offre de l'entreprise : enrichir l'offre de l'entreprise

Avec la nouvelle phase de décentralisation, les collectivités territoriales vont avoir de nouvelles compétences sans avoir nécessairement tous les moyens pour les assumer. Dans ce cadre, les entreprises de TP ont un rôle essentiel à jouer

SOMMAIRE

INTRODUCTION

POURQUOI CE LIVRE VERT ?

I - LES MARCHÉS DE TRAVAUX PUBLICS CHANGENT	7
I - 1 DES BESOINS ET DES CIRCUITS DE DÉCISION QUI ÉVOLUENT	9
I - 1.1 Des marchés qui se transforment	
I - 1.2 Des décisions de plus en plus longues et complexes	
I - 2 FINANCEMENT : LA NOUVELLE DONNE	19
I - 2.1 Le désengagement de l'État	
I - 2.2 Le rôle des collectivités territoriales	
I - 2.3 L'appel au privé	
I - 3 OFFRE : LA RELATION ENTREPRISE-CLIENT SE MODIFIE	24
I - 3.1 Les pertes de compétence de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre	
I - 3.2 Les entreprises face à la décentralisation : Quels interlocuteurs ?	
I - 3.3 Le nouveau cadre juridique va-t-il changer le contenu des offres ?	

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

II - LES ENJEUX POUR LES ENTREPRISES	35
II - 1 FAIRE ENTENDRE LA DEMANDE POUR DÉVELOPPER LES VOLUMES D'ACTIVITÉ	36
II - 1.1 Valoriser le rôle des équipements et des infrastructures dans l'opinion	
II - 1.2 Promouvoir les équipements en lançant des actions "citoyennes "	
II - 1.3 Monter des partenariats avec la société civile	
II - 2 ÊTRE FORCE DE PROPOSITION POUR DESSERRER LA CONTRAINTE DE FINANCEMENT ...	43
II - 2.1 Financement par le contribuable	
II - 2.2 Formules de paiement par l'utilisateur	
II - 2.3 Autres financements	
II - 3 ENRICHIR L'OFFRE DES ENTREPRISES	52
II - 3.1 Aider les clients à mieux cerner leurs besoins	
II - 3.2 Adapter et enrichir le contenu des offres	

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

III - LES CHAMPS DE RÉFLEXION SUGGÉRÉS PAR LA FÉDÉRATION

en élargissant et en enrichissant leurs offres : aider à faire émerger les besoins, proposer des solutions techniques qui permettent une meilleure satisfaction de ces besoins, intégrer l'exploitation et/ou la maintenance. En somme, renforcer les partenariats avec les collectivités territoriales.

Valoriser dans l'opinion le rôle des équipements et des infrastructures comme créateurs de bien-être, de qualité de vie et de développement économique, devenir une force de proposition en matière de financement notamment par une promotion appropriée de nouvelles formules faisant appel au privé, dépasser le rôle de simples exécutants en enrichissant leur offre : trois voies à saisir par les entreprises de travaux publics pour assurer leur avenir.

Constats	Enjeux	Propositions	Remarques
La Fédération perçue comme "groupe de pression"	Devenir un partenaire de réflexion crédible des pouvoirs publics	Soutenir les projets répondant à une équation économique et sociale pertinente, dans une perspective de long terme : - 1 : contribuer à l'élaboration d'une politique cohérente des transports en France et dans l'Union européenne - 2 : soutenir la réglementation européenne sur l'eau, les déchets et l'environnement et développer des propositions d'actions - 3 : soutenir le développement de la société de l'information et développer des propositions d'actions - 4 : faciliter le développement d'une politique d'entretien des équipements	

Tableau I
Faire entendre la demande pour développer des volumes d'activité

TROISIÈME PARTIE : LES CHAMPS DE RÉFLEXION SUGGÉRÉS PAR LA PROFESSION

Afin de faciliter et orienter la réflexion, cette partie rassemble une première liste de sujets et thèmes de travail, organisés selon les trois grandes catégories d'enjeux identifiées :

- ◆ assurer sur le long terme le volume de travaux nécessaire au développement de l'activité, en faisant entendre la demande de la société ;
 - ◆ desserrer les contraintes de financement et assurer la faisabilité des projets ;
 - ◆ enrichir l'offre des entreprises pour mettre en œuvre une stratégie d'offre, choisie pour sa valeur et non plus seulement pour son prix.
- Elle est présentée sous forme de tableaux qui synthétisent les principaux constats et enjeux identifiés et proposent en réponse les pistes de solutions ou de positionnements qui pourraient être adoptées par la Profession (cf. à titre d'exemples, tableaux I, II, III).
- Ces propositions qui sont ainsi soumises à l'ap-

préciation des entreprises, dont les analyses et propositions d'enrichissement seront accueillies lors de réunions des fédérations régionales et des syndicats de spécialités. Les propositions

devenues celles de la Profession seront rendues publiques au premier semestre 2004 dans le cadre d'un Forum national des travaux publics avec publication d'un "Livre blanc".

Constats	Enjeux	Propositions	Remarques
Baisse tendancielle des ressources publiques	Accroître le champ des partenariats public/privé : - financement mixte pour augmenter les ressources disponibles et le nombre des projets agréables - gestion privée pour gagner en productivité de fonctionnement et dégager de nouvelles ressources pour l'investissement	Promouvoir les formes efficaces de partenariat public/privé. Favoriser la gestion des équipements par délégation des services publics à la gestion privée, avec incitation à la performance économique	

Tableau II
Desserrer les contraintes de financement

Constats	Enjeux	Propositions	Remarques
Attitude "passive" de la profession	Développer les capacités d'innovation des entreprises	Aider la Profession dans ses efforts d'innovation, de recherche et de développement : - animation de réseaux d'échanges entre privé et public - implication dans les travaux des centres de recherche de la filière	

Tableau III
Adapter et enrichir les offres