

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

EAU, BIODIVERSITE & INFRASTRUCTURES. UN PASSAGE SUPERIEUR A CHAUVES-SOURIS : A65. TRAVAUX MARITIMES : DES EVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES REMARQUABLES. GRESILLONS 2. UN NOUVEAU BARRAGE REMPLACE L'ANCIEN A CHATOU. LE LEE TUNNEL A LONDRES. NEWCASTLE : DEUX TUNNELS ROUTIERS SOUS LA RIVIERE TYNE. CONFORTEMENT D'UN QUAI DE SEINE A HONFLEUR. NOUVELLE USINE D'EAU POTABLE AU SRI LANKA. VIADUCS DU TRACE LGV AU MAROC.

N°887 MARS/AVRIL 2012





CONSTRUIRE SUR DU SOLIDE

www.soletanche-bachy.com

→ Intervenant partout dans le monde pour le compte de clients publics ou privés, Soletanche Bachy s'attache à proposer les meilleures solutions techniques et contractuelles : elle apporte aussi bien des compétences polyvalentes d'ensemblier dans le cadre de grands projets d'infrastructures, que celles de spécialiste maîtrisant l'ensemble des procédés de géotechnique, de fondations spéciales, de travaux souterrains, d'amélioration et de dépollution des sols.



PORT DE COTONOU | BÉNIN |
Construction de deux nouveaux postes à quai.



SOLETANCHE BACHY

Directeur de la publication
Patrick Bernasconi

Directrice déléguée
Rédactrice en chef
Mona Mottot

3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 03
Email : mottotm@fntp.fr

Comité de pilotage

Laurent Boutillon (Vinci Construction Grands Projets), Jean-Bernard Datry (Setec TPI), Stéphane Monleau (Solétanche Bachy), Louis Marracci (Bouygues), Jacques Robert (Arcadis ESG), Anne-Sophie Royer (Vinci Construction Grands Projets), Claude Servant (Eiffage TP), Philippe Vion (Systra), Jean-Marc Tanis (Egis), Michel Duviard (Egis), Florent Imbert (Razel), Mona Mottot (FNTF)

Ont collaboré à ce numéro

Rédaction

Monique Trancart, Marc Montagnon
Secrétariat de rédaction
Marie-Pierre Corvellec

Service Abonnement et Vente Com et Com

Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copernic - 20 av. Edouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22
Fax : +33 (0)1 40 94 22 32
Email : revue-travaux@cometcom.fr

France (10 numéros) : 190 € TTC
International (10 numéros) : 240 €
Enseignants (10 numéros) : 75 €
Étudiants (10 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)

Publicité

Emmanuelle Hammaoui
9, rue de Berri
75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41
Email : ehamaoui@fntp.fr

Site internet : www.revue-travaux.com

Réalisation et impression

Com'1 évidence
8, rue Jean Goujon - 75008 Paris
Tél. : +33 (0)2 32 32 03 52
Email : contact@com1evidence.com

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 SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0116 T 80259
ISSN 0041-1906

BIODIVERSITÉ : DE LA CONSERVATION À LA RECAPITALISATION



© DR

Que la revue de la FNTF choisisse de consacrer un numéro à la Biodiversité et qu'elle demande au directeur d'une ONG un édito, voilà qui témoigne de deux faits majeurs de ces dernières années : d'une part la montée en puissance du sujet biodiversité, d'autre part les progrès, depuis Grenelle, du dialogue des parties prenantes.

À Humanité et Biodiversité, nous nous félicitons de l'un comme de l'autre, parce que la Biodiversité c'est la vie et que de sa qualité dépend notre qualité de vie immédiate et future, et parce que la prise en compte de cette biodiversité ne sera possible qu'avec la mobilisation de tous.

Notre conviction est la suivante : pour notre siècle et au-delà, la biodiversité et les ressources naturelles avec lesquelles elle interagit (les sols, l'eau) constituent le fondement majeur du développement soutenable de nos sociétés ; à l'appui de cette thèse bien sûr tout ce que nous enseigne la notion de services écosystémiques.

L'avenir risque donc d'être fortement amoindri, voire compromis, si nous n'entreprenons pas dès maintenant une « recapitalisation écologique », c'est-à-dire une politique visant à développer progressivement, sur l'ensemble de notre territoire, la biodiversité et les services qu'elle est susceptible de fournir.

L'ambition de ce concept de recapitalisation écologique est la suivante : il ne s'agit pas d'une restauration de la biodiversité dans les seuls lieux où elle a été dégradée mais d'une politique générale pour favoriser la biodiversité partout. La réponse au défi de l'érosion s'élargit donc de la stricte conservation à la création d'interactions positives humains/nature, et cela se fera en impliquant les différents acteurs.

Dans le cas des travaux publics, osons le parallèle avec l'énergie, on a su passer de bâtiments consommateurs voire gaspilleurs d'énergie à des bâtiments producteurs, saurons-nous passer à des modèles urbains, à des infrastructures, qui permettent le déploiement de la biodiversité ?

Ne nous cachons pas la face, recapitaliser nécessite aussi de construire moins de nouvelles infrastructures, mais en même temps notre territoire fini nous impose de toute façon des limites.

Et moins de nouvelles infrastructures, cela ne signifie pas forcément pour autant « moins de business » : réhabiliter toutes les infrastructures existantes peut aussi créer de l'activité économique, rien que pour régler les points noirs en matière de continuités écologiques, le chantier est immense ! Par ailleurs, dans un contexte de concurrence internationale, développer de nouvelles compétences et de nouveaux standards de qualité n'est-ce pas une bonne réponse à la question de la compétitivité ? Le XX^{ème} siècle a été celui du génie civil, nous faisons le pari que le XXI^{ème} sera celui du génie écologique.

La biodiversité ce n'est pas une contrainte, c'est une opportunité. Une opportunité où chacun peut trouver sa place et son rôle, s'il le veut.

CHRISTOPHE AUBEL
DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION
HUMANITÉ & BIODIVERSITÉ



Humanité et Biodiversité est le nouveau nom de la Ligue Roc. Un nom pour dire avec force notre volonté de contribuer à renforcer les synergies avec la diversité du vivant pour construire l'avenir. Humanité et Biodiversité est Reconnue d'Utilité Publique, elle est membre du CNDDGE⁽¹⁾ et du CESE⁽²⁾.

Humanité et Biodiversité

110 boulevard Saint Germain

75006 Paris

01 43 36 04 72

christophe.aubel@humanite-biodiversite.fr

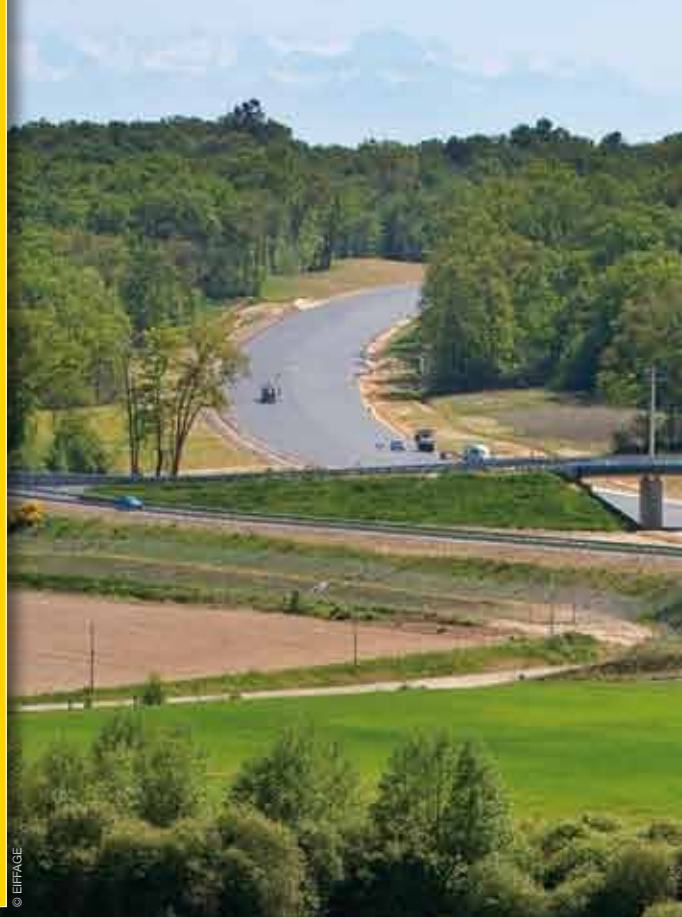
⁽¹⁾ CNDDGE : Comité National du Développement Durable et du Grenelle Environnement.

⁽²⁾ CESE : Conseil Economique, Social et Environnemental.



L'EAU

BIODIVERSITÉ & INFRASTRUCTURES





04 ALBUM

08 L'EAU EN DÉBAT :
« LE TEMPS DES SOLUTIONS »

10 ACTUALITÉ

24 INTERMAT 2012 : SOUS LE SIGNE
D'UN ENVIRONNEMENT MIEUX PROTÉGÉ



30 ENTRETIEN AVEC
PATRICE VALANTIN
POUR UNE VISION
PLUS OPTIMISTE ET FONCTIONNELLE
DE LA BIODIVERSITÉ

34 ENTRETIEN AVEC VALÉRIE DAVID :
LA BIODIVERSITÉ, UNE OPPORTUNITÉ
POUR LES TRAVAUX PUBLICS

38 HOBAS FRANCE : DE L'ASSAINISSEMENT
À L'EAU POTABLE, LE PRV EN TOUTE
POLYVALENCE

42 STRUCTURES ALVÉOLAIRES ULTRA-
LÉGÈRES (SAUL) POUR LE STOCKAGE
DES EAUX PLUVIALES : UN NOUVEAU
RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE



44 UN PASSAGE SUPÉRIEUR
À CHAUVES-SOURIS

pour maintenir les corridors
écologiques Autoroute A65 –
Secteur de Roquefort (40)



48 TRAVAUX MARITIMES

Des évolutions technologiques
remarquables



54 CONCEPTION
ET RÉALISATION
DE LA 2^e TRANCHE
DE L'USINE D'ÉPURATION

Seine Grésillons (78)



58 UN NOUVEAU BARRAGE
REMPLECE L'ANCIEN

à Chatou (78)



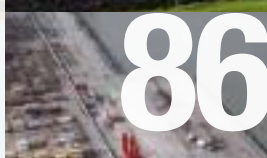
70 LE LEE TUNNEL

À Londres, un lien entre le XIX^e
et le XXI^e siècle



78 DEUX TUNNELS ROUTIERS
SOUS LA RIVIÈRE TYNE

à Newcastle



86 HONFLEUR

Confortement du quai
qui s'abandonnait lentement
vers la Seine



94 UNE NOUVELLE USINE
POUR L'ALIMENTATION
EN EAU POTABLE

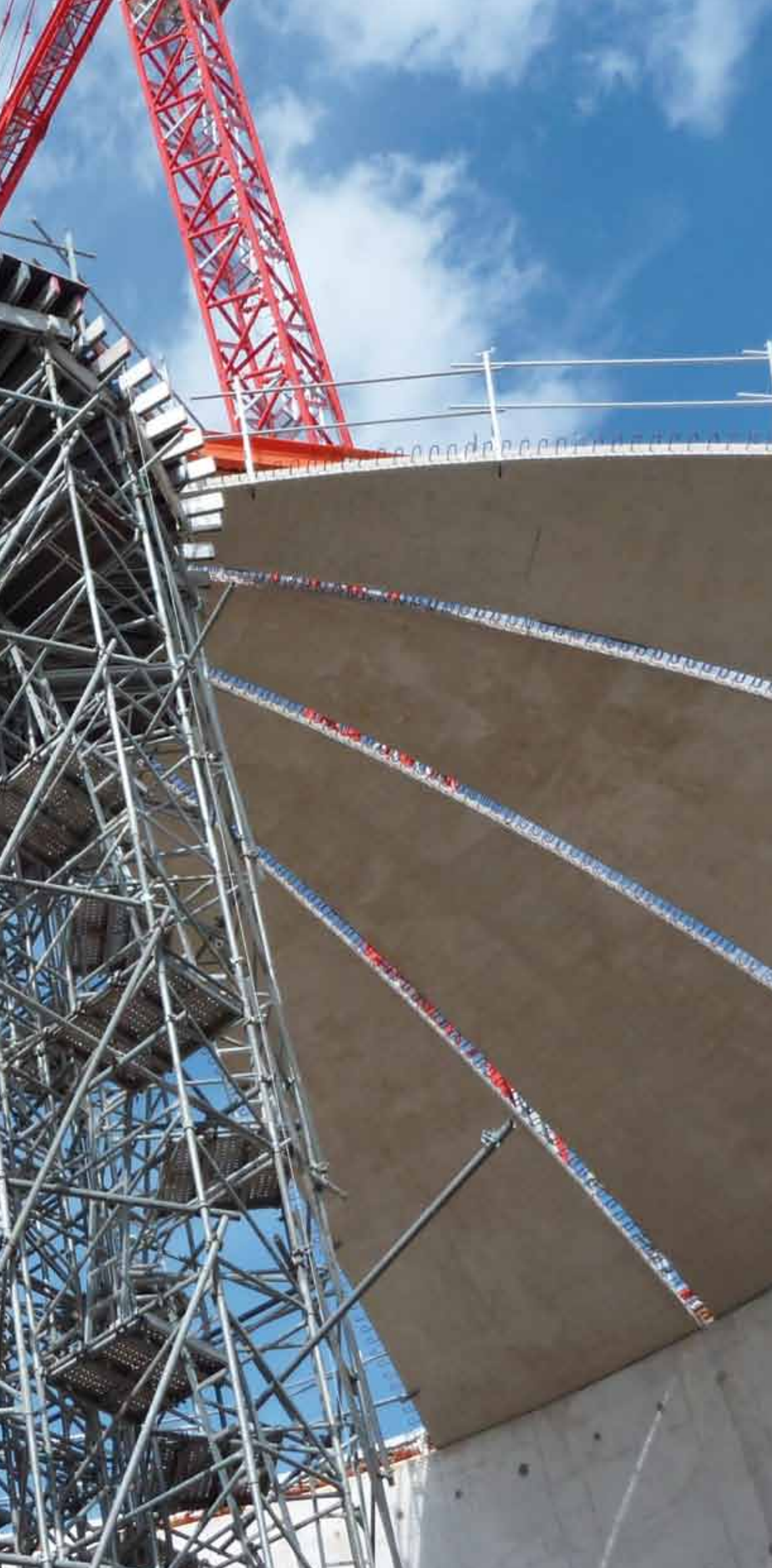
de la côte Nord-Est du Sri Lanka



98 VIADUCS DU PREMIER
TRACÉ LGV AU MAROC

Préserver la qualité des eaux





USINE D'ÉPURATION SEINE

GRÉSILLONS (78)
2^e TRANCHE
POSE DES COQUES
D'UN DIGESTEUR
DE BOUES.

LE CHANTIER

« Grésillons 2 » consiste à réaliser en conception-construction l'extension de l'usine d'épuration en fonctionnement, sur une durée de 4 ans.

Objectifs : tripler la capacité de traitement des eaux, augmenter les niveaux de qualité en améliorant la filière d'élimination des pollutions phosphorées et azotées, ajouter un digesteur de boues et produire du biogaz pour améliorer le bilan énergétique de l'usine (voir article page 54 et suivantes).





AUTOROUTE A65 VIADUC DU RIBARROUY

**LA PRÉSERVATION
DE LA BIODIVERSITÉ,
UNE PRIORITÉ.**

L'AUTOROUTE A65,

(aussi appelée autoroute de Gascogne) relie, sur un tracé de 150 km, Langon en Gironde à Pau dans les Pyrénées-Atlantiques. Les exigences de préservation de la biodiversité le long de son tracé ont fait de l'A65 l'emblème d'une nouvelle génération d'infrastructures autoroutières, notamment par la surface des zones compensatoires créées -plus de 1 372 hectares- et la durée du programme de gestion conservatoire du patrimoine naturel. (Voir interview page 34 et article page 44 et suivantes).





© SADE



© DR



© DR

L'EAU EN DÉBAT

« LE TEMPS DES SOLUTIONS »

DU 12 AU 17 MARS DERNIER S'EST DÉROULÉ À MARSEILLE LE SIXIÈME FORUM MONDIAL DE L'EAU. IL A RASSEMBLÉ DES DÉLÉGATIONS MINISTÉRIELLES VENANT DE PLUS DE 140 PAYS, ET A ÉTÉ INAUGURÉ PAR LE PREMIER MINISTRE FRANÇOIS FILLON. SOUS-TITRÉE « LE TEMPS DES SOLUTIONS », CETTE ÉDITION AVAIT POUR OBJECTIF DE PRÉPARER LE SOMMET INTERNATIONAL SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE « RIO +20 » QUI SE TIENDRA EN JUIN AU BRÉSIL. PARMIS LES THÈMES ABORDÉS DURANT LES CENTAINES D'HEURES DE DISCUSSIONS ET DE DÉBATS, QUATRE THÈMES MÉRITENT D'ÊTRE DÉVELOPPÉS.

LABELLISATION DU PROJET INSMED UN PROJET INTERNATIONAL POUR FAVORISER L'ÉCO- CONSTRUCTION

Le sixième Forum mondial de l'eau a été l'occasion pour le Consortium Méditerranéen InsMed de présenter sa démarche et de labelliser son projet.

C'est la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI) de Marseille-Provence qui a coordonné le travail avec ses trois partenaires : la Chambre de Commerce et d'Industrie de Messénie en Grèce, le Centre Régional pour l'Innovation de l'université de l'Algrave au Portugal, et le Centre de Politique des Sols et de Valorisation de l'université Polytechnique de Catalogne en Espagne.

Ce projet a l'ambition de regrouper les expériences et les savoir-faire des partenaires en matière de protection des ressources en eau dans les projets de construction.

En effet, si les problématiques environnementales sont de plus en plus prises en compte par les professionnels du



1

© DR

1- Inauguration du sixième Forum mondial de l'eau.

secteur, la CCI Marseille-Provence constate que l'eau reste la grande oubliée des démarches d'éco-aménagement, alors même que les pays du pourtour de la Méditerranée voient l'accès à celle-ci menacé.

PROPOSER UN GUIDE DE BONNE CONDUITE ET UNE PLATE-FORME D'INTELLIGENCE COLLABORATIVE

Pour pallier cette prise en compte trop souvent insuffisante de la protection des ressources en eau dans les projets de construction, le Consortium InsMed a présenté pendant le forum le fruit de ses réflexions : le guide *Insmed Green Book* (figure 2).

Ce guide est librement téléchargeable sur le site internet de l'InsMed.

Il est destiné à tous les professionnels de la construction qui souhaitent s'informer pour mieux intégrer la préservation des ressources dans le cadre de leurs activités.

Il distingue quatre phases : la phase de conception, la phase de construction, la phase d'utilisation et la phase de maintenance. Il détaille pour chacune les règles de bonne conduite à appliquer et les bonnes questions à se poser pour les aspects techniques, environnementaux, économiques et sociaux du chantier. Le guide est par ailleurs accompagné de fiches pratiques présentant des exemples de réalisations respectueuses de la ressource en eau. Pour accompagner le guide et aller plus loin, l'InsMed a également mis en ligne une « plate-forme d'intelligence collaborative » accessible gratuitement sur son site internet. Cette plate-forme originale recense les acteurs adhérents à la démarche préconisée par le guide et a pour objectif de mettre en commun les expériences et les savoir-faire tout en favorisant la communication (figure 3).



© DR



© COLAS



© VNF-PHILÉAS FOTOS



2



3

2- Guide *Insmed Green Book* téléchargeable sur le site : www.insmed.eu.
3- « Plate-forme d'intelligence collaborative » InsMed.

DÉBAT : GESTION DE L'EAU, PUBLIQUE OU PRIVÉE ?

La distribution et le traitement de l'eau doivent-ils être une prérogative publique ou privée, telle était la question en débat lors du deuxième jour de ce sixième Forum mondial de l'eau. Alors que les ressources en eau sont souvent menacées, cette question est essentielle : il s'agit de maîtriser la consommation, tout en maintenant la qualité et la continuité du service ainsi que des tarifs acceptables pour les usagers. Pour les partisans d'une gestion publique, « l'eau n'est pas une marchandise et sa gestion doit rester dans le domaine public ». C'est à leurs yeux la seule façon d'assurer un service pour tous et de garantir un tarif social. Ils considèrent que la distribution de l'eau est un service public fondamental que seul un opérateur public détaché d'obligations de rentabilité est capable d'assurer, notamment en termes d'investissements et de tarification. Ils précisent même qu'à service équivalent le prix du mètre cube dans les villes où l'eau est gérée en régie municipale est inférieur à celui des villes qui ont délégué la gestion de l'eau à un opérateur privé.

À l'inverse, les défenseurs d'une gestion déléguée au privé rappellent que dans bien des cas, notamment dans les pays les plus pauvres, les coûts d'investissement sont tels que les pouvoirs publics seuls ne peuvent les financer et donc que l'appel aux opérateurs

privés est indispensable. En France, s'ils conviennent que les tarifs facturés aux usagers par les régies publiques sont plus faibles que les prix pratiqués par les opérateurs privés, ils précisent qu'il n'est pas suffisant de comparer les seuls tarifs pour les usagers.

En effet, le régime fiscal et administratif des entreprises privées est très différent de celui des régies municipales, qui sont par exemple exonérées d'impôt sur les sociétés et bénéficient sans les rémunérer directement du travail de fonctionnaires territoriaux.

Les comparaisons de la valeur faciale du mètre cube n'aurait donc d'après eux pas de sens, puisqu'une partie du coût réel serait en fait supporté par l'impôt.

D'autres enfin prônent une vision plus souple, moins idéologique et considèrent que la solution se situe sans doute à mi-chemin et doit prendre en compte les particularités de chaque situation. Ils insistent également sur le besoin de transparence dans la tarification et les délégations de gestion.

RAPPEL DE L'IMPORTANCE DE L'EAU DANS LA CROISSANCE VERTE

PROTÉGER LES RESSOURCES EN EAU : UNE DÉMARCHÉ RENTABLE

Si l'idée de croissance verte (voir encadré) a fait son chemin ces dernières années, les participants aux débats du sixième Forum mondial de l'eau ont fait le constat que l'eau n'était que peu prise en compte alors qu'elle a un rôle prédominant. En effet les écosystèmes rendent « gratuitement » un certain nombre de services : filtration de l'eau, lutte contre l'érosion ou encore fixation du carbone par exemple. Or la surconsommation d'eau, la pollution ou l'assèchement des zones humides, mettent en danger ces écosystèmes et donc la continuité de ces services gratuits. Pour mieux prendre en compte ces services rendus, les intervenants aux commissions du Forum sur ce sujet proposent de travailler à mieux évaluer, chiffrer le coût de ces services. Ils entendent ainsi prouver la rentabilité économique, environnementale et

sociale des efforts en faveur de la protection des milieux aquatiques.

STIMULER LA FILIÈRE

Promouvoir la protection de l'eau et la croissance verte est d'autant plus important que toutes les réflexions, expériences et réalisations des entreprises françaises en la matière doivent leur permettre de développer une expertise sur ces questions, à l'avant-garde de l'innovation. La France dispose déjà de nombreux atouts avec notamment des groupes d'envergure mondiale, et doit capitaliser sur cette richesse dans les années à venir pour exporter son savoir-faire. Cette volonté est parfaitement complémentaire de la démarche de l'InsMed décrite plus haut, et de la « plate-forme d'intelligence collaborative » qu'il propose à tous les professionnels du secteur.

L'EAU VIRTUELLE

Le concept d'eau virtuelle est apparu dans les années 1990 et vise à chiffrer la quantité d'eau nécessaire à la fabrication d'un bien. On sait ainsi qu'il faut 1 000 litres d'eau pour produire un litre de lait, 16 000 litres pour un kilo de bœuf, ou encore plus de 2 500 litres pour un tee-shirt en coton. L'agriculture est de loin l'industrie la plus consommatrice en eau puisqu'elle représente 70% de la consommation mondiale d'eau. L'objectif affiché des partisans d'une plus grande prise en compte et d'un affichage de l'eau virtuelle est d'informer les consommateurs et les décideurs du coût environnemental des produits consommés. Ils rejoignent en cela la démarche de ceux qui sont partisans d'un « étiquetage carbone » et d'une compensation des gaz à effet de serre émis lors de la fabrication d'un produit.

Cet indicateur est très sérieux et est d'ores et déjà utilisé par des pays connaissant un important stress hydrique et qui souhaitent limiter leurs exportations d'eau virtuelle, c'est à dire de produits dont la fabrication est très consommatrice en eau. □

DÉFINITION DE LA CROISSANCE VERTE SELON LE MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT :

« La croissance verte est un mode de développement économique respectueux de l'environnement. Elle concerne les éco-activités (assainissement de l'eau, recyclage et valorisation énergétique des déchets, dépollution des sites, énergies renouvelables) mais aussi les secteurs traditionnels (transport, agriculture et bâtiment). »

APPLICATION PAS À PAS DU PLAN VÉLO

Les recommandations extraites du plan vélo par le ministre des transports précisent des mesures attendues par ceux qui œuvrent en faveur de ce moyen de se déplacer dont les bénéfices économiques sont désormais identifiés et reconnus.



Les véloroutes et les voies vertes voient la contribution de l'État augmenter.

Si l'usage du vélo s'est redéveloppé sous le nom de l'écologie, ce sont probablement des raisons économiques qui le feront passer à la vitesse supérieure et ce, malgré une application timide de la Loi sur l'air imposant des aménagements cyclables lors de travaux de voirie (loi n°96-1236). C'est ce qui ressort des 1^{res} Rencontres nationales du vélo, le 26 janvier à Paris. Le ministre des Transports, Thierry Mariani, a retenu onze propositions parmi celles du Plan national vélo, document de 30 pages rédigé par un groupe

de travail présidé par Philippe Goujon, député du 15^e arrondissement à Paris, et ayant réuni les principaux acteurs du domaine au 2^e semestre 2011. Objectif : atteindre au moins 10% des déplacements en bicyclette en 2020 contre 3% aujourd'hui. Ce groupe a d'abord obtenu que la mission interministérielle pour le vélo soit maintenue. Dominique Lebrun succède donc à sa tête à Hubert Peigné, auteur d'un premier plan en 2008. → **Déblocages financiers** A été annoncée la parution de l'arrêté

fixant les surfaces des locaux à vélo dans les logements neufs, soit 1,5 m² pour un 3 pièces et plus, et 0,75 m² pour un deux pièces⁽¹⁾. Autre arrêté à venir : celui sur la signalisation autorisant les cyclistes à tourner à droite au feu rouge. Le vol étant considéré comme un handicap, un partenariat va être instauré pour que le fichier de marquage des "cadres" par la Fédération française des usagers de la bicyclette (Fub) soit accessible aux forces de l'ordre afin de réunir propriétaire et vélo trouvé. L'État a renoncé à imposer le port du casque. En effet, la sécurité en vélo est d'autant plus assurée que la vitesse de circulation baisse et que le nombre de pratiquants augmente. « *Nous voulions au moins que le code de la rue soit mentionné, ce qui n'est pas le cas,* » regrette Jean-Marie Darmian, président du Club des villes et territoires cyclables. Les engagements financiers de l'État ont aussi fait l'objet de critique, le ministère des Finances n'ayant pas participé au groupe de travail, bien qu'invité. L'indemnité kilométrique payée par les employeurs pour usage d'un vélo personnel n'en est qu'au stade de l'évaluation. Le ministre des transports a tout de même relancé

la machine des véloroutes et voies vertes en ajoutant 1,5 million d'euros à la contribution de l'État. Il a également prévu 600 000 euros pour la mission vélo.

→ **Deux véhicules : une voiture et un vélo**

Le rayon des bienfaits de la bicyclette est bien fourni, que ce soit sur l'amélioration de la santé, sur la qualité de l'air ou encore, sur l'économie. L'Union nationale des associations familiales a estimé à 50 euros par mois le gain du report de déplacements de la voiture vers un vélo. Si ce dernier remplace la deuxième automobile du foyer, 300 euros sont épargnés par mois. Les touristes à vélo dépensent plus que les autres. Le marché des cycles à assistance électrique se développe de même que celui des vélos pliants.

⁽¹⁾ Complément au décret n°2011-873 du 25 juillet 2011 en application de l'article 57 de la loi Grenelle 2.

Pour en savoir plus :

- www.developpement-durable.gouv.fr.
- **Hors série Atout France, Économie du vélo (juillet 2009).**
- **Rapport Brigitte Le Brethon (2004).** ■

UN FONDS EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ

Nathalie Kosciusko-Morizet, ministre de l'Écologie, a signé le décret de création du Fonds d'investissement pour la biodiversité et la restauration écologique (Fibre), fonds doté de 25 millions d'euros pour 2012, lors de l'annonce des lauréats de l'appel à

projets sur ce thème, en février (62 projets). Désormais, la biodiversité sera entre les mains d'un comité national, organe de consultation et concertation, assisté d'un conseil scientifique et technique, organisation déclinée en régions. ■

RÉDUIRE LA VOITURE EN PÉRIURBAIN ET À LA CAMPAGNE

Près de la moitié du kilométrage parcouru en voiture l'est en périphérie des villes et à la campagne par 20 millions de véhicules. « *Le mode d'usage actuel de l'automobile est incompatible avec les exigences énergétiques et environnementales,* » certifie Vincent Chriqui, directeur général du Centre d'analyse stratégique (Premier ministre) qui a publié en février un rapport sur les nouvelles mobilités dans ces territoires ⁽¹⁾. Parallèlement, avec la hausse du prix du carburant, ces trajets coûtent de plus en plus cher à une population contrainte d'y recourir

faute d'avoir les moyens d'habiter en ville, d'où le risque de sa marginalisation. Il existe des solutions qui ne grèveraient pas les finances publiques, selon ce rapport qui propose cinq mesures phares. Puisqu'il est plus difficile de rentabiliser des transports en commun sur ces zones qu'en ville, la première solution consiste à mieux remplir cars et voitures. Les collectivités locales sont invitées à organiser leur réseau globalement, à partir des besoins de la population, et non pas en drainant des usagers vers des équipements.

« *En périurbain et en rural, les collectivités devront s'appuyer sur les acteurs privés du déplacement (entreprises, associations, professionnels) et les mobiliser dans leur stratégie de mobilité,* » souligne Olivier Paul-Dubois-Taine, président de la mission à l'origine du rapport. Deuxième recommandation : organiser des rabattements vers des lignes de car ou de train, ce qui signifie prévoir des arrêts à proximité, des parkings voitures, du stationnement vélo voire des itinéraires cyclables. Dépense estimée à 10% du budget annuel voirie.

Troisième recommandation : informer en temps réel de l'heure du prochain passage d'un bus ou d'un car, une vraie commodité. Il convient aussi de simplifier la combinaison de plusieurs modes : « *Il s'agit de rassembler sur une étagère unique les horaires de plusieurs réseaux, train et cars, par exemple,* » ajoute M. Paul-Dubois-Taine. *En utilisant ces données, les opérateurs privés pourront renseigner le voyageur sur son déplacement de porte à porte.* ■

⁽¹⁾ Le Centre d'analyse stratégique a aussi publié en novembre 2010 un rapport sur l'automobile en ville (note de synthèse 202).

SIMPRA



INTERMAT
Paris 2012

Hall 4, allée J
Stand N°139

Depuis 1959, **SIMPRA** est le spécialiste de la conception et de la fabrication d'équipements coffrants spécifiques et de coffrages standards pour les chantiers des TP et du Bâtiment.

www.simpra.fr

LE CEMAGREF DEVIENT IRSTEA

Le Centre du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts, créé en 1981, Cemagref, s'est résolu à changer son acronyme. Il faut donc désormais parler de l'Irstea qui correspond cette fois à ce qu'il est depuis plusieurs années - l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement - auquel il convient de rajouter "et l'agriculture".

SUPER BBC

L'association Collectif Effinergie a validé le référentiel de son label Effinergie+ à la mi-janvier, autrement dit un label BBC toujours plus exigeant en performance thermique. De plus, il exige que les consommations des équipements tels que l'électro-ménager, les ordinateurs et l'audiovisuel soient évaluées ainsi que celles des parties communes. Le moyen ? Avoir un compteur sur chaque prise d'alimentation. Sont recommandées : la prise en compte de l'énergie liée aux déplacements des utilisateurs et celle consommée pendant le cycle de vie des matériaux mis en œuvre.

ÉTUDE GLOBALE SUR L'ENVIRONNEMENT À FOS-SUR-MER



Une étude a réalisé un état des lieux de la pollution sur le territoire de Fos-sur-mer et des communes voisines.

© SAN OUEST PROVENCE

Fos-sur-mer (Bouches-du-Rhône) n'évoque pas au premier abord, la biodiversité. Pourtant, une étude menée par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a confirmé la présence d'une multitude de biotopes à forte valeur patrimoniale. Parallèlement, les 350 km² qui relèvent du Syndicat d'agglomération nouvelle Ouest Provence abritent effectivement des sites industriels notamment à proximité du port, dont 13 classés Seveso. C'est ainsi que les deux se côtoient avec plus ou moins de bonheur. Par exemple, la Réserve naturelle des Coussouls de Crau à Saint-Martin-de-Crau a dû faire face à une pollution due à la rupture de l'oléoduc qui la traverse. L'étude récente du BRGM a été motivée par les inquiétudes de la population et des élus, et les divers conflits autour de la pollution, en général. La perspective de l'agrandissement de l'usine d'incinération n'a rien arrangé. Les études existantes étaient jugées peu crédibles. « *Tout le monde voulait une étude indépendante pour faire*

le point sur la réalité de la pollution, notamment celle de l'air, a précisé François Blanchard, chargé de mission environnement et procédés au BRGM⁽¹⁾. Dans un certain nombre de cas, il s'avère nécessaire, en présence de sites industriels, de ne pas rester à leur niveau mais de changer d'échelle et d'observer la région dont les bassins versants. » L'étude du BRGM baptisée Aigrette⁽²⁾ porte sur les sols, l'eau, l'air et les milieux naturels, et leurs interactions. Elle permet d'identifier les sites à risques ou à enjeux sur un territoire, et de hiérarchiser les actions. « *Nous avons mis en lumière que le problème n°1, c'était l'eau dont la mer, et non pas l'air*, » a souligné M. Blanchard. Des actions correctives ont été immédiatement enclenchées. Pour établir un état "0" du territoire, le BRGM s'est appuyé sur des partenaires locaux, spécialistes, ou ayant de bonnes connaissances locales dont les élus des six communes du San Ouest Provence (100 000 habitants). Les études existantes ont été vérifiées

et complétées par des prospections notamment en dehors des sites industriels mieux connus. Dès le montage du projet, la démarche a mis un point d'honneur à bien organiser l'information et la communication auprès de tous les partenaires. Le San Ouest Provence a été doté d'un système d'informations géographiques qu'il maîtrise, peut enrichir et grâce auquel il pourra prendre des décisions. Par exemple, quand le modèle hydrologique de la nappe de Crau y sera incorporé, le San disposera de données sur la vitesse de migration de polluants dans les eaux souterraines. Il pourra alors détecter les situations à risques et les contaminations avant qu'elles n'atteignent les captages d'eau potable. ■

⁽¹⁾ Présentation aux journées techniques nationales sur la reconversion des friches urbaines polluées, en octobre 2011, Paris, organisées par l'Ademe et le MEDDTL.

⁽²⁾ Approche intégrée de la gestion des risques environnementaux à l'échelle d'un territoire.

NORMES PROJETS ÉCOLOGIQUES ET EAU DE PLUIE

Deux normes se profilent concernant l'eau. La première, la NF X10-900 en était encore au stade de l'enquête publique fin 2011. Elle détaille la démarche de conduite de projets dédiés aux zones humides et aux cours d'eau avec comme objectif une meilleure préservation des habitats naturels, voire leur développement, favorisant le maintien de la biodiversité.

Elle propose des solutions concrètes et pragmatiques adaptables à un projet de génie écologique quelle qu'en soit l'étendue. Elle contribuera à homogénéiser les pratiques, à élargir la vision écologique au fonctionnement des écosystèmes, au-delà de la préservation ponctuelle de quelques habitats ou espèces. Elle guide les acteurs du domaine

et les maîtres d'ouvrage dans la réussite de leur démarche, en précisant quoi faire, à quel moment et qui impliquer. Cette future norme permet de répondre aux exigences réglementaires sur la biodiversité qu'elles soient françaises, européennes (directive sur l'eau) ou internationales. La seconde norme concerne la récu-

pération de pluie par les toitures non accessibles et sa ré-utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments. La NF P 16-005 donne les spécifications de conception, de mise en œuvre et de maintenance des systèmes de récupération, de stockage et de redistribution. Le Syndicat des industriels de l'eau de pluie (Ifep) a participé à sa rédaction. ■

LA DIMENSION SOCIALE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

La dimension sociale de l'éclairage public a été abordée aux Rencontres de la lumière à Lyon, en décembre 2011. « *La lumière est un droit non un privilège et l'humain prime sur l'urbain*, » sont les deux idées directrices du Social Light Movement de Liège (Belgique), ville qui préside la commission stratégies urbaines de l'association Light Urban Community International⁽¹⁾ à l'origine de l'ouvrage « Les dimensions sociales de la lumière » avec le Laboratoire d'études méthodologiques architectures (Liège). La lumière dans les rues vise d'abord la sécurité des passants, une fonction parfois négligée notamment dans les quartiers déshérités. Par exemple, à Biskopsgården, banlieue de Göteborg (Suède), les femmes faisaient de longs détours pour revenir du tramway, le soir,

afin d'éviter des passages mal éclairés dont un tunnel piétons et vélos, lien entre deux secteurs. Les concepteurs, White architecture, ont défini des solutions en parcourant les rues de nuit avec des femmes, des jeunes gens et la municipalité. Depuis un an, aucune dégradation n'est à déplorer dans le tunnel. L'éclairage peut valoriser autre chose que des monuments historiques. À Glasgow (Écosse), des réglottes de led posées sur trois tours des années 1950 annoncent la météo du lendemain : températures, vitesse du vent, et temps général (soleil, pluie, etc.). Cet affichage visible de loin sensibilise les habitants aux questions d'environnement et fait partie d'un programme d'éclairage neutre en émission de carbone. Dans d'autres pays, des travaux revalorisent



Les abat-jour donnent un côté intime à proximité d'un refuge pour des personnes sans-abri, dans un faubourg de Copenhague (Danemark).

© OLSSON & LINDER

des rues, par exemple, la colonne vertébrale d'un quartier très peuplé de Gand (Belgique), le Brugse Poort. La lumière peut aussi servir à faire patienter les habitants d'un secteur en rénovation. Ainsi, un faubourg de Copenhague (Danemark) a-t-il été équipé de luminaires temporaires : abat-jour évoquant la maison autour d'un bâtiment recevant des sans-abri, lumières dans les arbres le long d'allées peu empruntées le soir, leds de couleur sur des antennes paraboliques, etc. Là aussi, ceux qui fréquentent le quartier ont participé aux groupes de travail mis sur pied par la ville avec Olsson & Linder (éclairage). ■

⁽¹⁾ **Luci** : association créée par la ville de Lyon en 2002 réunissant 65 municipalités dont plusieurs du Nord de l'Europe. Site : www.luciasociation.org, tél. 04 27 11 85 37.

ÉCOLES DES MINES : PARTENARIAT 2012-2017

Le Groupe des écoles des mines* a signé une deuxième convention-cadre de partenariat avec trois organisations professionnelles : l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction, la Fédération de l'industrie du béton et le Syndicat français de l'industrie cimentière. Ce partenariat de cinq ans (2012-2017) sera l'occasion d'analyser les métiers dont les entreprises auront besoin dans les dix ans et les formations à organiser tant en initiale qu'en continue. Il porte également sur des projets de recherche.

* Gem : Albi, Alès, Douai, Nancy, Nantes, Paris, Saint-Étienne.

CHAIRE « FONCTIONNEMENT DES VILLES »

L'École des ponts ParisTech s'associe à l'Agence française de développement, à Suez Environnement et GDF Suez, pour lancer une nouvelle chaire de trois ans sur le fonctionnement des villes dans les pays industriels et les pays émergents.



© FILIP ANDERSSON

Pas de coin sombre dans ce tunnel d'une banlieue de Göteborg (Suède).

DEUX NOUVEAUX DÉCRETS RÉSEAUX

À partir du 1^{er} avril 2012, une collectivité exploitante de réseaux devra les avoir enregistrés sur un téléservice (www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr) et s'acquitter d'une redevance annuelle. Cette obligation figure au décret du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages de transport ou de distribution, décret visant à sécuriser ces réseaux et découlant des dispositions prises par la loi Grenelle 2 (n°2010-788). Les communautés urbaines ont jusqu'à 2019 pour fournir les plans dématériali-

sés et géolocalisés de leurs réseaux, délai repoussé à 2026 en zone rurale. À partir du 1^{er} juillet 2012, les maîtres d'ouvrage devront déclarer leurs projets aux exploitants ayant des réseaux à proximité de la zone de futurs travaux. La collectivité qui exécute les travaux doit les déclarer sur le téléservice, qu'ils se situent sur le domaine public ou privé. Orléans s'est lancé dans l'inventaire de ses réseaux via le téléservice. Par ailleurs, un autre décret permet d'appliquer une disposition du

Grenelle 2 prévoyant la description détaillée des réseaux d'eau et d'assainissement. But : réduire les fuites. Il s'agit du décret n° 2012-97 du 27 janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction des pertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable. Ce document prévoit que le descriptif doit être effectif au 31 décembre 2013 et mis à jour chaque année. Il fixe des seuils de perte d'eau à ne pas

dépasser dans le réseau de distribution. S'ils le sont, les propriétaires des réseaux doivent engager un plan d'actions et de travaux ou accepter une hausse de la redevance pour prélèvement sur la ressource en eau. Le descriptif comprend le plan des réseaux avec localisation des points de mesures, et un inventaire avec les linéaires, catégories d'ouvrage, informations cartographiques, matériaux, diamètres. ■

NOTRE ENGAGEMENT, LE DÉTAIL QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

L'équipe UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

est la réponse de MAPEI aux exigences de tous ceux qui travaillent pour les Travaux souterrains.

- ✓ C'est le fruit de la recherche, l'aboutissement d'une gamme complète de produits spécifiques.
- ✓ UTT c'est la disponibilité et l'implication d'une équipe de professionnels.
- ✓ Parce que c'est l'engagement qui fait la différence, l'équipe MAPEI UTT vous suivra sur tous vos projets.



Pour
+ d'infos :

utt

UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

MAPEI www.utt-mapei.com

AUTOROUTE A7 : LAISSER PASSER ANGUILLES, LOUTRES ET CASTORS



À gauche, le long de la passe à poissons pavée de pierres et de plots, a été aménagée une banquette au sec pour les petits mammifères.

À l'époque de la construction de l'autoroute A7 (premier tronçon dans les années 1950), la protection de l'environnement était moins prioritaire qu'aujourd'hui. L'autoroute a été protégée des crues de la rivière Roubion (Drôme) par un seuil de 2,5 m de haut. Problème : anguilles, loutres, castors ne pouvaient pas le franchir. Une étude menée de 2009 à 2011 conjointement par Autoroutes du sud de la France (ASF), la Ligue de protection des oiseaux départementale (LPO 26) et le bureau d'études Naturalia le montre : ces espèces sont présentes en aval mais aucu-

nement en amont. Or, l'anguille, par exemple, doit remonter les fleuves européens pour sa croissance. Si cette étape manque, l'espèce décline. En janvier 2012, ASF a donc mis en service une passe à poissons et à petits mammifères, dans le cadre de sa démarche de requalification de son réseau en faveur de la biodiversité, démarrée en 2009. Le nouvel ouvrage construit par Berthouly TP comporte deux rampes successives séparées par un bassin de repos. Chaque rampe est tapissée de plots en béton et de blocs de pierre qui freinent la vitesse de l'eau

et favorisent le franchissement. Un petit chemin à sec a été aménagé en rive pour les espèces semi-aquatiques comme le castor et la loutre. La société d'autoroutes s'est entourée des conseils de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, de l'Agence de l'eau, d'associations, du Syndicat de rivière Jabron/Roubion, du bureau d'études Ginger environnement, etc. Le suivi de son utilisation par les espèces en question a été confié à la LPO 26.

→ Achat d'une terre à libellule

Par ailleurs, ASF a pris une mesure en faveur de la libellule « Agrion de Mercure » pour compenser l'élargissement de l'autoroute A9 entre Perpignan Nord et Sud (Pyrénées-orientales). La société a racheté un hectare de parcelles favorables à l'insecte situés à 10 km de là, en bordure de l'étang de Salses-Leucate, et elle s'engage à plusieurs actions en faveur de ce milieu sur cinq ans renouvelables. En décembre dernier, elle a élaboré un plan de gestion de cette petite libellule bleue par convention avec le Syndicat mixte Rivage, animateur des sites Natura 2000 du complexe lagunaire. Ce plan définit des objectifs de conservation de l'espèce ainsi qu'un suivi pour valider la compensation. ■

PASS'INNOVATION POUR CAPTEUR SOLAIRE

Tenesol vient d'obtenir un Pass'Innovation du CSTB pour son capteur photovoltaïque S-TE Integra Max, intégrable sur grande toiture. Cette évaluation permet à l'industriel de mettre en œuvre ses modules à haut rendement. Ceux qui l'utilisent disposent d'informations sur l'acceptabilité immédiate du produit accompagnée, éventuellement, de recommandations.

Le fabricant peut ainsi réunir des références qui serviront, éventuellement, à l'obtention d'un avis technique (AT). Il suffit de trois mois pour obtenir un pass contre dix-huit mois au moins pour l'AT. Le pass définit le procédé, analyse l'aptitude à l'emploi et fournit un rapport. Celui « note » le dispositif par un feu du vert au rouge selon que le risque est limité ou au contraire, non maîtrisé. La procédure est ensuite complétée par un suivi des chantiers.



© TENESOL

Ces capteurs conviennent aux grandes toitures.

GÉOTHERMIE HAUTE ÉNERGIE DANS LE BAS-RHIN

Le premier forage de l'installation géothermique à l'usine Roquette de Beinheim (Bas-Rhin) doit commencer ce printemps. L'industriel, spécialisé dans la transformation de matières premières végétales, devrait disposer, à partir de 2014, de 190 000 MWh par an de chaleur d'origine géothermique. Pour cela, deux forages vont être réalisés à grande profondeur (2 500 - 3 000 m) là où l'eau est à 170°C. Ils se situent à 15 km du site industriel car, sur place, il faut descendre à 6 000 m pour trouver la même ressource. L'eau est transportée dans une canalisation à deux parois séparées par du vide, ce qui fait perdre 3°C seulement. La centrale géothermique aura une puissance thermique de 24 MW, l'usine en requiert 100. Du gaz et de la biomasse complètent les besoins. Les puits vont permettre de remonter 70 litres/seconde à 160°C en entrée d'usine d'une eau qui sera valorisée directe-

ment en chaleur dans le processus industriel. La réalisation et l'exploitation de la centrale est confiée à Ecogi (Exploitation chaleur d'origine géothermique pour industrie), créée en mai 2011 par Roquette Frères (40%), Électricité de Strasbourg (40%) et Caisse des dépôts (20%). L'installation a été évaluée à 44 millions d'euros dont la moitié pour la canalisation de 15 km entre puits et usine. L'Agence de la maîtrise de l'énergie et de l'environnement apporte 25 millions d'euros et la région, 2 millions. L'installation est garantie par Saf Environnement pour le risque sur la source géothermale et la boucle de circulation, à court terme, et sur le maintien de la puissance disponible à son niveau de départ et en cas de défaillance de l'installation, pendant vingt ans. « L'eau en sortie de l'usine est encore à 70°C, ce qui pourrait servir

à chauffer des serres, par exemple, » a expliqué Fabrice Gourdelier, directeur général délégué d'Électricité de Strasbourg qui a présenté le projet lors des premières journées de la géothermie, en décembre 2011. ■



© ROQUETTE

L'usine du groupe Roquette à Beinheim (Bas-Rhin) sera alimentée en chaleur par de l'eau puisée à 170°C à 2 500 - 3 000 m sous terre.

LOGICIEL DE RÉSEAU INTELLIGENT

Les réseaux électriques reçoivent de l'électricité de plusieurs provenances dont, de plus en plus, celle issues d'énergies nouvelles renouvelables. Rapprocher besoins et offres devient une tâche complexe pour les fournisseurs et les courtiers en énergie. Les smart grids ou réseaux intelligents permettent de mieux rapprocher les deux par de la communication à double sens.

Dans ce domaine, Siemens et Atos proposent une solution conjointe de planification et de commercialisation de l'énergie. Il s'agit d'un logiciel basé sur JROS (Joint resource optimization and scheduler), l'outil de planification de la production de Siemens, et sur PTRS (Power trading and retail system) d'Atos dédié à la commercialisation de l'énergie et à la gestion des risques. Le JROS est un composant du système de contrôle de réseau Spectrum Power. Le PTRS est une plate-forme où peuvent être mis en place rapidement différents modèles de marché. Des interfaces d'échange standard relient les deux.

NOUVELLE AMBASSADE DE FRANCE EN CHINE



© ADG/PINCELLE HOEPE

L'air frais du jardin refroidit l'intérieur de la tour l'été grâce à une double façade.

La France dispose d'une toute nouvelle ambassade à Beijing (Chine) de 19 500 m² (Shon) inaugurée fin 2011 et qui a coûté 24 millions d'euros HT. Elle a été conçue par l'architecte Alain Sarfati (mandataire), suite à un concours en 2004. L'enclave française se situe à hauteur du 3^e boulevard périphérique, à Liangmaqiao sur la route de l'aéroport. Chancellerie, consulat et résidence en constituent trois côtés autour d'un jardin, le quatrième abritant serres et salles d'exposition. Une tour de services coiffe un angle. « Elle retombe sur sa face intérieure dans un voile nuageux de verre sérigraphié estompant les vis-à-vis, » précise la brochure de présentation. Le bâtiment est situé en zone sismique et inondable. Il répond à

la réglementation thermique française de 2000 et aux exigences réglementaires chinoises, écrites ou non. Les conditions climatiques sont très contrastées entre l'été et l'hiver. Il a été conçu avec l'aide de l'Institut du design chinois. Ginger Sechaud Bossuyt a

assuré notamment une mission thermique sur la double façade, et acoustique (maîtrise d'œuvre BET). Une partie de la façade est à double peau. En hiver, elle piège la chaleur du soleil qui profite alors aux espaces intérieurs. En été, un système de ventilation évacue l'air chaud et laisse entrer l'air frais en provenance du jardin. Des lames d'aluminium laissent passer ou non le rayonnement solaire selon un angle qui varie avec l'orientation de chaque paroi et la saison. La structure en acier, prévue suspendue au départ, a finalement été posée sur des semi-rotules afin de retransmettre le poids dans le sol.

« La géométrie de l'ouvrage structural est au service du verre, a expliqué Nicolas Godelet, architecte chez GeJianZhu. Il est constitué de tubes d'acier courbes à l'horizontale et de poteaux obliques de 89 mm de diamètre qui reprennent les charges et se terminent en pièce pleine époincée en rentrant au contact des appuis "semi-rotules". » ■

THÉÂTRE À ÉNERGIE POSITIVE

Ginger Sechaud Bossuyt, qui est intervenu sur l'Ambassade de France à Beijing en Chine (article ci-contre), va assurer la maîtrise d'œuvre de construction avec l'Atelier Novembre (architecte) du théâtre de Montereau (Seine-et-Marne). Les études de conception du théâtre-auditorium de 700 places se terminent en 2012 pour un équipement à livrer en décembre 2013. La commune a voulu un bâtiment à énergie positive.

NICE CONÇOIT SON STATIONNEMENT INTELLIGENT



© VILLE DE NICE

Les capteurs sur trottoir communiquent par wi-fi avec les horodateurs dont les données rejoignent une centrale par le réseau électrique.

À Nice, aux heures de pointe, 20% des véhicules qui circulent tournent à la recherche d'une place alors que 8% des emplacements en parking sont

vides. C'est défavorable au commerce, à l'environnement (bruit, pollution) et le public réclame toujours plus de parkings. La municipalité a donc établi un schéma global de stationnement (2011-2015) dont la mesure la plus novatrice est le stationnement intelligent. Le système a été conçu par Stationnement urbain développement et études (Sude), filiale de la Société d'économie mixte intercommunale pour l'amélioration de la circulation et du stationnement (Semiacs) appartenant à Nice et Cagnes-sur-mer.

En janvier 2012, 100 places sur la chaussée ont été équipées d'un capteur magnétique (sensible à la présence du métal). En juin, 900 places du quartier Notre-Dame de Nice seront reliées au

système par un capteur enchâssé dans le trottoir (trou de 12 cm d'un diamètre de 8-10 cm). Celui-ci est relié par wi-fi à un horodateur nouvelle génération qui relaie à son tour les données à une centrale en empruntant le câblage électrique (contrat avec ERDF). Si l'expérimentation réussit, 10 000 places entreront dans le dispositif en 2014. Si vous laissez votre voiture sans vous manifester à l'horodateur ou par votre portable, le système repère qu'il y a une occupation sans signalment et en informe les agents de contrôle sur leur terminal. Ceux-ci peuvent émettre un procès-verbal électronique après vérification sur le terrain. Au lieu de parcourir les rues à la recherche des contrevenants, ils vont directement au

but. En traditionnel, le stationnement payant coûte plus qu'il ne rapporte. Avec ce nouveau système, Nice compte rentrer dans ses frais en deux-trois ans. Le système revient à 5 millions d'euros pour 10 000 places si on enlève les 7-8 millions imputables aux 800 horodateurs que la ville devait de toutes façons renouveler. Les conducteurs en tirent aussi un avantage : ils ne paient que le temps réel consommé. Pour réaliser le système, Sude a fait appel à des sociétés européennes qui ont travaillé sur cahier des charges. Il s'agit notamment d'Urbiotica (capteurs, Espagne), Inqbarna (interface base de données/smartphone, Espagne), Ensto (horodateurs multi-usages, Finlande), etc. ■

ENFIN UN COMPACTEUR SUR
PNEUS VRAIMENT INNOVANT !



Close to
our customers

GRW 280

- Visibilité parfaite
- Poste de conduite ergonomique
- Cinématique performante
- Lestage modulable



ROAD AND MINERAL TECHNOLOGIES



WIRTGEN FRANCE

7, rue Marc Seguin · BP 31633 · 95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 · Fax : 01 30 18 15 49
e-mail : contact@wirtgen.fr · www.wirtgen.fr

LE ZINC-TITANE ADOUCIT LES FORMES DES BÂTIMENTS

Le zinc-titane peut servir de mur et de toiture en même temps, notamment quand il arbore des formes courbes comme sur deux réalisations récentes à Nanterre (Hauts-de-Seine) et à Clarensac (Gard). Un auditorium de 200 places a été logé sous la verrière de l'immeuble de bureaux Le Capitole et au cœur de celui-ci. Espace aveugle, il ressemble à la carapace d'un animal dont les écailles seraient en métal gris clair. « La salle de réunions a progressivement pris la forme d'un œuf, » explique Xavier Juhel du studio d'architecture Jean-Jacques Ory. « Ni dôme, ni ogive, la forme représente à elle seule une performance, souligne l'entreprise de couverture C2IP qui l'a réalisée. Comment faire tourner les écailles pour un résultat esthétique irréprochable ? » Le zinc-titane, matériau résistant et sans entretien, a été fourni par Rheinzink. La conception de cette carapace a demandé deux cent cinquante heures. « Il a fallu diviser l'œuf en portions verticales pour tracer chaque bardeau et veiller à obtenir le moins de bardeaux



Auditorium sous verrière en forme de carapace en écailles de zinc.

possible de tailles différentes, » précise Jean-Pierre Lebureau, responsable Île-de-France de Rheinzink France. Pour éviter l'utilisation de petites sections de bardeaux à la base de l'œuf, le studio d'architecture a imaginé une ceinture qui fait le tour de la salle. Au total, 10 000 bardeaux agrafés en diagonale, posés sur ossature bois

supportent 8 tonnes de zinc. Dernière le métal, peut se loger tout type d'isolant. Le groupe scolaire de Clarensac, près de Nîmes (Gard), répond aux exigences du label BBC Effinergie. Le zinc-titane des parois courbes de la partie collège abrite 220 mm de ouate de cellulose sur ossature bois, en isolation par l'extérieur. La pose de

bardeaux à l'arrière des 700 m² de zinc sur une forme à la fois cintrée et droite selon les endroits, a été délicate et a occupé six personnes pendant quatre mois, d'après Éric Lecomte qui dirige Structures Bois Couverture. Ici, encore, le métal a été choisi dans sa teinte gris clair, assez douce, mais il existe aussi en prépatiné ardoise. ■

Sotres

Préparation des matériaux

Distributeur exclusif LAMEX - caviem - FILMAC

Traitement des sables

- Lavage Essorage Attrition
- Correction des courbes granulométriques
- Sables de verrerie et sables industriels

Traitement et recyclage des eaux

- Floculation Clarification
- Décantation

Concentration et pressage des boues

- Filtres Presse automatisés

Traitement des boues bentonitiques

- Installations complètes pour tunneliers
- Dessableurs pour fondations spéciales

Traitement des boues de curage

- Curage d'égouts et dragages de bassins

Traitement des matériaux recyclés

- Verre, résidus industriels, plastiques

Parc Européen des Entreprises, rue Richard Wagner 63200 RIOM - FRANCE
 tél: +33 (0)4 73 15 36 00 - fax: +33 (0)4 73 15 36 20 www.sotres.fr sotres@sotres.fr



Membre du Réseau Congés Intermédiaires ETP

CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS

Association agréée par arrêté ministériel du 6 avril 1937 - Déclarée en Préfecture sous le n° 124 662

Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

- assurer le service des congés payés auprès des salariés des Travaux Publics
- procéder au remboursement des indemnités de chômage-intempéries versées par les employeurs de la Profession.

La CNETP regroupe **7 200 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à plus de **277 000 salariés**.

Nos coordonnées :

· Par courrier :

31 rue Le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09

· Par Internet : www.cnetp.fr

· Par fax : 01.70.38.08.00

· Par téléphone :

- pour les entreprises : 01.70.38.07.70

- pour les salariés : 01.70.38.07.77

· Serveur vocal (24h/24) : 01.70.38.09.00



ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DES NAVIRES

Envisia est un système de traitement destiné à l'analyse des données d'identification automatique des navires en temps réel, développé par le Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Cetmef) en 2011.

Ces données réfèrent aux trajectoires de bateaux. Ce qui permet d'identifier les zones à fort trafic et ainsi d'évaluer le risque de collision ou d'échouement, et d'envisager, éventuellement, un meilleur balisage de certains secteurs. Le système facilite aussi l'identification

de zones littorales aménageables, ou propices à l'installation d'éoliennes en mer.

Ces informations sont collectées par le Cetmef à partir d'installations côtières ou des serveurs déployés par d'autres États en application des directives de l'Organisation mondiale internationale. L'image ci-contre synthétise les trajectoires de navires exploitées par Envisia sur quatre mois. Le tracé des côtes bretonnes ressort avec une intensité plus forte à l'approche

des ports. À noter, en haut à gauche, la route dite "rail d'Ouessant" ou autoroute des navires de commerce passant, au large de la Bretagne. Envisia pourra, d'ici à la fin de l'année, traiter en temps réel des données météorologiques ou hydrologiques provenant de capteurs déployés en mer, ce qui sert à enrichir les modèles de prévision et à suivre la qualité des eaux. ■



Exemple de trajectoires de navires compilées sur quatre mois au large de la Bretagne.

DÉSACTIVANT À BROSSER

Ce désactivant pour béton esthétique est approprié aux chantiers dits verts ou visant la haute qualité environnementale. Le Deco Brush est une émulsion qui s'élimine par brosse à sec, évitant les rejets d'eau chargée. Il génère des résidus solides d'environ 1,5 kg/m² là où avec un désactivant classique, il faut recourir à un jet haute pression qui peut engendrer une consommation d'eau de 20 litres/m², selon Chryso qui propose ce produit. Les résidus aspirés peuvent être réutilisés en fond de forme du coulage suivant. Si l'application d'un produit de protection s'avère nécessaire, un léger rinçage est alors préconisé.



Un engin brosse et aspire l'émulsion désactivante.

JST FLUVIALES ET MARITIMES EN JUIN

Les journées scientifiques et techniques du Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Cetmef) auront lieu du 26 au 28 juin à l'Université de technologie de Compiègne (Oise). Elles ont pour thèmes : recherche hydraulique et développement durable, aménagement et environnement maritimes et fluviaux, multimodalité et transport durable, et enfin, navires et bateaux du futur.

Rappelons que la 2^e édition des Assises Port du futur a eu lieu les 27 et 28 mars à Paris. Sujet : le port intégré dans le réseau de transport, le développement durable et l'intégration dans le territoire.

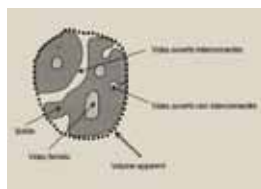
SOL PERMÉABLE EN BÉTON



© LAFARGE

Ce béton peut servir en sous-couche ou en revêtement.

Les sols artificiels en béton peuvent être perméables. Par exemple, Hydromedia est un béton drainant les eaux de pluie. Il présente un degré de porosité de 15 à 35%, ce qui engendre une absorption de 1 à 5 cm par seconde (norme NF P98-254-3, propriétés des bétons bitumineux drainants et évolution). Il s'emploie en sous-couche en remplacement d'une grave ciment ou en revêtement. Ce produit de Lafarge a une résistance en flexion de 0,5 à 2 MPa. La perméabilité est répartie sur toute la surface. Les concepteurs ont travaillé le squelette granulaire et la rhéologie de la pâte afin que celle-ci enrobe et lie les agrégats entre eux tout en ménageant des vides interconnectés qui laisseront s'écouler l'eau entre eux puis vers l'extérieur. Ce type de produit évite d'avoir à payer la taxe sur les sols imperméabilisés.



© LAFARGE

Des vides se créent ici et là, laissant passer l'eau.

VÉGÉTALISER LES TOITURES ET LES ENTRETENIR

L'offre de dispositifs retenant les eaux de pluie à la parcelle s'étoffe. Ils permettent de ne pas avoir à payer la taxe sur les sols imperméabilisés (décret n°2011-815 du 6 juillet 2011 relatif à la taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines). Les toitures végétalisées tempèrent les volumes d'eau à absorber par les réseaux d'évacuation et ont un effet bénéfique sur le climat intérieur des immeubles ainsi recouverts. Plusieurs sociétés qui les fournissent, mettent l'accent sur le nécessaire entretien voire l'arrosage de ces surfaces. Les fabricants de complexes d'étanchéité sont souvent à l'origine de ces solutions, seuls ou en association avec d'autres entreprises. Ainsi, Siplast a instauré des partenariats avec des paysagistes car « les systèmes de végétalisation extensive nécessitent un entretien », écrit-il. Ainsi, conservent-ils leur qualité esthétique. » Siplast travaille sur l'esthétique des toitures végétalisées. Avec des experts réunis dans le réseau Exavert, Il propose le procédé Graviland Expert qui comprend l'étanchéité et la végétalisation. Cette dernière se décline en quatre familles de graminées vivaces et petits ligneux adaptées aux climats régionaux : océanique, méditerranéen, continental et montagnoux. La bonne santé de cette végétation doit être surveillée afin de maintenir la capacité de rétention d'eau d'une telle toiture et son apparence. Avec Gravitech, capteurs et sondes reliés à un terminal informatique déclen-



© SIPLAST

Les plantations sont adaptées à la région.

chent l'arrosage ou la fertilisation quand nécessaire. Sika propose le concept Grünbox et s'allie avec l'architecte Patrick Stefan Rheinert qui incorpore les toitures végétalisées aux espaces naturels dont des potagers suspendus de ses bâtiments à basse consommation. L'agence Rheinert expérimente plusieurs types de plantation et modes d'arrosage en suivant le comportement dans le temps des végétaux, leur besoin en eau, les qualités thermiques et acoustiques de telles toitures. Soprema, à travers Sopranature, a pensé à la rapidité de pose des caissons de végétaux en toiture. Sa Toundra'box se présente sous forme de caissettes légères pré-cultivées dont les ridelles se retirent une fois posées mais sont réutilisables. Ainsi, le sol peut-il

comporter plusieurs espèces de plantes et être plus attrayant. Le produit existe sans socle sur les supports acier ou bois et avec, sur le béton. Cette toiture retient l'eau dans la lame d'air ménagée dans le socle de chaque caissette et bien sûr, par les plantes elles-mêmes. La Toundra'box convient sur surface plane ou en pente, en neuf ou en rénovation. Il suffit d'une opération pour installer drain, filtre, substrat et plante, d'où une pose 1,5 fois plus rapide qu'avec les rouleaux pré-cultivés, selon Sopranature. Cette solution peut être complétée par un mur végétal constitué de caissons en aluminium (Modul' nature) fixés sur ossature métallique avec irrigation. Le Vivagreen fait office d'écran thermique et phonique, et aurait une incidence sur la qualité de l'air. Un contrat d'entretien est proposé. ■



© SOPRANATURE

Les murs végétaux complètent les effets thermiques des toitures plantées.



© SIKA

Un architecte suit le comportement, les qualités et les besoins du Grünbox.

MAÎTRISER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX D'UN SITE

Ce guide développe l'évaluation et la prévention des risques environnementaux d'un site. Il les décline en 45 fiches correspondant à des grands domaines tels que le stockage et transfert de liquide ou de

gaz, les émissions dans l'air, les rejets d'effluents, les déchets, les nuisances sonores, les sols, les eaux de surface, les espaces naturels protégés, etc. Il permet d'identifier les sources, de caractériser les atteintes possibles à

l'environnement, de hiérarchiser les risques et de préconiser des mesures de prévention. Il est rédigé par un groupe de ré-assureurs.

www.cnpp.com ■



SOLUTIONS DOUCES POUR L'AMÉNAGEMENT DES LACS ET COURS D'EAU

Aquaterra Solutions publie la deuxième édition, enrichie, de son guide des solutions douces pour l'aménagement des lacs et des cours d'eau dont l'épuration à l'aide de végétaux.

Cet ouvrage pratique présente sur 400 pages illustrées, des techniques végétales, des retours d'expériences, coupes types, modèles de cahier des charges, fiches techniques, glossaire, conseils de mise en œuvre.

Il est rédigé par cinq experts européens du génie végétal et supervisé par des spécialistes du génie biologique.

www.aquaterra-solutions.fr ■



RÉPARATION ET RENFORCEMENT PAR ARMATURES ADDITIONNELLES

Le guide Fabem 7 édité par le Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement de structure (Stres) porte sur les armatures passives additionnelles. Il s'adresse à ceux qui doivent remplacer des armatures de béton armé existantes ou en ajouter, à l'intérieur ou à l'extérieur du matériau. L'ouvrage téléchargeable sur internet (329 pages) propose la mise en œuvre d'armatures en acier ou en composite dans la pièce après avoir réalisé une

saignée pour atteindre l'endroit défectueux, ou autour de la pièce et liées à celle-ci. Il aborde également la pose de plaques ou de tissus collés à l'extérieur. Bien qu'une autre technique tombe en désuétude, celle des tôles et plats collés, le guide la traite afin de pouvoir procéder à leur entretien, le cas échéant. En revanche, il exclut les plats boulonnés dont les règles de l'art n'ont jamais été officialisées.

www.stres.org ■

MIEUX CONNAÎTRE LES ENDUITS DE TERRE CRUE

Cet ouvrage sur les enduits de terre crue développe toutes les techniques pour les réaliser en précisant comment choisir la terre, les mélanges, les teintes, et les mettre en œuvre (dosage, supports, finitions, décoration). Ces enduits sont connus pour leurs qualités : peu d'impact environnemental,

confort thermique, bonne gestion de l'humidité dans les murs, absorption du bruit, etc. Ce savoir-faire est communiqué par des artisans à l'auteur, journaliste-photographe, qui a écrit d'autres ouvrages sur les rénovations écologiques.

Éditions Terre vivante ■

G-OCTOPUS

ESSAIS DE CHARGEMENT DYNAMIQUE DE PIEUX

ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE DE FONDATIONS

www.g-octopus.com - Tél. : +33 01 47 32 48 30

INTERMAT
16 - 21 Avril 2012
Paris Nord Villepinte - FRANCE

RETROUVEZ-NOUS

HALL
STAND E2
A12

1 TP

ONE-TP.COM



ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TRAVAUX PUBLICS



One-TP - 1 Place du 8 Mai 1945 - 60119 Neuville Bosc
Tél. : 01 30 37 06 26 - Fax : 01 34 40 01 44 - GSM : 06 23 15 64 15
E-mail : contact@one-tp.com - Site : www.one-tp.com

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 16 AU 21 AVRIL

Intermat

Exposition internationale de matériel et techniques pour les industries de la construction et des matériaux

Lieu : Paris Nord-Villepinte

www.intermat.fr

• 17 ET 18 AVRIL

1^{er} Sommet européen de la biodiversité

Lieu : Stuttgart (Allemagne)

www.summit.business-biodiversity.eu

• 7 AU 9 MAI

Applications multidisciplinaires de l'ingénierie des structures

Lieu : Le Caire (Egypte)

www.iabse-cairo2012.com

• 9 AU 11 MAI

Journées ouvrages d'art (RST)

Lieu : Sourdun (Seine-et-Marne)

www.afgc.asso.fr

• 29 MAI AU 1^{er} JUIN

Stratégies de modélisation pour des structures béton

Lieu : Aix-en-Provence

www.sscs2012.com

• 6 AU 8 JUIN

Carrefour international du bois

Lieu : Nantes

www.timbershow.com

• 6 AU 8 JUIN

Salon de la prescription

Lieu : Lyon (Cité internationale)

www.salondelaprescription.com

• 6 AU 8 JUIN

Aquibat Grand Est (BTP, environnement, énergies)

Lieu : Strasbourg

www.aquibat-grand-est.com

• 13 ET 14 JUIN

Recherche site pollués, bio-indicateurs et phytoremédiation

Lieu : Paris

www.ademe.fr

• 26 AU 28 JUIN

Journées scientifiques et techniques du Cetmef

Lieu : Compiègne (UTC)

www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr

FORMATIONS

• 16 ET 17 AVRIL

Qualité sanitaire des bâtiments

Lieu : Paris

www.formations.lemoniteur.fr

• 18 AVRIL

Méthodologie d'estimation et d'approche des coûts d'une construction

Lieu : Marseille

www.formations.lemoniteur.fr

• 2 ET 3 MAI

Bilan carbone appliqué aux infrastructures linéaires

Lieu : Paris

<http://pfe.enpc.fr>

• 14 AU 16 MAI

Connaissance du système nucléaire

Lieu : Paris

<http://pfe.enpc.fr>

• 21 AU 24 MAI

Expertise et dépollution de sites potentiellement pollués

Lieu : Limoges

www.oieau.org

• 23 ET 24 MAI

Anticiper et optimiser la gestion des déchets pour un projet de bâtiment

Lieu : Paris

<http://pfe.enpc.fr>

• 24 MAI

Épuration par filtres plantés de roseaux

Lieu : Paris

www.oieau.org

• 12 AU 14 JUIN

Concept BHNS : solutions, conditions du choix et de mise en œuvre

Lieu : Paris

<http://pfe.enpc.fr>

NOMINATIONS

ANR :

Pascale Briand succède à Jacqueline Lecourtier à la direction générale de l'Agence nationale de la recherche.

ANRU :

Jean-Paul Lapierre est promu directeur général adjoint de l'Agence nationale pour la rénovation urbaine. Il remplace Patrice Martin-Gousset.

EDF :

Jean-Louis Mathias prend la présidence d'EDF Energies nouvelles. Il succède à Pâris Mouratoglou, fondateur de cette filiale.

EGIS :

Frédéric Roques rejoint le groupe en tant que directeur général délégué d'Egis France Villes et transports. Frédéric Velter va diriger les activités maritimes et portuaires et Frédéric Beyneix

devient directeur des systèmes d'informations.

EIFFAGE CONSTRUCTION :

Olivier Genis, nouveau directeur général adjoint, devient également président administrateur délégué d'Eiffage Benelux.

IFSTTAR :

Jean-Yves Mérindol est nommé président du conseil scientifique de l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

MEDDTL :

Jérôme Peyrat devient directeur adjoint de cabinet de la ministre de l'Écologie.

MER :

Michel Aymeric remplace Jean-François Tallec à la tête du secrétariat général de la mer. Il était directeur du cabinet du ministre des transports.

Comment passer du concept de la sécurité ajoutée à la sécurité intégrée...

> L'ÉLÉMENT
> LA SOUS-STRUCTURE
> L'ANNEAU DE LEVAGE
> LE VERROUILLAGE AUTOMATIQUE SANS BROCHEL

INTER III
LE GOLD AWARDS INNOVATION AWARDS 2012
MALL 4-STAND K078

TOURÉCHAF

Nouvelle tour d'étalement à sécurité intégrée

Après avoir reçu le "TROPHÉE CRAMIF BTP 2011" pour sa nouvelle tour d'étalement : la TOURÉCHAF. Mills est à nouveau récompensée par le "GOLD AWARDS INNOVATION 2012" pour le premier prix de l'innovation. Les trophées seront remis pendant le salon Invtatour qui se tiendra du 14 au 21 avril 2012 à Paris Nord Villepinte. La Touréchal est innovante par le faible nombre d'éléments, leur légèreté et par sa simplicité d'utilisation en toute sécurité. L'élément principal, le cadre lesté est la conception tous les éléments de sécurité pour le montage et pour l'utilisation de la tour.

> 4 cadres identiques par niveau intégrant la sécurité, le verrouillage automatique sans broche et un anneau de levage.
> 1 plancher unique à trappes.
> Compatible avec notre système d'échafaudage.
> 6 tonnes par plateau.
> Conforme à la NT24 de la CRAMIF.

MILLS
Échafaudage - Escalier - Coffrage

Vous apporte des solutions
www.mills.fr

VENEZ LA DÉCOUVRIR SUR LE SALON INVTATOUR DANS LE HALL 4 SUR LE STAND K078



INTERMAT 2012

SOUS LE SIGNE D'UN ENVIRONNEMENT MIEUX PROTÉGÉ

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

DEUXIÈME SALON PROFESSIONNEL DANS LE SECTEUR DES MATÉRIELS POUR LA CONSTRUCTION EN EUROPE ET DANS LE MONDE, INTERMAT RASSEMBLE, TOUS LES TROIS ANS, LA TRÈS GRANDE MAJORITÉ DES CONSTRUCTEURS POUR CE SECTEUR AFIN DE PROMOUVOIR L'ÉMERGENCE DES NOUVELLES TECHNIQUES ET PROCÉDÉS DESTINÉS AUX ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS. L'ÉDITION 2012 EST PLACÉE SOUS LE SIGNE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, LEVIER DE LA COMPÉTITIVITÉ POUR L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION. LES INNOVATIONS ICI DÉCRITES ONT ÉTÉ POUR LA PLUPART PRÉSENTÉES LORS DES JOURNÉES PRÉ-INTERMAT MI-JANVIER 2012.

AMMANN OFFENSIVE EN COMPACTAGE



Le rouleau tandem Ammann AV 120 X.

A côté des postes d'enrobage qui en font le leader mondial, Ammann présente une véritable offensive dans le secteur du compactage, des modèles les plus légers aux plus lourds, notamment

avec une gamme inédite de tandems légers.

En effet, la série ARX de tandems légers Ammann (13 modèles de 1,5 à 4,5 t avec des largeurs de travail de 820 à 1 380 mm) remplacera à l'automne 2012 la série AVM-2.

Grâce à une nouvelle conception hydraulique couplée à des moteurs thermiques Yanmar dernière génération, les ARX bénéficient d'une efficacité nettement accrue, ce qui permet d'utiliser le moteur Diesel à des régimes très inférieurs, d'où une consommation de carburant et des émissions sonores réduites.

Le rouleau AV 120 X est un nouveau venu dans la famille des tandems articulés Ammann à articulation centrale pour le compactage des chantiers moyens routiers et autoroutiers. D'un poids de 11 050 kg, il est entraîné par un moteur Cummins Tier III et offre une largeur de compactage de 1 880 mm. Autre évolution à signaler dans la gamme des compacteurs à pneus : le modèle AP 240 H de 9 360 kg. Parmi ses innovations : une fonction arrêt/démarrage en douceur, le système de ballast « Easy Load » assurant un changement rapide du poids de la machine dans une plage comprise entre 10 et



Le rouleau tandem léger Ammann de la nouvelle série ARX.

24 tonnes ainsi qu'un nouveau concept d'entraînement avec système de fonctionnement optimisé intégré réduisant considérablement la consommation de carburant. ■

ATLAS COPCO TECHNOLOGIE « VERTE » POUR FILS ROUGES



Le rouleau vibrant monocylindre Dynapac 6000.

conomie d'énergie et productivité responsable sont les fils rouges du stand Atlas Copco. Des compresseurs aux équipements de forage en passant par les marteaux, les concasseurs et les matériels routiers...

l'objectif est le même : apporter un gain de productivité, au moindre coût d'exploitation, avec le moindre impact environnemental. Trois produits nouveaux ont la vedette : le rouleau vibrant CA6000D, les foreuses de surface et le groupe électrogène en container QAC 1250. À ne pas manquer également : le rouleau-concept CC900 E qui, s'il était commercialisé aujourd'hui, serait le premier compacteur de ce type au monde sans émissions de gaz d'échappement.

La cinquième génération de rouleaux vibrants monocylindre Dynapac CA5000, CA6000 et CA6500 joue

la carte de l'innovation responsable. En devenant les premiers rouleaux de ce type à adopter la motorisation transversale, les nouveaux CA créent une petite révolution en simplifiant la maintenance.

Lors de tests réalisés dans des conditions normales d'exploitation, dans cinq pays européens, la foreuse SmartROC T35/T40 a confirmé jusqu'à 50 % d'économie énergétique.

À la clé de cette performance : une nouvelle plate-forme qui régule automatiquement la quantité d'énergie requise pour certaines fonctions. Bénéfices dérivés : disponibilité accrue,



Le groupe électrogène Atlas Copco QAC 1250.

maintenance facilitée. Avec une puissance de 1 MW dans un container standard de 20 pieds, le groupe électrogène QAC 1250 est un véritable concentré d'énergie.

Démonstration du savoir-faire des ingénieurs d'Atlas Copco, le QAC 1250 réunit les partis pris technologiques les plus avancés pour offrir un groupe bifréquence de 1250 kVA/1 000 kW à 50 Hz (1 450 kVA/1 150 kW à 60 Hz). ■

BELL UN SECRET PRESQUE DÉVOILÉ

Le constructeur sud-africain Bell Equipment ne dévoilera son tout nouveau modèle qu'à l'ouverture du salon, une présentation qui s'annonce, selon lui, tout aussi décisive pour le créneau des tombereaux arti-

culés que le lancement par l'entreprise, en 2004, du tout premier 50 tonnes de série au monde. Il marquera le couronnement de 35 ans d'histoire dédiés à la conception et à la fabrication de tombereaux articulés et s'inscrira à la

pointe du respect de l'environnement, tout en restant fidèle au principe de base du constructeur : fournir à ses clients la solution leur assurant le coût à la tonne le plus bas, sans rien perdre de l'efficacité de la machine. ■



Le voile ne sera levé qu'à Intermat sur le nouveau tombereau articulé Bell.

BOMAG TROIS PREMIÈRES MONDIALES

Bomag (groupe Fayat) annonce trois premières mondiales : la fraiseuse à froid compacte BM600, deux rouleaux tandems de 4/5 t ainsi que le système de gestion BCM Net. Avec une largeur de travail de 60 cm, cette fraiseuse allie les avantages de la petite fraiseuse compacte BM 500/15 en matière de maniabilité, de polyvalence et de conception compacte, à un poids en charge de seulement 8 tonnes et une largeur de travail 20 % supérieure.

La fraiseuse compacte BM 600/15 est ainsi totalement unique. Aucune autre fraiseuse d'une largeur de travail de 60 cm ne dispose d'un poids aussi réduit. La nouvelle gamme de rouleaux tandem dans la classe de poids de 3,9 à 4,3 tonnes comprend trois modèles : BW 135 AD-5, BW 138 AD-5, et le rouleau combiné BW 138 AC-5.



La fraiseuse à froid compacte Bomag BM 600.

La série 5 affiche un design moderne associé à un puissant moteur Kubota. Elle convainc aussi grâce au Bomag Economizer, une technique de mesure intégrée, simple à appréhender, ainsi que par une vue panoramique parfaite et un poste de conduite ergonomique. Nouveauté de la série -5 : la qualité du compactage peut désormais être consultée sur l'écran du Bomag Economizer. Ce système de mesure permet un contrôle permanent de la progres-

sion du compactage grâce à son écran doté de diodes jaunes s'allumant progressivement en fonction de l'avancée. Le BCM Net est une contribution importante dans le cadre des contrôles qualité. En effet, tous les rouleaux prenant part au compactage sont reliés entre eux et fournissent leurs données de mesure individuelles aux autres, ainsi qu'à la direction des travaux. L'image globale du chantier est documentée en temps réel - une condition importante

pour garantir des standards de qualité élevés. Dotés d'un récepteur GPS et connectés entre eux via un réseau sans fil, les rouleaux tandem transmettent en permanence leur position, les valeurs de compactage et la température de l'asphalte au serveur. Les données sont mises à jour toutes les 5 secondes et le serveur renvoie la nouvelle « image » à tous les utilisateurs du réseau. ■



Le tandem vibrant combiné Bomag BX 138 AC-5.

BOBCAT 25 ANNÉES DE PELLES COMPACTES



Le chariot télescopique Bobcat TL470HF.

En 2012, Bobcat fête 25 années de présence sur le marché des pelles compactes. Il y a 25 ans, ce constructeur de chargeuses compactes - il en est le numéro 1 mondial - se lançait sur le marché des pelles compactes dans le but de se diversifier. La gamme comprend actuellement 13 modèles d'un poids

en ordre de marche allant de 1 à 8 tonnes, avec ou sans déport arrière. Bobcat présente par ailleurs un nouveau chariot télescopique qui vient compléter la gamme existante des modèles TL de nouvelle génération. Entraîné par un moteur diesel Perkins 1104D-E44TA de 97,5 kW (130 CV), le TL470HF offre plus de puissance et de

couple ainsi qu'une vitesse de pointe de 40 km/h. Grâce à un moteur plus puissant, il développe un couple nettement supérieur qui se traduit par des performances et une productivité accrues. Le TL470HF a une capacité de levage de 3,5 tonnes et une hauteur de levage de 7 mètres. ■

CASE 170 ANS AU SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS

En 2012, Case Construction Equipment fête ses 170 ans. La société présente plusieurs évolutions dans le domaine de pelles hydrauliques, des chargeuses-pelleteuses et des chargeuses sur

pneus ainsi que deux nouvelles machines à rayon court. Les deux pelles à rayon court CX145C SR et CX235C SR de la série C ont été développées et sont fabriquées au Japon. Équipées de moteur Isuzu Tier 4 Inte-



La pelle sur chenilles à rayon court Case CX 235 SR de 24,1 t.

rim, la CX235C SR de 24,1 t et le prototype de la CX145C SR de 14,3 t offrent un rendement énergétique supérieur de 17,5 % par rapport aux modèles précédents, ainsi que des temps de cycle 7 % plus rapides. ■

CATERPILLAR PREMIÈRE EUROPÉENNE POUR 20 MATÉRIELS



La chargeuse sur pneus Caterpillar 930K.

Caterpillar expose plus de 60 machines, dont 20 sont présentées pour la première fois en Europe de la mini-pelle 301.7D d'1,7 t – aux engins les plus lourds tel le tombereau rigide 775G de 110 tonnes. Au nombre des nouveautés :
→ Les chargeuses-pelleteuses 428 et 432 de la série F qui se démarquent par des performances de levage améliorées, ainsi que par une cinématique optimisée,

→ La série E des pelles hydrauliques (312 E, 320 E et 323 E aux normes d'émissions Stage IIIB dont les performances, la polyvalence et la conduite sont améliorées,
→ Le boteur sur chenilles D6T en évolution Stage IIIB,
→ Les chargeuses sur pneus 924, 930 et 938 série K,
→ En entrée de gamme, enfin, les mini pelles 301.7D et 302.4D font aussi leur première apparition à Paris. ■



Le boteur sur chenilles Caterpillar D6T.

DOOSAN TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES "VERTES"

La protection de l'environnement est une priorité pour Doosan qui considère les « technologies énergétiques vertes » comme un moteur de croissance pour l'avenir. Le groupe coréen lance plusieurs nouveaux produits répondant aux exigences des normes européennes en matière d'émissions. Ces machines



La pelle hydraulique Doosan DX 300 LC de 30/ 31 t.

Doosan présentent également des caractéristiques améliorant la productivité tout en réduisant la consommation de carburant. La DL200-3 est une chargeuse sur pneus nouvelle génération de 2 000 l. La DX180LC-3 de 18/20 t est la première des nouvelles pelles Doosan de taille moyenne conformes aux normes Phase IIIB.

Doosan lance également les nouvelles pelles sur chenilles DX300LC-3 de 30/31 t et DX340LC-3 de 35/36 t, conformes à la norme Stage IIIB. Leur rendement et leur production horaire sont supérieurs de 6 % et 17 % en moyenne, tous modes confondus, respectivement pour la DX300LC-3 et la DX340LC-3. ■

HITACHI 4 CRITÈRES PRIORITAIRES

Hitachi présente sa nouvelle gamme de pelles Zaxis-5 et, notamment les modèles ZX250LC-5, ZX290LC-5, ZX350LC-5 et ZX470LC-5 de 25 à 50 tonnes

sur lesquels plusieurs critères ont été pris en compte de façon prioritaire : durabilité, productivité, polyvalence et confort/sécurité. Les moteurs de ces pelles répondent aux normes IIB et la

conception générale des composants mécaniques et hydrauliques fait largement appel à l'informatique pour répondre à l'ensemble des critères ayant servi de base à leur développement. ■



La pelle hydraulique Hitachi Zaxis 350LC-5.

HYUNDAI PASSAGE À L'HYBRIDE AMORCÉ

À côté du passage en série 9A des pelles hydrauliques et des chargeuses sur pneus, Hyundai lance en première mondiale la R 1200-9, une machine de 120 t

destinée au secteur minier ainsi que son premier modèle de pelle hybride : la R220LC Hybrid. Cette machine de 22/25 t associe un moteur Diesel et un générateur électrique embarqué,



La chargeuse sur pneus Hyundai HL 760-9A.

avec stockage de l'énergie récupérée par le système de rotation, l'ensemble étant contrôlé par une unité hybride. Le résultat : 25 % d'économie de carburant. ■

JCB RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE ET ROBUSTESSE

JCB annonce une série de modifications majeures apportées à sa gamme de 23 pelles sur chenilles et sur pneus : outre une nouvelle cabine, certaines d'entre elles sont équipées de moteurs JCB Dieselmix et bénéficient d'une amélioration jusqu'à 24 % du rendement énergétique.

D'autres produits sont lancés à l'occasion du salon, tous placés sous le signe du rendement énergétique et de la robustesse : les chargeurs compacts monobras 135, 155 sur pneus et 150T sur chenilles de, respectivement



La chargeuse sur pneus JCB 457 de 250 ch.

612 kg, 703 kg et 680 kg de capacité opérationnelle, la mini-pelle 8026 CTS de 2,5/2,7 t, l'élévateur télescopique 550-80 de 5 t à 8 m, les tandems

vibrants VMT380 et VMT430, chacun disponible en deux largeurs de bille, enfin, la chargeuse sur pneus 457 équipée d'un moteur Tier 4 interim de

250 ch dont les performances sont supérieures de 16 % par rapport au modèle précédent 456 et sur laquelle de très nombreuses améliorations ont été apportées au niveau de la transmission, des essieux et du poste de conduite. ■



La pelle compacte JCB 8026 CTS.

KOMATSU UNE OFFRE ÉLARGIE EN TERRASSEMENT



Le tombereau articulé Komatsu HM300-3 de 28 t de charge utile.

l'un des centres d'intérêt du stand Komatsu (26 matériels exposés en motorisation Stage IIB) est la pelle hybride HB215LC-1, la seule pelle « verte » déjà à l'œuvre sur de nombreux chantiers dans le monde mais la vraie nouveauté est le tombereau articulé HM 300-3 de 28 t de charge utile. Parmi ses caractéristiques : moteur Stage IIB de 325 ch, vitesse de 58,6 km/h, système de contrôle de la traction KTCS, transmis-

sion à contrôle électronique K-Atoms entièrement automatique, caméra arrière, cabine entièrement redessinée, plus vaste et plus confortable. Parmi les autres matériels présentés pour la première fois, à signaler la pelle hydraulique PC700LC-8 de 65/67 t, le bouteur sur chenilles D65-EX de 22/23,8 t, les niveleuses GD555-5 et GD675-5 de 15,1 et 15,9 t qui constitue un élargissement de l'offre du constructeur sur le marché français. ■



La pelle hybride Komatsu HB215LC-1.

LIEBHERR AMÉLIORATION GLOBALE DES PERFORMANCES

Les nouveautés sont nombreuses chez Liebherr qui conserve la bonne habitude de les réserver aux salons professionnels avec deux premières mondiales : la pelle sur chenilles R 936 de 31 t et la génération niveau III B des grosses chargeuses sur pneus à transmission hydrostatique (L576 et L580) dont l'ensemble des performances a été amélioré.

Il en est de même de la gamme des pelles sur pneus avec l'arrivée de la A916 Litronic de 17/18 t qui préfigure l'évolution de tous les autres modèles. À signaler également le lancement de



La chargeuse sur pneus Liebherr L576.

la pelle sur chenilles R 950 SME (Super Mass Excavation) de 44 t, spécialement conçue pour une application en car-

rières. Autres nouveautés Liebherr : la centrale à béton Mobilmix 2.5 de 110 m³/h construite sur le principe des

conteneurs et la grue à montage rapide 65K d'une capacité de charge de 1 400 kg pour une portée de 40 m. ■



La pelle sur chenilles Liebherr R 950 SME (Super Mass Excavation) de 44 t.

MECALAC UNE MARQUE UNIQUE

Un des événements chez Mecalac, outre le lancement de la pelle polyvalente sur chenilles 10 MCR de 9 t et de la chargeuse à bras pivotant télescopique AS 900tele de 7 250 kg, est le passage à une marque

unique : désormais, le constructeur français des pelles Mecalac et des chargeuses Ahlmann distribuera toutes les gammes de ses produits exclusivement sous la marque Mecalac. En se concentrant sur une marque forte, le Groupe



Désormais, tous les produits Mecalac et Ahlmann s'appellent Mecalac.

Mecalac entend renforcer sa présence à l'international : la marque Mecalac est synonyme de machines de construction compacte proposant des processus de travail innovants grâce à une réelle polyvalence définie dès leur conception. ■

MICHELIN DES NOUVEAUTÉS MAJEURES



Le nouveau pneu Michelin XADN +.

Ce ne sont pas moins de trois nouveautés majeures en pneumatiques que Michelin présente en première mondiale : le pneu X-Crane+ pour les grues routières, le pneu XADN+ pour les tombereaux articulés et la gamme BibSteel de pneus compacts.

Le pneu X-Crane+, se distingue par trois bénéfices pour ses utilisateurs : il augmente la rentabilité grâce à sa plus grande durée de vie, il augmente le confort de l'opérateur et il se monte plus facilement sur la roue. Le pneu XADN+ permet d'améliorer la rentabilité des opérations grâce

à une durée de vie améliorée et une plus grande résistance des flancs aux agressions.

Quant à la gamme BibSteel, elle est constituée de deux pneus qui associent grande résistance aux agressions, robustesse de construction et grande durée de vie. ■

MONTABERT DES INVESTISSEMENTS PRODUCTIFS

Montabert aborde Intermat avec plusieurs produits inédits, conçus et fabriqués dans son usine de Saint-Priest, où il vient par ailleurs d'investir dans un nouveau parc de machines : un centre d'usinage de 1,5 millions d'€ en 2011, inauguré début février dernier et 4 machines de production en 2012,

d'un montant de 3,5 millions d'€. Le résultat : des produits nouveaux tels que le marteau V 3500, l'élargissement de la gamme Blue Line et un nouveau perforateur hydraulique pour travaux souterrains et carrières :
→ V 3500 : pour porteurs de 35 à 60 t, bi-vitesses, 320 l/min, 850 coups/min à 175 bars, outils de

175 mm de diamètres,
→ Blue Line : XL 1000 de 900 kg (70 à 120 l/min) pour porteurs de 11/17 t et XL 1300 de 1 250 kg (90 à 140 l/min), pour porteurs de 15/22 t,
→ HC 25 : perforateur hydraulique de 7,5 kW pour trous de 33 à 76 mm de diamètres, couple de rotation jusqu'à 320 Nm. ■



Le brise-roche Montabert V 3500 pour porteurs de 35 à 60 t.

NEW HOLLAND TIER 4 INTERIM INTÉGRAL FIN 2012

New Holland achèvera le renouvellement complet de ses gammes à la norme Tier 4 Interim d'ici la fin de l'année 2012. Intermat voit le lancement officiel du système télématique Smart Fleet ainsi que de plusieurs nouveaux modèles. Les chargeuses-pelleteuses B110C, B110C et B115C de 100 ch sont dotées de fonctions qui dynamisent la productivité des opérateurs même à 40 km/h, telles que le système Auto-Glide Ride (anti-rebonds). La gamme de chargeurs sur pneumatiques série C s'enrichit de deux modèles d'entrée de gamme : les W110C de 1,9 m³ et W130C de 2,4 m³ intègrent

un système de blocage différentiel automatique sur l'essieu avant et la technologie SCR-AdBlue New Holland qui respecte la norme Tier 4 Interim. La gamme de pelles sur chenilles série C s'élargit également avec l'introduction de deux modèles haut de gamme et de deux modèles d'entrée de gamme : E385C de 35 t, E485C de 48 t, d'une part, E175C de 19 t et E195C de 20 t, d'autre part. Enfin New Holland lance un nouveau chariot télescopique : LM625 de 2,5 t à 5,78 m avec une largeur et une hauteur hors tout de, respectivement, 1 800 mm et 1 910 mm pour travailler dans les espaces confinés. ■



La pelle hydraulique New Holland E385C de 35 t.

SATECO ERGONOMIE ET SÉCURITÉ SUR LES CHANTIERS

Acteur majeur sur le marché du bâtiment en France, Sateco conçoit, fabrique et commercialise depuis plus de 50 ans du matériel pour la mise en forme du béton (banches et préfabrication)

et la sécurité sur chantier (passerelles, podium...). Toujours à la pointe de l'innovation, Sateco propose deux nouveaux outils de coffrage : un bloc entretoise détensionneur (système breveté), dont la tige se retire avec aisance

après le coulage des voiles béton pour un gain de temps considérable, et un podium pour les cages d'ascenseur - PCA - qui assure plus de sécurité et une plus grande accessibilité pendant les travaux. ■



Le bloc entretoiseur détensionneur Sateco.

VOLVO CONCENTRÉ DE TECHNOLOGIES AVANCÉES



La chargeuse sur pneus Volvo LG 60G.

Sur un stand de 3 700 m², le groupe Volvo présente un véritable concentré de technologies avancées, de produits & ser-

vices ainsi que les nouveautés 2012, en l'occurrence, en avant-première mondiale, 12 machines inédites dont la commercialisation débutera dès le

1^{er} semestre 2012 :

- Parmi les matériels routiers : la nouvelle niveleuse G930B avec manipulateurs de direction sécurisée et le compacteur tandem DD 25W.
- La toute nouvelle gamme de chargeurs multifonctions MC 115C (sur pneus) et MCT145C (sur chenilles) de 610 kg à 1 450 kg de charge utile,
- Les chargeuses sur pneus L60G et L70G de 7 440 et 8 460 kg, L90G de 9 350 kg ainsi que la L250G conçue pour le travail au front de taille.
- Le tombereau articulé A40F Full Suspension avec système de pesage embarqué.

Volvo met également en évidence comment ces innovations peuvent avoir une influence sur la rentabilité des entreprises utilisatrices. Un exemple en est le système de pesage embarqué qui équipe les tombereaux articulés

série F Full Suspension. L'utilisation de capteurs de pression au niveau de la suspension permet le suivi de chaque chargement et une gestion totale de la charge utile, avec accès à diverses données, telles que la charge totale transportée, le nombre de tonnes transportées par litre de gazole et le nombre de cycles. ■



L'un des premiers chargeurs compacts « multifonctions » Volvo.

POUR UNE VISION PLUS OPTIMISTE ET FONCTIONNELLE DE LA BIODIVERSITÉ

POUR BEAUCOUP, DONT PATRICE VALANTIN, LA DÉFENSE DE LA BIODIVERSITÉ EST UN DÉFI ENCORE PLUS PRESSANT QUE LA LUTTE CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE. POURTANT, LES ENJEUX DE SA PROTECTION SONT MAL CONNUS ET ELLE EST ENCORE TROP SOUVENT PERÇUE COMME UNE CONTRAINTÉ DANS LES OUVRAGES DE TRAVAUX PUBLICS.

PATRICE VALANTIN DÉFEND UNE VISION PLUS OPTIMISTE ET FONCTIONNELLE DE LA BIODIVERSITÉ QU'IL MET EN OEUVRE DEPUIS DIX ANS AVEC SON ENTREPRISE DERVENN. PROPOS RECUEILLIS PAR MONA MOTTOT ET JEAN-THOMAS MUYL

PATRICE VALANTIN, UN ACTEUR ENGAGÉ POUR LA DÉFENSE DU BIEN COMMUN

Peu de choses dans le parcours de Patrice Valantin le prédestinaient a priori à un engagement en faveur de la biodiversité. Diplômé de St-Cyr, il a servi quinze ans comme officier, dont une bonne partie au sein de la Légion Étrangère, dans des unités opérationnelles. Revenu à la vie civile, il fonde l'entreprise Dervenn en 2002 (voir encadré), au sein de laquelle il espère tout d'abord pouvoir transmettre ses valeurs en permettant à des jeunes d'effectuer un service civique. Ce projet ne verra pas le jour avant 2012, mais Dervenn lui permettra de se former aux problématiques de biodiversité et de devenir, en quelques années à peine, un acteur qui compte par son engagement et sa singularité. Avec le franc-parler qui le caractérise, il explique que de l'armée au génie écologique, il a finalement toujours œuvré dans le même sens : la défense du bien commun, avec des outils et des armes différentes.

PATRICE VALANTIN
FONDATEUR ET DIRIGEANT DE DERVENN, PRÉSIDENT DE L'UNION PROFESSIONNELLE DE GÉNIE ÉCOLOGIQUE



© DR



Quelle est votre définition de la biodiversité ?

Le regard que nous portons sur la diversité est vraiment innovant et vise à remplacer l'approche par « espèces » qui prévaut encore aujourd'hui et qui se trouve complètement dépassée à nos yeux. En effet, pour la plupart des opérateurs, la biodiversité se réduit de nos jours à la simple préservation des espèces et milieux naturels rares, ou protégés par la Loi, et donc généralement considérée comme une contrainte. Or la biodiversité dépasse largement cette définition réductrice. La biodiversité c'est le tissu de la vie. Si l'on veut la protéger, c'est parce que c'est un capital indispensable, qui offre des services à la société, et qui est à la base même de notre économie. Cela donne une notion de la biodiversité beaucoup plus sereine, positive et fonctionnelle dans laquelle tous les acteurs peuvent se retrouver, opérateurs de travaux publics comme associations de défense de l'environnement. C'est un système dont nous faisons partie et que nous modifions comme d'autres espèces. Il faut que les perturbations dont nous sommes responsables soient compatibles avec la pérennité des services que la biodiversité nous offre, et donc la pérennité de ce capital. Cette notion de « services écosystémiques » est fondamentale dans notre démarche. Il est en effet indispensable de préserver la fonctionnalité des écosystèmes, car si nous les modifions de manière trop drastique, des services essentiels tels que l'épuration de l'eau, la lutte contre l'érosion ou la fixation du carbone risquent d'être dégradés, voire perdus.

À PROPOS DU FIPAN

Le Fonds d'Interventions Patrimoine Naturel (FIPAN) est un projet unique dont l'objectif est de mutualiser les moyens et créer des synergies pour des projets visant à préserver les écosystèmes et la biodiversité. Son action s'articule en deux temps. Tout d'abord repérer sur un territoire les richesses écologiques existantes ou potentielles puis, dans un second temps, les valoriser en orientant vers elles des flux financiers.

Cette valorisation s'effectue en impliquant les acteurs du territoire. Ainsi, un agriculteur pourra recevoir une assistance financière et technique pour entretenir une tourbière délaissée depuis des décennies car économiquement non rentable, mais qui a pourtant une valeur écologique très importante. Elle peut également passer par une compensation financière en échange d'une modification des pratiques agricoles afin de mieux préserver l'écosystème local.

Pour financer ces projets, le FIPAN vend des « actions-vie » d'une valeur de 100 € aux collectivités, entreprises et particuliers qui souhaitent aider à la préservation de la biodiversité sur leur propre territoire. L'achat par des entreprises d'actions-vie peut se faire dans le cadre de leurs engagements en termes de Responsabilité Sociale et Environnementale (RSE), mais aussi faire partie de leur budget de communication ou de mécénat.

L'exemple de la Bretagne illustre bien le rôle du FIPAN. Cette Région vit essentiellement grâce à sa biodiversité au travers de ses deux grandes industries : l'agro-alimentaire et le tourisme. Le problème des algues vertes, engendré en partie par des usages agricoles, entraîne des pertes très importantes pour l'industrie touristique. Les acteurs du territoire auraient donc tout intérêt à financer des pratiques agricoles différentes par l'intermédiaire du FIPAN, sans perte de revenu pour les agriculteurs, qui ont alors la charge de la maintenance de la disponibilité des services écosystémiques. C'est un système gagnant-gagnant.

**1- Aménagements piscicoles par enrochement.
2, 3 & 4- Reconstitution de berge en génie végétal.**

Dans le domaine des infrastructures, en quoi la phase chantier est-elle déterminante pour la préservation de la biodiversité ?

Elle est déterminante parce que c'est sur le chantier qu'a lieu l'impact. Au moment où s'engagent les travaux de réalisation de l'infrastructure, il est déjà trop tard pour commencer l'analyse d'impact. C'est en amont

du chantier, à la phase des études préalables, que la préservation doit avoir lieu, avant tout par l'évitement maximum, et pas seulement en aval du chantier, dans le cadre de la compensation : la conception des zones de stockage, les itinéraires de circulation d'engins, les captages d'eau, doivent en effet être pensés en intégrant la préservation de la biodiversité, bien avant le démarrage du chantier.

Alors comment réduire au maximum cet impact ?

Le point essentiel est d'abord l'information et la connaissance. Beaucoup de dégâts ont lieu en raison d'une connaissance insuffisante des espèces et du fonctionnement de l'écosystème. Aujourd'hui l'étude d'impact écologique fait état d'une liste d'espèces, mais n'impose pas une réflexion suffisante sur ce fonctionnement. Or, on se rend souvent compte que les pratiques agricoles, industrielles et domestiques de la zone créent déjà un impact majeur. Si l'ouvrage lui-même porte l'impact décisif, il n'en est pas forcément la cause principale. À l'opposé des idées reçues, cette réflexion en amont ne crée pas de contraintes supplémentaires. Bien au contraire, une analyse systémique et fonctionnelle offre beaucoup plus de chance d'avoir des résultats positifs et donc de préserver les espèces et l'écosystème dans sa globalité. De plus, en anticipant les risques et les réactions possibles de l'écosystème, il est probable de diminuer les coûts dans la suite du projet. C'est l'objectif du projet de norme génie écologique X10-GE : se poser les bonnes questions dans le bon ordre et ce, dès l'initiation du projet pour obtenir les meilleurs résultats possibles. ▶



3



4

Quel doit être le rôle de chacun des acteurs dans un écosystème donné ?

Ce qui est déterminant c'est de savoir pourquoi on travaille, pour quelle vision du territoire, et pour cela une phase de véritable concertation est nécessaire entre tous les acteurs. Si on a décidé de construire une route, il ne s'agit pas de remettre ce projet en cause mais de travailler sur les enjeux, sur ce que l'on gagne et ce que l'on perd : il faut d'abord se mettre d'accord sur les enjeux sociaux, écologiques et économiques, et ensuite arbitrer pour trouver des compromis. On va forcément détruire de la biodiversité.

Le mal principal n'est pas cette consommation mais le risque d'altération d'un capital naturel qui est la base de notre bien-être et qui ne peut plus se régénérer.

La véritable question est donc celle de la compatibilité de nos infrastructures avec les écosystèmes, car si ceux-ci ne fonctionnent plus, c'est l'humanité qui sera perdante.

Les infrastructures peuvent consommer du capital naturel ponctuellement mais permettre cependant aux écosystèmes de fonctionner, de se régénérer, d'évoluer et de se diversifier. Les critères d'arbitrage ne sont pas prédéfinis et doivent être discutés lors de la première phase de la concertation. La clé de voûte doit être la recherche du bien-être de l'humanité qui est de toute façon dépendante du bon fonctionnement des écosystèmes. Nous avons une communauté d'intérêt et une communauté de destin avec les autres espèces : si nos trajectoires ne sont pas cohérentes, nous sommes forcément perdants. Il faut avoir une vision à long terme.

DERVENN, ACTEUR DU GÉNIE ÉCOLOGIQUE

DERVENN est une entreprise spécialisée dans la réalisation de travaux de génie écologique. Fondée en 2002, elle est implantée au nord de Rennes en Bretagne et emploie aujourd'hui trente-deux personnes. Depuis 2004, elle dispose d'un bureau d'études proposant à ses clients des diagnostics et des plans de mise en oeuvre conformément à la démarche du génie écologique intégrée dans la future norme AFNOR X10GE. En 2010 a été créé un pôle conseil constitué de consultants chargés de réfléchir pour les entreprises à leur stratégie écologique et à l'évolution de leur modèle économique, pour le rendre plus compatible avec les écosystèmes, et anticiper les changements à venir.

À partir de septembre 2012, DERVERN accueillera des jeunes pour un service civique de six mois, pour favoriser leur intégration dans la vie professionnelle et plus généralement dans la société, tout en leur apportant une formation aux métiers du génie écologique.

Cette démarche illustre bien l'esprit de DERVERN qui, dans son processus de recrutement, privilégie le potentiel aux compétences, et que Patrice Valantin résume ainsi : « Chez DERVERN on recrute de BAC-8 à BAC+8 ».

Plus que tout, je pense qu'il faut œuvrer pour augmenter la probabilité de résilience du milieu.

Qu'entendez-vous par là ?

C'est la base du génie écologique. Les écosystèmes réagissent aux pressions quoiqu'il arrive, s'adaptent, se réorganisent, avec des conséquences positives ou négatives pour les espèces qui en dépendent. La résilience c'est la capacité qu'a la nature à cicatriser ses propres plaies. Quand il y a modification, il y a réaction de l'écosystème : soit pour revenir à un état proche de l'état initial, soit pour se transformer de façon plus fondamentale dans le cas où un seuil d'irréversibilité a été atteint. Il faut rester très humble : l'homme n'a pas la capacité de savoir ce qui est bon ou mauvais pour la nature.

On connaît à peine 10 % des espèces présentes sur terre et on ne connaît pas parfaitement le fonctionnement des écosystèmes. Il faut donc favoriser au maximum l'interrelation et la diversité des espèces pour conserver un équilibre dynamique, tel qu'il existe depuis 3,8 milliards d'années sur terre. Augmenter la probabilité de résilience, c'est donc se donner le maximum de chances de retrouver des habitats naturels fonctionnels et pour ce faire, il faut favoriser la diversité. C'est le but des opérations de génie écologique : favoriser les lieux de vie pour les populations vivantes – les habitats naturels – par des actions adaptées sur les écosystèmes. Les opérateurs du génie écologique optimisent les capacités de déplacement, de reproduction, d'alimentation et de protection des espèces, mais

ce sont les écosystèmes eux-mêmes qui font l'essentiel du travail par leur capacité résiliente.

Quelle est selon vous la bonne gouvernance territoriale ?

Avant tout, c'est la subsidiarité qui doit primer : la gouvernance doit être locale. La vision jacobine centralisée n'est pas du tout adaptée à nos problématiques. L'État doit bien sûr cadrer, établir des normes pour préciser ce qu'il ne faut pas faire, mais l'analyse des enjeux et des solutions à apporter dans la préservation d'un écosystème soulève par essence des questions locales qui nécessitent des réponses spécifiques, localement adaptées. Il faut donc créer une structure de gouvernance locale où tous les acteurs peuvent se retrouver, et qui soit capable de neutraliser les intérêts catégoriels au profit de la recherche du bien commun.

Parmi les associations spécialisées dans le génie écologique, quelles sont selon vous les plus importantes ?

Il est difficile de dire qu'une association est plus importante qu'une autre parce qu'elles ont toutes des vocations différentes. Il y a par exemple l'Association de Préfiguration de la Filière du Génie Écologique (APFGE) qui regroupe des réseaux de chercheurs et d'entreprises, et qui réfléchit sur les fondements du génie écologique. Il y a également des associations professionnelles comme l'Association Française des Ingénieurs Écologues (AFIE) qui regroupe les professionnels par métier, ainsi qu'un grand nombre d'associations dont la biodiversité représente le cœur de leur action, comme France Nature

© LAURE MAUD



5

© LAURE MAUD



6

Environnement (FNE, réseau de plus de 3 000 associations) par exemple. Et puis il y a l'association que j'ai créée il y a trois ans et que je préside, l'Union Professionnelle du Génie Écologique (UPGE). Elle regroupe des entreprises prestataires au service de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes, dans les secteurs de l'eau, de la construction, etc. Ces entreprises sont en lien avec le monde associatif, le monde de la recherche et d'autres prestataires de services, et ont pour objectif de structurer la filière pour répondre au mieux aux enjeux décrits plus haut. Cette structuration concerne toutes les phases d'un projet, des études préalables aux travaux d'exécution, en prenant en compte l'animation et la concertation. L'UPGE a aussi pour objectif de faire reconnaître la profession par les pouvoirs publics, ce qui est aujourd'hui le cas puisque nous avons un siège au Conseil de l'Orient Stratégique des Éco-Industries (COSEI), et nous avons en charge entre autres de réfléchir aux certifications et labels pour garantir la qualité et la meilleure offre de service aux maîtres d'ouvrage. Nous développons également des Centres de Coordination d'Expérimentation et d'Application du Génie Écologique (CCEAGE), des centres techniques coordonnés au niveau national qui mutualisent les retours d'expérience et proposent un encadrement technique pour les prestataires. On retrouve dans ces CCEAGE des maîtres d'ouvrage, les prestataires de service, le monde associatif, et les chercheurs. Cette pluralité permet une approche intégrant l'ensemble des sensibilités, non conflictuelle et neutre, avec comme objectif la préservation des écosystèmes.



Pouvez-vous nous présenter la norme X10-GE actuellement à l'étude ?

Ce projet de norme est né il y a trois ans, avec la prise de conscience de l'importance de la question de la biodiversité. Nous avons alors constaté un certain nombre de dérives de la part d'entreprises et de bureaux d'études du secteur de la Construction qui se sont auto-proclamés experts

en biodiversité. L'objectif de la norme n'est pas d'établir ce qu'il faut faire, mais d'imposer une procédure en partant d'un constat simple : si l'on se pose les bonnes questions dans le bon ordre, on a plus de chance d'aboutir aux bonnes réponses. Nous voulons donner la capacité au maître d'ouvrage qu'il soit public ou privé de discerner les prestataires de qualité des autres. La démarche définie par la norme

se décompose en plusieurs phases. Tout d'abord la phase de précadrage, qui établit une vision globale du territoire et des actions à mener. Cela permet de fournir au maître d'ouvrage une information lui permettant de faire ses arbitrages en toute connaissance de cause. Vient ensuite la phase clé d'inventaire qui doit s'effectuer sans a priori et de façon neutre. La norme stipule que les données récoltées dans le cadre de cet inventaire doivent être librement disponibles. Ce n'est qu'à l'issue de ces inventaires que vient la phase d'analyse visant à définir les enjeux, dont découlent pour chacun des objectifs puis des indicateurs. Après cette phase d'analyse, est mis en place un programme opérationnel qui donne les grandes orientations, fixe les objectifs de court et long terme, et définit des outils de suivi et de bilan. Cette décomposition enjeux-objectifs-indicateurs permet aux acteurs du projet de bien comprendre le sens des actions menées et donc d'être plus efficaces. □

5- Travaux en milieu aquatique.

6- Tracteur léger de débardage en zone naturelle.

7- Travaux forestiers en rivière.

8- Évacuation de rémanents sur site sensible avec quad et diable de débardage.

9- Restauration de zone humide par arrachage de ligneux.



© LAURE MAUD

LA BIODIVERSITÉ, UNE OPPORTUNITÉ POUR LES TRAVAUX PUBLICS

EIFFAGE A DÉCIDÉ D'ÊTRE ACTEUR DE LA PRÉSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ DANS SES MÉTIERS, AU LIEU DE SUBIR DES MESURES IMPOSÉES DE L'EXTÉRIEUR. CE QUI L'AMÈNE À S'ORGANISER, À FORMER LE PERSONNEL, À CRÉER DES OUTILS SPÉCIFIQUES, ET À S'INVESTIR DANS DES ACTIONS, PARFOIS INTERNATIONALES, POUR ÉCHANGER LES MEILLEURES PRATIQUES. ENTRETIEN AVEC VALÉRIE DAVID, DIRECTRICE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU GROUPE EIFFAGE.

Qu'est-ce qui a motivé le tournant donné à la stratégie biodiversité du groupe Eiffage à partir de 2008 ?

À l'origine de cette prise conscience relative aux enjeux de biodiversité, le projet de l'autoroute A65⁽¹⁾ qui s'est retrouvé, fin 2007, en plein Grenelle de l'environnement, en prise avec un fort activisme de différents lobbies anti-autoroutiers. Le coût des mesures de compensation en faveur de la biodiversité impactée par le projet – ie. les mesures visant à compenser les impacts résiduels sur la nature – s'est, après un travail de négociations et de réajustements des dites mesures durant près de 6 mois, avéré extrêmement lourd pour Eiffage et sans commune mesure avec ce que nous avions prévu, ni connu jusqu'alors. Ces mesures compensatoires ont en effet signifié une obligation de maîtrise foncière et de gestion écologique de 1 372 hectares de terrains à fort enjeu écologique, et ce pendant toute

la durée de la concession autoroutière, c'est-à-dire cinquante-cinq ans pour A'Liéonor, la filiale d'Eiffage en charge de cette infrastructure ! Sans compter près de 6 mois de retard dans le démarrage des travaux et des pertes financières conséquentes. Cette compensation d'une ampleur exceptionnelle comparée à l'emprise foncière que représente en elle-même l'autoroute (à peine 1 500 ha) visait sans doute aussi à décourager la construction de nouvelles autoroutes en France. Dès lors, la biodiversité est devenue une priorité stratégique d'Eiffage de la volonté même de Jean-François Roverato, alors P-DG du Groupe. Cette volonté s'est traduite par la mise en œuvre d'une politique structurée en matière d'identification et de préservation des enjeux liés à la biodiversité, enjeu stratégique qui entre pleinement dans la prévention et la maîtrise des risques pour l'entreprise. L'accent a été mis sur la montée en com-

pétences en matière de biodiversité, avec la création en 2009 d'une chaire d'entreprise avec l'Université de Paris I Panthéon Sorbonne. Mais la différence vient surtout d'une forte implication opérationnelle dans le cadre des appels d'offres relatifs à de tels projets d'infrastructure en interne,

mais aussi avec les parties prenantes externes, les associations et les ONG, le ministère, le milieu scientifique, etc.

Comment avez-vous alors mis en œuvre la stratégie biodiversité ?

Tout d'abord, nous avons formulé notre « credo » dans une première « Charte de la biodiversité » rédigée en mai 2009. Cette charte signée du P-DG est intégrée au règlement intérieur et consultable sur le site Internet du Groupe. Pour Eiffage, elle constitue un **engagement** de l'ordre de la *soft law*. Nous l'avons rédigée avec l'aide de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne, sur la base des dernières recommandations officielles en la matière, notamment celles du rapport de Monsieur Bernard Chevassus-au-Louis pour le Centre d'Analyse Stratégique, rapport intitulé « Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes »⁽²⁾. Depuis, nous lui avons adjoint une deuxième Charte portant sur l'eau

1- Le groupe s'est doté dès 2009 d'une charte biodiversité, complétée en 2011 d'une charte relative à l'eau et aux milieux aquatiques.

2- Reconstitution par génie écologique de méandres et de berges d'un ruisseau à proximité de l'autoroute A65.

© EIFFAGE

1



2



et les milieux aquatiques (mars 2011). En matière de **sensibilisation** du personnel, de nombreuses actions ont été menées. Par exemple, chez Eiffage Travaux Publics, ont été lancés des concours internes en 2010 sur la biodiversité et en 2011 sur l'« Eau et les milieux aquatiques », ce qui a permis de recenser les meilleures pratiques. Le succès a été immédiat, avec une participation large de tous les métiers. Des concours internes de photographies sur des thèmes liés à la nature sont également organisés avec succès auprès de l'ensemble du personnel, toutes branches confondues, depuis trois ans en écho aux thèmes de développement durable. Le concours 2012 est d'ailleurs consacré à l'Eau dans tous ses états, dans la foulée du Forum Mondial de l'eau qui vient de se tenir à Marseille (voir article page 8).

Comment soutenez-vous les idées remarquables ?

Un budget spécifique est dédié au cofinancement de projets « pilotes » relatifs à la biodiversité, c'est-à-dire des projets à la fois exemplaires et duplicables en la matière. Quelques exemples : Eiffage Construction Métallique dispose, dans son usine de Lauterbourg (Bas-Rhin), d'un site de forêt alluviale de 47 hectares avec des zones humides remarquables. Un partenariat avec la Ligue régionale de protection des oiseaux (LPO) a été monté afin d'y recenser les espèces faune et flore présentes, d'y mener des actions de gestion de la nature et d'y construire des observatoires. Autre exemple de projet « pilote » : en 2011, la conception-construction sur l'autoroute A65 d'un « chiroptoduc » (ie. ouvrage de franchissement

DIPLÔME BIODIVERSITÉ ET TERRITOIRE EN 2012-2013

Le diplôme Bioterre - Biodiversité et territoire - va être proposé en 2012-2013 par l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Ce Master 2 offre un parcours de recherche ou professionnel, ou une combinaison des deux. Il est ouvert à des étudiants et à des salariés, en formation initiale, continue ou en apprentissage (après habilitation par la Région Île-de-France). C'est une nouvelle étape de l'enseignement mis en place à l'initiative du groupe Eiffage sur la biodiversité, l'environnement et les grandes infrastructures. En 2009, le groupe signe une convention de mécénat et de prestation avec l'université pour créer une chaire d'entreprise et un diplôme de niveau Master 1 destiné en partie à la formation de son personnel. La première session s'est tenue en 2011-2012 dans le cadre d'un partenariat avec le ministère de l'Enseignement et de la Recherche*. Le Master 2 est en attente de l'aval du ministère. La chaire d'Eiffage a été distinguée par deux fois. Elle a obtenu le prix Innovation et recherche AEF Universités entreprises en mai 2011, et celui du lancement du master de l'année 2011 du cabinet SMBG-Eduniversal en mars 2011.

* Selon les possibilités données par la loi relative aux libertés et responsabilités des universités, n°2007-1199 du 10 août 2007.

3- Le groupe a adopté une vision systémique de la biodiversité plutôt que de se limiter à la stricte protection d'une espèce, ce qu'il doit néanmoins aussi prendre en compte.

4- Le fonds documentaire rassemblé par Eiffage sur la biodiversité est proposé au Museum d'histoire naturelle.

de l'autoroute spécifiquement dédié aux traversées de chauves-souris) innovant et particulièrement adapté au comportement de vol du Grand Rhinolophe, dont l'autoroute interrompt un couloir de déplacements.

Vous avez créé un diplôme de formation spécifique à la biodiversité.

C'est l'un des fondements de la stratégie d'Eiffage en la matière. Nous avons en effet créé une chaire d'entreprise à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, en 2010 (cf. encadré) avec le diplôme « Biodiversité, environnement et grandes infrastructures » (Begi), devenu Master 2 Pro depuis. Il est exceptionnel d'avoir un programme construit à la fois par des opérationnels et par

des universitaires, et d'accueillir un triple public composé d'apprentis, d'étudiants en formation initiale et de salariés en formation continue (salariés d'Eiffage en l'occurrence). Le financement dédié est de 150 k€ par an, et ce y compris le financement de thèses de doctorat.

Comment votre "engagement" se concrétise-t-il dans le cadre des appels d'offres ?

L'engagement dans l'opérationnel n'est pas simple. La direction générale du Groupe avait décidé que la direction du développement durable serait impliquée dans les appels d'offres « stratégiques », ceux concernant les grands projets vitaux pour le Groupe. Début 2011, la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Bretagne Pays-de-la-Loire entre Le Mans et Rennes (182 km) a ainsi bénéficié d'innovations en matière de développement durable, comme l'approche globale de la biodiversité remarquable ou ordinaire, grâce à une collaboration avec des sachants comme l'Office national des forêts (ONF) ou encore Patrice Valantin de la société Dervenn, spécialiste en génie écologique et pionnier de la préservation des services écosystémiques (voir interview page 30). Dès février 2011, notre Client, Réseau Ferré de France (RFF), qualifiait notre offre de « mieux disante » sur les aspects environnementaux. Un an après, à l'issue de nombreux inventaires naturalistes et études sur la biodiversité, nous avons présenté au Conseil national pour la protection de la nature (CNP) notre programme de compensation des impacts sur la biodiversité dans le respect du triptyque réglementaire « Éviter – réduire – compenser ». ►

© EIFFAGE

© EIFFAGE



Nous avons également appliqué une approche globale et commune pour les dispositions liées aux trois autorisations environnementales majeures (la loi sur l'eau, le code forestier et la réglementation sur les espèces protégées) afin que l'on ne segmente pas des actions dont le bénéfice pouvait être intensifié si elles étaient conçues de manière globale et fongible. Près de 4 ans après l'épisode de l'A65, l'enjeu était de taille, mais nous avons obtenu un avis favorable dès le 1^{er} passage devant cette instance importante. L'impact des mesures que nous prenons en compte peut s'étendre sur des décennies. De fait, il nous semble essentiel de protéger l'habitat naturel – par exemple – du papillon Cuivré des marais et ses fonctionnalités écologiques, afin que tout un cortège faunistique et floristique en bénéficie, plutôt que de se focaliser sur cette espèce isolée dont nous ignorons si elle sera toujours présente sur ce territoire précis dans dix ou vingt ans, notamment dans le contexte du changement climatique et de ses conséquences encore peu connues sur certaines espèces. Ce qui

ATLAS SUR LA BIODIVERSITÉ EN FRANCOPHONIE

Le groupe Eiffage a contribué financièrement et en temps passé, à l'Atlas Biodiversité de la francophonie, publié en 2010 par l'Union internationale pour la conservation de la nature et l'Organisation internationale de la francophonie, en vue du 20^e anniversaire en 2012 du Sommet de la terre de Rio.

L'ouvrage de 270 pages consacre deux pages à chacun des 70 pays membres ou observateurs de la francophonie. Ces fiches, au total 77 en comptant des zones spécifiques (Québec, Bruxelles-capitale, etc.), informent sur des territoires très divers : la France bien sûr, mais aussi l'Autriche, l'Arménie, la Guyane, le Maroc, le Vietnam, la République de Guinée, le Tchad, Djibouti, les Comores, etc.

La cartographie a été réalisée par deux étudiants du département géographie de l'université Paris 1, également étudiant dans la chaire BEGI. Eiffage est la seule entreprise française ayant participé à la confection de cet Atlas.

nous semble important, c'est d'avoir une approche globale de restauration des biotopes et de préservation des services écosystémiques, comme par exemple l'épuration naturelle de l'eau, un service absolument vital rendu gratuitement par la nature à l'être humain. Nous privilégions

5- Le fonds documentaire rassemblé par Eiffage sur la biodiversité proposé au Museum d'histoire naturelle.

donc une approche systémique de la biodiversité basée sur la résilience du milieu naturel, le respect des connexions/connectivités écologiques, les conditions d'amélioration ou de restauration de services écosystémiques, ce qui va déjà plus loin que la réglementation actuelle. Nous avons ainsi été récompensés avec la société DERVENN par le prix Entreprise et Environnement 2011 du ministère de l'Écologie en décembre dernier avec le projet FIPAN® « Bretagne – Pays-de-la-Loire » (fonds d'intervention pour le patrimoine naturel) portant sur les services écosystémiques en coopération avec certains agriculteurs de la région Bretagne. Aujourd'hui, nous sommes en effet dans cette période de transition où les deux visions cohabitent, où il faut à la fois respecter l'approche réglementaire sectorisée – la protection des espèces –, et en même temps, anticiper une vision « éco-systémique » pertinente pour une meilleure efficacité des actions environnementales dans la durée. Pour les entreprises, ce n'est pas toujours simple.



Quelle est votre méthode de travail en opérationnel ?

Nous avons d'abord créé une « *task force* » biodiversité avec deux jeunes ingénieurs en environnement entièrement dédiés à ces questions et dont l'un a suivi l'enseignement de la chaire BEGI. Nous avons mis au point un « pack » de prévention et de maîtrise du risque biodiversité, sorte de « guide de survie » interne à destination des opérationnels, et nous œuvrons pour que toutes les directions régionales, dans la pratique surtout celles de la branche Travaux Publics, puissent l'utiliser pour traiter les questions de biodiversité. Ce « pack » comprend une approche contextuelle (juridique surtout), une approche méthodologique et des fiches spécifiques par groupes d'espèces. Le principal intérêt de cette méthode, c'est qu'à chaque mise en œuvre concrète, elle fournit des retours d'expérience du terrain et enrichit le pack biodiversité.

Le pack biodiversité comprend un outil de calcul du coût de la compensation ?

Oui, mais ce qui est essentiel en matière de compensation écologique, c'est de l'anticiper. Très vite, nous avons compris que la compensation pouvait rimer avec « punition », ou « double peine ». Moins vous aurez été performant sur l'évitement et la réduction des impacts, plus vous aurez à compenser. Vue sous cet angle, la compensation est forcément un constat d'échec. L'intérêt de l'anticipation, c'est de recourir à une stratégie complexe qui relie les enjeux entre eux (enjeux hydrauliques, enjeux écologiques, etc.), et un savoir-faire technique pour éviter et minorer les impacts. Prenons l'exemple de la ligne TGV Bretagne Pays-de-la-Loire. RFF avait déjà fait un gros travail d'évitement d'impact pendant l'étude du tracé et aucune zone Natura 2000 n'était touchée. Dans un deuxième temps, Eiffage a pu affiner encore le tracé de sorte qu'il n'y ait plus qu'une seule Znieff⁽²⁾ affectée, dont le linéaire impacté a pu être in fine, à force d'études détaillées, divisé par 3. Ensuite vient un travail de dentellière pour éviter une mare, un bosquet, un ensemble de haies d'intérêt majeur pour tel ou tel insecte, etc. Ainsi, avons-nous des arguments déjà avérés à présenter devant le Conseil National de la Protection de la Nature qui réclame



6- La prise en compte de la biodiversité devient un enjeu concurrentiel.

à juste titre des programmes d'actions concrètes assorties de garanties. Nous présentons d'abord la démarche d'évitement, puis de réduction des impacts, et expliquons enfin notre évaluation des impacts résiduels et ce que nous proposons en matière de compensation biodiversité. Alors qu'auparavant, il était d'abord question de compensation. À notre sens, il faut permettre au CNPN, notamment en termes de temps et de moyens, de juger aussi du travail complexe réalisé en amont en stratégie d'évitement et de réduction des impacts. Par ailleurs, nous avons aussi créé un fonds documentaire dédié à la biodiversité qui rassemble pour le moment près de 200 études issues de marchés traités par EIFFAGE et

adossées à un moteur de recherche par localisation géographique ou bien par espèce faunistique et floristique.

Parallèlement, vous développez des partenariats en France et à l'international.

En effet, nous cherchons à faire émerger de nouveaux acteurs, locaux, régionaux ou nationaux de la gestion conservatoire de la biodiversité. Nous avons signé un accord-cadre de coopération avec l'Office National des Forêts en 2010, structure qui dispose de formidables compétences dont un réseau de plus de 200 naturalistes sur tout le territoire. Sur l'A65, A'Liéonor, la filiale d'Eiffage gestionnaire de l'autoroute travaille avec efficacité depuis 2007 avec CDC Biodiversité. Sur BPL, nous collaborons aussi avec succès avec la société Dervenn (Rennes). Au niveau international, nous nous sommes intéressés aux actions menées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), comme l'initiative « Countdown

2010 » (compte à rebours 2010 pour la biodiversité)⁽⁴⁾, engagement signé par Jean Guénard, alors Président d'Eiffage Travaux publics, sur le chantier de l'A65, ce qui a ouvert d'autres opportunités dans le monde associatif.

Quelles sont vos ambitions, aujourd'hui ?

J'aspire vers davantage d'homogénéité dans les pratiques au sein d'Eiffage. De vraies « poches d'excellence » existent sur ce sujet, il convient désormais de diffuser tous ces nouveaux savoir-faire dans toutes les entités du groupe. Avec les effets conjugués du soutien de la Direction Générale du Groupe, de nos efforts de formation, mais également de l'intérêt des jeunes recrues pour les enjeux environnementaux, nous espérons atteindre un « seuil critique » qui permettra d'enraciner dans tous nos projets la prise en compte opérationnelle systématique des enjeux liés à la biodiversité, au même titre que les enjeux du changement climatique. D'ailleurs, ces enjeux sont aujourd'hui en passe de devenir des atouts concurrentiels. Pour la pérennité des métiers des travaux publics, il est essentiel d'intégrer, dès la conception des infrastructures, c'est-à-dire le plus en amont possible, les études appropriées à la préservation de la biodiversité dans la durée. L'idéal serait d'arriver à la restauration des connectivités écologiques et des habitats et, qu'à l'issue d'un certain nombre d'années d'exploitation d'une infrastructure ou d'un équipement, la situation soit meilleure qu'avant sa réalisation. C'est ce qu'on pourrait appeler une « infrastructure à biodiversité positive ».

Concernant les infrastructures linéaires de conception déjà ancienne, il y a d'ailleurs certainement un potentiel d'activité dans une « mise aux normes biodiversité » (restauration de connectivités et de la transparence écologique), la préservation de la biodiversité devenant ainsi une opportunité pour les métiers du BTP. □

⁽¹⁾ **A65** : 150 km de Langon (Gironde) à Pau (Pyrénées-Atlantiques).

⁽²⁾ « Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes », avril 2009, Centre d'analyse stratégique.

⁽³⁾ **Znieff** : zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique.

⁽⁴⁾ **Countdown (compte à rebours)** : initiative internationale pour sauver la biodiversité pilotée par l'UICN.

HOBAS FRANCE

DE L'ASSAINISSEMENT À L'EAU POTABLE, LE PRV EN TOUTE POLYVALENCE

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

SPÉCIALITÉ DU GROUPE HOBAS, LE TUYAU EN POLYESTER RENFORCÉ DE FIBRES DE VERRE (PRV) EST UN PRODUIT HAUT DE GAMME SUR LE MARCHÉ DE L'ASSAINISSEMENT ET, DEPUIS PEU, SUR CELUI DE L'EAU POTABLE. LE PRÉSENT ARTICLE SOULIGNE LES PARTICULARITÉS ET LES AVANTAGES DES TUYAUX PRV, ET LA FACULTÉ D'ADAPTATION DE HOBAS FRANCE POUR RÉPONDRE SUR MESURE AUX DEMANDES DES ENTREPRISES.



Depuis le 1^{er} janvier 2012, Éric Albaret est le nouveau Directeur Général d'Hobas France. Il succède à Jean-Marie Joussin, Directeur Général de la société depuis sa création fin 1998. L'entreprise Hobas France est implantée à Osny, près de Cergy Pontoise.

Elle emploie 15 personnes et a réalisé ces dernières années un chiffre d'affaires annuel de 20 millions d'euros environ.

Cette filiale constitue une entité commerciale chargée de distribuer les différentes gammes de produits fabriqués par Hobas dans ses usines euro-

péennes, principalement en Allemagne et en Pologne mais aussi en Autriche et en Roumanie.

Son activité concerne la France, les DOM-TOM, l'Afrique du Nord, les pays d'Afrique francophone, le Belux (Bruxelles, Wallonie et Luxembourg) et, depuis mai 2012, le Québec.

ACCOMPAGNER LES ENTREPRISES

Mais Hobas France présente une spécificité : outre cette activité s'exerçant dans les territoires qui relèvent de sa compétence, elle suit également les entreprises françaises impliquées dans le domaine des travaux hydrauliques lorsque ces dernières réalisent des



2



3



4



5

1- Chantier STEP Grésillons 2 - pose en tranchée - DN600 et DN2800 - sur une longueur de plus de 2 000 m (Bouygues).

2- Arrivée d'un tube en PRV sur le chantier Grésillons 2.

3- Microtunnelier à Bezons sur un chantier de 375 m de longueur de CSM Bessac.

4 & 5- Chantier CREA au Mont Riboudet, en Seine Maritime, en plusieurs diamètres sur une longueur de 130 m.

chantiers à l'étranger, quelle que soit leur localisation dans le monde.

« Nous faisons beaucoup de préconisations au niveau des donneurs d'ordres et des consultants, indique Éric Albaret mais nous souhaitons aussi travailler au plus près des entreprises afin de les aider à proposer des solutions alternatives, notamment dans le cadre de marchés d'appels d'offres internationaux ».

DU SUR MESURE

La spécialité d'Hobas, ce sont les tuyaux en PRV (Polyester Renforcé de Fibres de Verre), dont elle est une compagnie leader dans la conception et la vente de systèmes de production clés en main, du diamètre 200 mm à 3 600 mm, dans les domaines variés que recouvrent l'assainissement urbain, l'alimentation en eau potable, les trans-

ports d'effluents spéciaux dans l'industrie et dans les mines (boues, résidus industriels...).

Ces produits constituent le haut de gamme du marché pour l'ensemble des applications.

Ils allient résistance mécanique élevée, résistance à la corrosion sans protection particulière comme c'est le cas pour certains autres matériaux tels que les conduites métalliques ou le béton, ainsi qu'une très grande facilité d'utilisation.

« Par exemple, dans le cadre d'une mise en œuvre au micro-tunnelier, précise Éric Albaret, ils permettent de faire des tirs plus longs, d'effectuer des mises en place en courbe, de s'adapter aux configurations et aux dimensions les plus complexes d'un chantier ».

C'est ainsi, qu'à partir d'une gamme de diamètres et de longueurs standards, Hobas est en mesure de répondre « sur mesure » à la demande particulière d'une entreprise.

« Notre valeur ajoutée se situe à deux niveaux, poursuit Éric Albaret. Concernant le produit lui-même, elle réside dans le fait que le produit est inerte à la corrosion. Concernant la mise en œuvre, lorsqu'on parle de tunnelier ou de micro-tunnelier, le module et la résistance mécanique des tuyaux Hobas permettent, à épaisseur équivalente, des poussées plus fortes et sur de plus grandes longueurs que des produits traditionnels en béton. Ils permettent, par ailleurs, de façonner des pièces particulières difficiles à obtenir avec d'autres matériaux ».

PRÉCONISATION À TOUS LES NIVEAUX

Pour conforter son offre technique et commerciale, Hobas France dispose en interne des capacités de dimensionnements mécaniques et hydrauliques qui lui permettent d'orienter le choix de ses clients vers les produits qui lui paraissent les mieux adaptés à un chantier spécifique, en tenant compte des matériels et des équipements dont ils disposent.

« Nous leur fournissons également des dimensionnements mécaniques pour garantir la pérennité des ouvrages, précise Éric Albaret, notamment au niveau des épaisseurs de tuyaux, en fonction des sollicitations extérieures, des hauteurs de nappe phréatique, par exemple, des profondeurs, de la nature du sous-sol. »

Hobas France fait aussi de la prescription auprès des maîtres d'ouvrage, des bureaux d'études et exploitants.

LES « PLUS » DU PRV

Comparés à d'autres produits de canalisations, les tuyaux PRV présentent plusieurs caractéristiques distinctives :

- Ils sont insensibles à toute forme d'attaque par les effluents couramment transportés (pH 1 à 10 en résine standard, totale insensibilité à l'H₂S...);
- Ils ne nécessitent aucune protection active ou passive vis-à-vis des agressions extérieures (UV, sols acides ou humides, courants vagabonds...);
- Ils sont particulièrement stables vis-à-vis des sollicitations mécaniques et thermiques;
- Ils sont faciles à installer et étanches à la pose.



6



7

Mais son domaine d'implication va bien au-delà de la simple préconisation : en effet, la société dispose de moyens humains et de compétences pour répondre à des demandes qui nécessitent une fabrication spéciale, tant pour le diamètre que pour l'épaisseur ou la longueur, ce qui est fréquemment le cas des chantiers de réhabilitation, en proposant des produits « sur mesure » destinés à être raccordés à des ouvrages existants.

« Nous fabriquons des systèmes de canalisations grâce à des technologies de pointe, et les commercialisons pour les différentes applications, poursuit Éric Albaret. Avec le service et le support que nous proposons sur les chantiers - du dimensionnement et tracé des canalisations avec notes de calculs, jusqu'au conseil à la mise en œuvre - nos produits ont été installés dans plus de 50 pays par différentes méthodes comme les tranchées ouvertes, le fonçage, le microtunneling, le retubage, et même en aérien. »

UN SYSTÈME, TROIS DOMAINES

Les tuyaux PRV Hobas sont fabriqués par le procédé de centrifugation. Trois matériaux de base sont utilisés : la résine comme liant, le verre comme renfort, le sable de quartz comme charges. La gamme actuelle produite s'étend du DN 150 au DN 3600 (aux USA DN 2700), PN 1 à PN 16, SN 5000 à 20000 pour pose en tranchée, SN 2500 à 1 000 000 pour applications sans tranchée.

6- Mise en place d'un tube PRV sur le chantier Adisseo de Commeny.

7 & 8- Chantier Adisseo à Commeny – sur des longueurs de 330 m (DN800 DS PN1 SN10000) et 90 m (DN500 DS PN1 SN10000).

Cette gamme sans tranchée connaît trois grands domaines d'application : PRV microtunnel, PRV Réhabilitation, coques préfabriquées PRV NC Line (jusqu'à des dimensions de 4 000 mm). Le premier domaine concerne les chantiers où il est nécessaire de mettre en œuvre des collecteurs ou des gaines sous voies ferrées, canaux, pistes d'aéroports, routes ou autoroutes sans interrompre la circulation ou gêner l'exploitation de ces ouvrages : dans ces configurations, les techniques de fonçage et microtunnelage sont fréquemment utilisées et les tubes en PRV apportent une réponse « haut de gamme » du fait de leurs propriétés. Le deuxième domaine est lié à la réhabilitation pour laquelle les tubes PRV apportent une solution rapide et efficace. En particulier, ils peuvent être mis



8

en œuvre sans dérivation des effluents. Le troisième domaine intéresse les cas de réhabilitation non circulaire totale ou partielle. Pour ces chantiers, Hobas a développé le système de coques préfabriquées NC Line pour assurer la réhabilitation de certains collecteurs. Ces ouvrages ovoïdes ou de forme quelconque peuvent être tubés par des panneaux préfabriqués sur mesure en PRV.

L'efficacité de la technique de tubage par coques est comparable à celle des tubes Hobas pour ouvrages circulaires. À noter que la mise en œuvre de cette technique s'accompagne généralement du maintien voire d'une amélioration de la capacité hydraulique, tandis qu'elle n'engendre que de faibles nuisances pour les riverains, le trafic routier et la continuité du service des eaux.



9



10



11



12

L'EAU POTABLE AUSSI

Un événement important est intervenu récemment dans la vie de la société.

Hobas France a obtenu en novembre 2011 l'ACS (Attestation de Conformité Sanitaire), c'est-à-dire l'autorisation de commercialiser ses produits pour les

travaux liés à l'eau potable ce qui va lui permettre de s'intéresser à un marché dont elle était jusque-là absente, puisque son champ d'activité était lié quasiment à 100 % aux ouvrages d'assainissement ou industriels.

À ce titre, elle va renforcer son équipe

de professionnels ayant une parfaite maîtrise technique de ce métier de façon à réaliser le même type de préconisation qu'elle propose déjà pour les chantiers d'assainissement. Compétence dont dispose d'ailleurs Éric Albaret puisqu'il a appartenu pré-

cedemment, pendant plus de 15 ans, à une entreprise spécialisée dans les travaux d'eau potable et dont l'activité concernait aussi bien la France que l'international.

Grâce à l'obtention de cette ACS, qui va ouvrir de nouveaux marchés, Hobas France pourrait à l'horizon 2015 réaliser ainsi 50 % de son chiffre d'affaires dans le secteur de l'eau potable.

Parallèlement, il souhaite aussi qu'Hobas France élabore plus encore que par le passé des offres permettant aux entreprises d'assainissement de proposer des solutions alternatives non seulement en France mais aussi à l'international, ce qui va entraîner le recrutement de professionnels rompus à ce métier.

Les perspectives de développement ne manquent donc pas, d'autant que le groupe est en train de développer à l'intention de la clientèle industrielle de nouveaux « liner », c'est-à-dire des revêtements intérieurs répondant à des sollicitations spécifiques, plus résistants et surtout bien adaptés au transport de produits abrasifs et corrosifs dans le domaine du marché minier.

Deux chiffres, pour conclure, qui soulignent l'importance du groupe sur le marché mondial. Au-delà de l'activité de la filiale française qui a mis en œuvre quelque 1 000 km posés depuis sa création en 1999, Hobas totalise plus de 75 000 kilomètres à son actif, un linéaire de tuyaux PRV déjà posés représentant quasiment deux fois le périmètre de la terre ! □

9- Coques NC Line, rue Gallait à Bruxelles, sur une longueur de 550 m (entreprise SODRAEP).

10- Retubage à Ettelbrück en SN10000 sur une longueur de 65 m.

11- Pièce spéciale sur un chantier à Floreffe en Belgique (DN2400, SN10000).

12- Chantier du Boulou en diamètres DN500 PN1 SN5000 et DN150 PN1 SN10000 sur des longueurs respectives de 408 m et 50 m.

RETOUR EN ARRIÈRE

Tout a commencé en 1957 dans l'usine textile Basler Stückfärberei à Bâle en Suisse. Les cylindres en bois, qui étaient utilisés pour teindre les fils des textiles, se déformaient sans cesse et s'abîmaient avec le temps, ce qui mettait en péril les coûteux textiles. Les ingénieurs de l'usine, à la recherche d'un nouveau procédé pour remplacer les vieux moules en bois, ont développé un système de cylindres obtenus par centrifugation, avec comme contrainte une surface externe absolument régulière et lisse, et faits à partir de résine polyester renforcé de fibres de verre (PRV).

À noter que les procédés de fabrication par enroulement filamentaire étaient déjà utilisés dans la construction navale, l'automobile et l'aéronautique mais ne permettaient pas d'obtenir le fini recherché.

La résistance à la corrosion et aux produits chimiques du PRV lui ouvraient la voie à d'autres applications. Les Suisses, connus pour leur esprit pionnier et inventif, ont réalisé les avantages qu'apportaient ces cylindres fabriqués par centrifugation pour le transport de l'eau.

Au début des années 70, la fabrication des tuyaux ayant acquis une part importante de l'activité de la société textile, la société suisse Armaver AG fut créée pour développer la production de tuyaux dans les diamètres 400 mm à 1 500 mm.

C'est à cette époque qu'est née la société Hobas Engineering destinée à diffuser dans le monde entier le procédé et le produit.

Aujourd'hui, Hobas est devenue une compagnie leader dans la conception et la vente de systèmes de production clés en main, la fabrication et la commercialisation des tubes centrifugés en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV).

STRUCTURES ALVÉOLAIRES ULTRA-LÉGÈRES (SAUL) POUR LE STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES : UN NOUVEAU RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE

AUTEURS : AURÉLIE GEROLIN, MEDDTL, CETE DE L'EST - NATHALIE LE NOUVEAU, MEDDTL, CERTU

LES PRINCIPES D'UNE GESTION DURABLE DES EAUX PLUVIALES, REPOSANT SUR UNE MAÎTRISE À LA SOURCE, S'IMPOSENT AUJOURD'HUI DANS LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT. LE CONTEXTE LOCAL PEUT CONDUIRE À RECOURIR À DES OUVRAGES DE STOCKAGE ENTERRÉS, PARTICULIÈREMENT EN ZONES URBAINES OÙ LE FONCIER EST RARE. L'ÉVALUATION DES MATÉRIAUX OU PRODUITS UTILISÉS EST ALORS UN PRÉALABLE INDISPENSABLE POUR GARANTIR LA BONNE CONCEPTION, LE BON FONCTIONNEMENT ET LA PÉRENNITÉ DE L'OUVRAGE. LA DÉMARCHÉ MENÉE SUR LES PRODUITS DE TYPE STRUCTURES ALVÉOLAIRES ULTRA-LÉGÈRES (SAUL), SUR LESQUELS UN RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE VIENT D'ÊTRE PUBLIÉ, EN EST UNE ILLUSTRATION.

UN MARCHÉ EN PLEIN DÉVELOPPEMENT

Différents matériaux peuvent être mis en œuvre pour la réalisation d'un ouvrage de stockage des eaux pluviales : canalisations sur-dimensionnées, graves non traitées, produits creux en béton, etc. Parmi eux, les Structures Alvéolaires Ultra-Légères (SAUL) sont des produits thermoplastiques présentant un taux de vide supérieur à 90% et destinés à être juxtaposés verticalement et/ou horizontalement pour créer un ouvrage enterré (photos 1 et 2). Développés initialement en techniques routières, ces produits ont vu leur marché croître depuis une dizaine d'années dans le domaine des eaux pluviales. De deux produits disponibles dans les années 1990, le marché est passé à plus d'une quinzaine de références aujourd'hui distribuée en France.

DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES À ACTUALISER ET HARMONISER

Cet accroissement et cette diversification de l'offre de SAUL ont appelé certains besoins pour les utilisateurs. C'est pourquoi la refonte du guide technique de 1998⁽¹⁾ a été réalisée. Cette nouvelle édition, qui a mobilisé des fabricants et des spécialistes d'organismes publics, vise à accompagner



© CETE DE L'EST



© NIDAPLAST

maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, entreprises de pose et futurs exploitants aux différentes étapes de la vie d'un ouvrage de gestion des eaux pluviales en SAUL (figure 3). Elle s'est appuyée sur des retours d'expériences et des travaux de recherche. La suite de l'article explicite certains apports du nouveau référentiel technique.

UNE APPROCHE INTÉGRÉE DES OUVRAGES EN SAUL

La révision du guide technique a permis de prendre en compte l'évolution des exigences en matière de gestion des eaux pluviales. Les principes d'une gestion à la source conduisent en effet maîtres d'ouvrages et aménageurs à

1- Mise en œuvre d'un ouvrage en SAUL sous chaussée.

2- Ouvrage d'infiltration en SAUL en aval d'une gouttière.

rechercher une limitation de l'imperméabilisation des sols et une prise en charge des eaux pluviales près de leur point de chute, en privilégiant l'infiltration lorsque cela est possible. Analyse du site, définition des besoins, orientations de gestion des eaux plu-

viales et exigences de dimensionnement adaptées : autant d'étapes essentielles que le guide décline dans la démarche d'étude associée (figure 4). Dans cette approche élargie, les produits de type SAUL apparaissent comme une solution technique intéressante en zones foncièrement contraintes, pour répondre aux exigences découlant de la Loi sur l'Eau (procédure de déclaration ou de demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement – Rubrique « Rejets d'eaux pluviales ») ou des réglementations locales définies par les collectivités en matière d'eaux pluviales (règlement d'assainissement, PLU, zonage pluvial, mise en œuvre de la taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines⁽²⁾).

UNE CLASSIFICATION DES PRODUITS

Considérant la diversité des produits aujourd'hui disponibles, une classification a été formalisée en fonction du fonctionnement hydraulique et des conditions d'exploitation et de maintenance des ouvrages associés. Ainsi quatre types de produits sont distingués selon la façon dont les eaux pluviales sont injectées et diffusées dans l'ouvrage : écoulement vertical, horizontal, tridimensionnel (figure 5). Ces caractéristiques peuvent également conduire à des spécifications particulières pour la mise en œuvre et la réception des ouvrages (ouvrages d'injection, points d'accès, diffuseurs ou canaux de diffusion le cas échéant).

UN CADRAGE POUR LA JUSTIFICATION DE LA TENUE MÉCANIQUE

La justification de la tenue mécanique d'un ouvrage en SAUL doit permettre de garantir :

→ Un fonctionnement satisfaisant de l'ouvrage pendant sa durée de vie contractuelle considérant les actions mécaniques appliquées (poids du remblai, charges d'exploitation statiques et dynamiques, poussée hydrostatique le cas échéant) ; pour cela, la justification intègre l'évolution prévisible des



3- Guide technique « Les Structures Alvéolaires Ultra-Légères (SAUL) pour la gestion des eaux pluviales » - Édition 2011.

4- Approche globale des prescriptions techniques.

5- Types de fonctionnement hydraulique d'une SAUL.

propriétés mécaniques (déformabilité et résistance) des produits sur cette période (fluage) ;

→ Des modalités de mise en œuvre de l'ouvrage compatibles avec les propriétés à court terme des produits (mise en œuvre de la première couche de remblai, comblement latéral de l'excavation).

Cette justification peut mener à la définition de limites d'emploi pour des ouvrages courants. En tout état de cause, elle nécessite de disposer des caractéristiques mécaniques des produits.

L'absence de méthode d'essais harmonisée conduit ainsi en 2008 à la création d'une commission de normalisation au sein du BNPP (Bureau National des Plastiques et de la Plasturgie). Une première norme publiée en 2009 traite des propriétés en compression simple à court terme (XP P16-374). Elle s'appuie sur une campagne d'expérimentation menée avec différents fabricants.

UN PARTAGE D'EXPÉRIENCES

Suite à la publication du guide technique fin 2011, un des enjeux réside désormais dans la sensibilisation des maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre pour les marchés d'études et de travaux. Le partage de connaissances est à favoriser entre acteurs de terrain, tout

particulièrement sur le suivi et l'exploitation des ouvrages dans le temps. Un site Internet accompagnant la sortie du guide aura pour but d'y contribuer.

Les réflexions menées pour l'élaboration de ce guide technique sont susceptibles d'apporter des éclairages dans le cadre des travaux de révision du Fascicule 70 – Titre II du CCTG qui vont être engagés en 2012. □

(1) LCPC, Certu, Agences de l'eau (1998), Les structures ultra-légères (SAUL) en assainissement pluvial, éditions Certu.

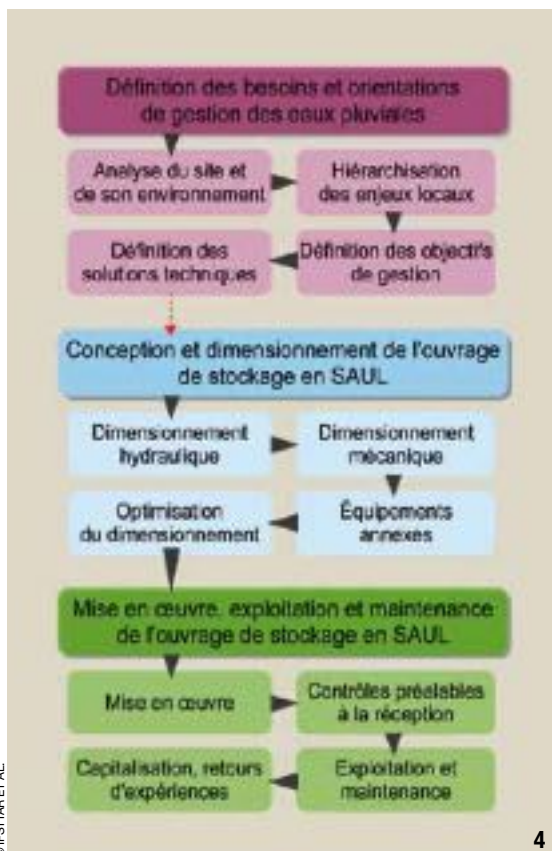
(2) Taxe facultative assise sur la surface imperméabilisée des terrains pouvant être instituée par les communes ou groupements compétents (décret n°2011-815 du 6 juillet 2011).

Pour en savoir plus :

- IFSTTAR et al. (2011). **Les Structures Alvéolaires Ultra-Légères (SAUL) pour la gestion des eaux pluviales, Techniques et méthodes des Laboratoires des Ponts et Chaussées.**

- Site Internet de partages de connaissances sur les SAUL : <http://structures-alveolaires-saul.fr/>

- Bulletin officiel – (2003), **Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 70 – Titre II – Ouvrages de recueil, de stockage et de restitution des eaux pluviales (révision en préparation pour 2012).**



Type	Description	Modèle élémentaire	Exemple de profil d'ouvrage
SAUL de type 1 à diffuseur externe	<ul style="list-style-type: none"> La diffusion de l'eau est assurée par des drains placés dans des matériaux granulaires, sous les blocs ou latéralement. Les drains¹ sont inspectables et hydrocoulables. La circulation d'eau dans les modules élémentaires est verticale et/ou horizontale. <p>¹ Dans le réseau où il s'agit de réseaux et de diamètres normés suffisant</p>		
SAUL de type 2 à diffuseur interne	<ul style="list-style-type: none"> Certains modules élémentaires, connectés aux ouvrages d'injection d'eaux pluviales sont pré-équipés de drains de diffusion intégrés. Les drains¹ sont inspectables et hydrocoulables. La circulation de l'eau dans les modules élémentaires est ensuite tridimensionnelle. 		
SAUL de type 3 sans diffuseur	<ul style="list-style-type: none"> L'eau est introduite directement depuis un ou plusieurs ouvrages d'injection sans drain. La circulation de l'eau dans les modules élémentaires est ensuite tridimensionnelle. 		
SAUL de type 4 à réseau de diffusion	<ul style="list-style-type: none"> La diffusion de l'eau est assurée par des canaux longitudinaux, voire transversaux, éventuellement équipés de parois diffusantes. Les canaux¹ de tous les modules élémentaires sont inspectables et hydrocoulables. La circulation de l'eau dans les modules élémentaires est ensuite tridimensionnelle. 		



1- Le chiroptoduc mis en place sur l'A65 – secteur de Roquefort (Landes).

1- The bat overpass set up on the A65 – Roquefort sector (Landes region).

© EIFFAGE

UN PASSAGE SUPÉRIEUR À CHAUVES-SOURIS POUR MAINTENIR LES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES

AUTOROUTE A65 – SECTEUR DE ROQUEFORT (40)

AUTEURS : CYRILLE BEAUX ET SANDRINE CHOTARD, INGÉNIEURS ENVIRONNEMENT GIE A65 PAU-LANGON, GROUPE EIFFAGE - ZIAD HAJAR ET MARCO NOVARIN, SERVICE TECHNIQUE OUVRAGES D'ART EIFFAGE TP - FRÉDÉRIC ZIRK, ARCHITECTE DPLG URBANISTE – VÉGÉTUDE, ASPECT PAYSAGES

LA CONCEPTION D'UN PASSAGE À FAUNE SPÉCIFIQUE AUX CHAUVES-SOURIS SUR LE TRACÉ DE L'AUTOROUTE LANGON – PAU A65 A NÉCESSITÉ LA SYNERGIE DE TROIS COMPOSANTES PRENANT EN COMPTE À LA FOIS LES CONTRAINTES BIOLOGIQUES DE L'ESPÈCE ET DU MILIEU TRAVERSÉ, LA CONCEPTION STRUCTURALE DE L'OUVRAGE D'ART ET LA SIGNATURE ARCHITECTURALE ET PAYSAGÈRE DE L'INFRASTRUCTURE. CES TROIS COMPOSANTES SONT DÉVELOPPÉES DANS LE PRÉSENT ARTICLE.

PRISE EN COMPTE DES CONTRAINTES BIOLOGIQUES DE L'ESPÈCE ET DU MILIEU TRAVERSÉ

La fragmentation du territoire est l'une des causes de la diminution de la biodiversité dans les pays industrialisés. Conscient de ce phénomène, le GIE A65, chargé de la conception et de la construction de l'autoroute A65 reliant Pau (64) à Langon (33), s'est attaché à maintenir les corridors écologiques de déplacement de toutes les espèces faunistiques localement rencontrées et potentielles.

Les études menées par l'État lors de l'étude d'impact préalable à la Déclaration d'utilité publique de l'infrastructure ont été complétées par une série d'études lancées par le groupe Eiffage de 2006 à 2009. Ces études étaient

destinées à définir les types d'ouvrages faunistiques de transparence et leurs emplacements. Elles ne se sont pas limitées à l'identification des corridors à maintenir et les espèces à préserver, mais elles se sont également interrogées sur les capacités physiques des espèces à utiliser les « passages » construits en dessous ou au-dessus de l'infrastructure autoroutière. En effet, les animaux marchent, courent, rampent, glissent, creusent, sautent, volent... Ils ont des points de repère, des guides, et suivent des itinéraires, parfois précis, leur permettant de rejoindre des zones d'alimentation, de reproduction, d'hivernage ou encore de repos. Chaque espèce présente des capacités physiologiques propres à franchir un obstacle selon sa morphologie et sa biologie (photo 2). Dès lors, on s'interroge

moins sur la nécessité de construire un passage supérieur pour une espèce qui vole... et l'originalité de ce franchissement est bien pointée dans le présent article.

OBJECTIF : MAINTENIR LES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES

La démarche engagée par l'équipe Environnement du GIE A65 a été de « traduire » en langage technique des Ponts et Chaussées les objectifs de maintien des corridors écologiques, ainsi que les caractéristiques spécifiques de l'espèce la plus contraignante en termes de comportement sur les habitats naturels traversés.

Les études effectuées par des bureaux d'études spécialisés en chiroptères (Biotopie Aquitaine 2006, 2007, 2010 avec l'assistance du Groupe Chiroptère

d'Aquitaine pour l'étude de 2008) ont révélé qu'à proximité de l'infrastructure A65, le Vallon du Cros, site protégé depuis 2001 par un arrêté préfectoral de protection de biotope (APPB), n'abritait pas moins de 12 espèces de chauves-souris, et que 9 corridors de vol étaient recoupés sur un linéaire de l'infrastructure long d'approximativement 8 kilomètres (figure 3).

Ce site est depuis 2010 qualifié de site d'intérêt majeur au niveau national. La plupart de ces corridors (8 sur 9) ont été pris en considération dans la conception du projet par des traitements dits « classiques » afin de rétablir la transparence aux déplacements (plantation de haies de guidage, éêtage de canopées, aménagements des passages supérieurs et inférieurs...) (figure 4).

PRISE EN COMPTE DES ESPÈCES DANS LE DIMENSIONNEMENT

Le neuvième corridor (point numéro 6 sur la carte de la figure 4), plus problématique car recoupé en déblai par l'infrastructure, a nécessité une prise en compte particulière. En effet, ce corridor est d'une importance majeure car il est fortement emprunté et relie les colonies de chiroptères entre elles. Plus particulièrement, il est emprunté par le Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*), l'espèce de chauve-souris dont la présence est déterminante dans le dimensionnement de cet ouvrage du fait de son comportement spécifique en vol. Cette espèce se guide en effet grâce aux haies existantes et vole en « rase-motte » en frôlant le microrelief environnant. Sa « bulle de visibilité » se réduit à quelques dizaines de centimètres. Lors d'un franchissement en déblai d'une infrastructure linéaire, le rhinolophe aura donc tendance à longer le relief au ras du sol et à plonger dans le déblai, augmentant ainsi significativement le risque de collision avec les véhicules (figure 5). De plus, l'espèce est lucifuge (fuit la lumière). La sécurisation du corridor de déplacement se devait donc d'être obtenue par un

passage supérieur, déconnecté de la plate-forme autoroutière.

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION : SCIENTIFIQUE PUIS EMPIRIQUE

Les contraintes de conception de ce rétablissement de corridor écologique ont donc été déterminées par le comportement en vol du Grand rhinolophe – bulle de visibilité réduite, vol rasant les microreliefs, déplacements effectués de nuit par une espèce lucifuge, distance à parcourir entre les corridors initiaux la plus courte possible.

D'autre part, des contraintes techniques ont également été imposées par le gestionnaire de l'infrastructure concernant le gabarit routier de 5,50 mètres pour la section courante, l'entretien (gestion des feuilles mortes à l'automne, poids de la neige en hiver, prise en compte du vent, visites périodiques), la sécurité (absence de zone accidentogène au droit de l'ouvrage), l'accessibilité (accès interdit à l'ouvrage depuis l'extérieur de l'emprise autoroutière) et enfin le coût. La méthodologie de conception de l'ouvrage, après avoir été scientifique (identification des corridors et des espèces), a été par la suite plus empirique puisqu'il n'existait pas à l'époque

2- Chauve-souris Grand rhinolophe. Avec l'aimable autorisation de Laurent ARTHUR du Muséum d'Histoires Naturelles de Bourges.

3- Localisation de l'A65 et de l'APPB du Vallon du Cros.

4- Corridors pour les chauves-souris et délimitation des zones à traiter.

2- Greater horseshoe bat. With the kind authorisation of Laurent Arthur from the Bourges Natural History Museum.

3- Location of the A65 and the Vallon du Cros "APPB" nature reserve.

4- Corridors for bats and demarcation of areas to be treated.

et qu'il n'existe toujours pas dans la bibliographie d'exemples d'ouvrage et de retours d'expérience permettant de valider les caractéristiques techniques d'un tel passage supérieur pour les chiroptères, malgré quelques guides techniques présentant des schémas de principe.

Ainsi, une maquette en 3 dimensions a été réalisée et présentée pour avis à plusieurs organisations, dont le Muséum d'Histoire naturelle de Bourges (figures 6 et 7). L'intérêt de cette maquette de conception rudimentaire a été de représenter le comportement en vol des rhinolophes afin d'affiner plus facilement la conception de l'ouvrage (modification de la taille, de la position des rampes d'envols, de la position du grillage et de l'implantation des haies de guidage). Le rétablissement écologique comprend donc :

- Deux rampes d'envol de type « hop-over » avec une végétation spécifique ;
- Un ouvrage supérieur ou passerelle ;
- Un aménagement paysager spécifique (haie de guidage) ;
- Un système de clôture entre les rampes et la passerelle pour former un entonnoir guidant les individus vers le passage.

© LAURENT ARTHUR, MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE BOURGES



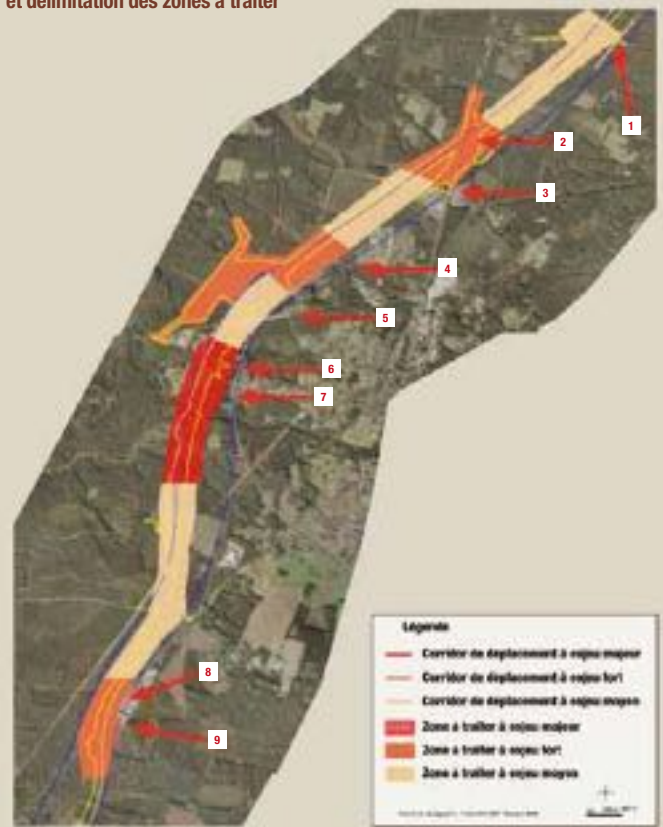
2

LOCALISATION DE L'A65 ET DE L'APPB du Vallon du Cros



3

CORRIDORS POUR LES CHAUVES-SOURIS et délimitation des zones à traiter



4

Cet ouvrage, mis en service à la mi-février 2012, est un prototype spécifique qui doit être éprouvé avant d'être reproduit. La fin des plantations au niveau des rampes et la mise en œuvre du système de clôture sont programmées au printemps 2012.

Cette innovation nécessitera certainement quelques adaptations. Ainsi, un protocole de suivi spécifique est mis en place pour en évaluer scientifiquement l'efficacité. Ce suivi sera révélateur de l'état général des colonies de chiroptères fréquentant le Vallon du Cros (modification des colonies, projets annexes...).

UNE CONCEPTION STRUCTURALE SUR MESURE

La conception structurale de la passerelle a pris forme autour des conclusions du rapport environnemental sur la géométrie et les caractéristiques techniques du passage à chauves-souris :

- Section carrée de côté minimal 3,0 m ;
- Écrans latéraux anti-éblouissement ;
- Hourdis inférieur avec caillebotis d'un maillage de 3,5 cm x 3,5 cm ;
- Distance anti-intrusion d'environ 3,0 m entre les extrémités de la passerelle et les rampes d'envol.

Pour le positionnement des appuis, il a été tenu compte de la nécessité, du fait de la légèreté de la passerelle, d'éviter les zones à plus grand risque de choc

5- Comportement en vol du Grand Rhinolophe - Identification des corridors.

6 & 7- Maquette rudimentaire de rétablissement écologique.

8 & 9- Schémas de principe de l'aménagement paysager.

5- In-flight behaviour of the greater horseshoe bat - Identification of corridors.

6 & 7- Rudimentary model of ecological rehabilitation.

8 & 9- Schematic diagrams of landscape management.

COMPORTEMENT EN VOL DU GRAND RHINOLOPHE

Identification des corridors



5

© EIFFAGE



6



7

SCHÉMAS DE PRINCIPE DE L'AMÉNAGEMENT PAYSAGER



8

© VÉGETUDE



9

© VÉGETUDE



10



11

© EIFFAGE

de véhicule, qui auraient requis un surdimensionnement des fondations et des fûts des piles.

Ces données ont permis de définir un tablier de forme tubulaire long de 46,40 m, avec une travée centrale de 29,40 m et deux travées latérales en porte-à-faux de 8,50 m, les appuis étant situés de part et d'autre de la chaussée autoroutière (photo 1).

Aussi bien pour des raisons de coût que de simplicité constructive, la structure retenue pour le tablier est une ossature réticulaire en acier, constituée de deux poutres latérales reliées par deux plans de contreventement.

Les membrures supérieure et inférieure des poutres latérales sont des tubes \varnothing 170, les diagonales des tubes \varnothing 150 et les plans de contreventement des triangulations en cornières et profilés UPN. Au niveau des appuis, deux tirants \varnothing 36 inclinés ancrent les poutres latérales aux chevêtres des piles et empêchent toute déformation transversale de la structure tubulaire du tablier.

Les superstructures comprennent deux écrans latéraux anti-éblouissement et un caillebotis au niveau du plan de contreventement inférieur.

Les tubes et profilés des membrures latérales sont assemblés par soudure à l'aide de mouchoirs de liaison.

Pour simplifier le montage à pied d'œuvre, les UPN des plans de contre-

10- Rampe d'envol « hop-over » coté Est – Printemps 2011.

11- Rampe d'envol « hop-over » coté Ouest – Printemps 2011.

10- "Hop-over" take-off ramp, eastern side – spring 2011.

11- "Hop-over" take-off ramp, western side – spring 2011.

ventements ainsi que les structures secondaires de support des écrans et du caillebotis sont assemblés par boulonnage.

Les fûts des piles, en acier, sont constitués chacun de deux tubes métalliques \varnothing 600 et d'un chevêtre recevant les appareils d'appui et les tirants d'ancrage du tablier.

Chaque pile est fondée sur quatre micropieux \varnothing 220 mm reliés par une semelle en béton.

CONCEPTION ARCHITECTURALE ET PAYSAGÈRE

La traversée du Vallon du Cros est un site ouvert en légère courbe et déblai dans une zone légèrement boisée. La passerelle pour les chiroptères est prévue sur un axe privilégié, celui-ci étant constitué d'un « couloir » fermé latéralement, avec un plancher de guidage horizontal en caillebotis.

La passerelle est lancée au-dessus de l'autoroute en une seule travée, le couloir à chiroptères se raccordant aux extrémités des rampes d'envol. À partir de la structure proposée, l'architecte a privilégié un choix tubulaire externe afin de réduire l'effet de couloir monolithique traversant, en le mettant au second plan par rapport à la structure porteuse, et d'allonger le plus possible le pas structurel afin d'alléger la structure tubulaire elle-même. Les piliers ont été réalisés les plus fins possibles pour accentuer encore l'effet de légèreté. Les couleurs discrètes proposent une lecture adoucie de la passerelle. Les silhouettes de chauves-souris sont extraites d'une documentation sur les chiroptères du Muséum d'Histoire naturelle.

Le plan d'aménagement paysager de cette zone a été défini pour limiter les collisions des chiroptères avec les véhicules empruntant l'autoroute. Il assure donc à la fois :

→ Le guidage parallèle à l'infrastructure

des chiroptères par des haies spécifiques,

→ Le guidage des espèces vers des points de passages spécifiquement aménagés et protégés.

La palette végétale est composée de plantes caractéristiques locales issues de pépinières de la région du sud-ouest ayant les mêmes conditions bioclimatiques. Plusieurs essences sont représentées : chêne, charme, boulot, frêne, cornouiller sanguin, noisetier, viorne, troène, prunellier. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE :
A'Liéonor

CONCEPTION STRUCTURALE :
EIFFAGE TP - STOA

ARCHITECTE :
Cabinet ZIRK

PAYSAGISTE :
Végétude

CONTRÔLE EXTÉRIEUR :
INGEROP

ÉTUDES D'EXÉCUTION :
LEGRAND / CICS

ENTREPRISES :
EIFFAGE TP Sud-Ouest /
LEGRAND

ABSTRACT

A BAT OVERPASS TO MAINTAIN ECOLOGICAL CORRIDORS A65 MOTORWAY – ROQUEFORT SECTOR

EIFFAGE : C. BEAUX, S. CHOTARD, Z. HAJAR, M. NOVARIN - F. ZIRK

The design of a specific fauna passageway for bats on the route of the Langon–Pau A65 motorway required the synergy of three components: allowance for the biological constraints of the species and the environment passed through, structural design of the engineering structure, and the architectural and landscape signature of the infrastructure. These three components are expanded on in the present article. □

UN PASO ELEVADO PARA MURCIÉLAGOS CON OBJETO DE MANTENER LOS CORREDORES ECOLÓGICOS AUTOPISTA A65 – SECTOR DE ROQUEFORT (40)

EIFFAGE : C. BEAUX, S. CHOTARD, Z. HAJAR, M. NOVARIN - F. ZIRK

El diseño de un paso para fauna específico para murciélagos en el trazado de la autopista Langon – Pau A65 ha requerido la sinergia de tres factores teniendo en cuenta simultáneamente las exigencias biológicas de la especie y del medio atravesado, el diseño de la estructura y el estilo arquitectónico y paisajístico de la infraestructura. Este artículo trata estos tres factores. □

TRAVAUX MARITIMES : DES ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES REMARQUABLES

AUTEUR : CHRISTOPHE PORTENSEIGNE, DIRECTEUR TECHNIQUE, BOUYGUES-TRAVAUX PUBLICS

LES TRAVAUX MARITIMES ALLIENT CONCEPTION ET MÉTHODES DE RÉALISATION. VOICI LE POINT SUR LES NOUVELLES TECHNOLOGIES D'INSTALLATION. DES SAVOIR-FAIRE QUI PUISENT LEUR RICHESSE DANS UNE COHABITATION DE LONGUE DATE ENTRE L'HOMME ET L'ÉLÉMENT LIQUIDE.



Dans le domaine des travaux maritimes, conception et méthodes de réalisation étant étroitement liées, de nouvelles technologies d'installation se sont développées. Voici tout d'abord, les grandes familles de méthodes.

LES DRAGAGES

Les méthodes de dragage, en elles-mêmes, ont peu évolué depuis cinquante ans. Cependant, la taille et la puissance des dragues, aspiratrices ou à cutter, ont fortement augmenté. Cela nous permet maintenant d'en-

1- Représentation du colosse de Rhodes.

1- Illustration of the Colossus of Rhodes.

visager des ouvrages de dimensions importantes (un remblai d'un million de mètres cubes n'est plus théorique), mais aussi de repousser certaines limites du dragage, en particulier pour la profondeur de l'eau, et aussi pour le dragage de rochers de plus en plus

chers. La précision de ces équipements permet également d'envisager de nouveaux types d'ouvrage. Ainsi, le dragage de paroi rocheuse quasi verticale sur quinze mètres de haut, permet de simplifier le design d'un rideau mixte (par exemple, le port de Caucedo à Saint-Domingue). Les nouvelles contraintes environnementales ont aussi dû faire

évoluer les techniques de dragage : écran anti-pollution pour réduire au maximum la turbidité, méthodes de déplacement de vase par *jetting* sous-marin, etc.

LES DIGUES CONVENTIONNELLES

L'augmentation du tirant des navires a conduit les digues vers de plus grandes

profondeurs, et donc vers des houles plus fortes. Les anciennes digues, faites de blocs extraits en carrière, voire construites en maçonnerie, comme la digue d'Alderney dans les îles Anglo-Normandes, ne sont plus capables de résister à ces conditions.

Des blocs artificiels en béton ont donc été créés. Cubiques au départ, ces

blocs ont pris des formes complexes afin d'améliorer leur efficacité. La première contrainte pour les méthodes d'installation fut d'abord l'augmentation de leur poids. Les blocs de carrière courants dépassent rarement 9 tonnes, alors que des blocs artificiels atteignent fréquemment 40 tonnes.

Les engins sur les digues ont dû s'adapter à cette augmentation de contraintes, avec des grues à chenilles sur la crête de la digue en construction (photo 3), et risquant de devoir affronter des vagues extrêmes. De nouvelles familles de grues, apparues récemment, permettent d'augmenter énormément les capacités de levage, avec des durées d'installation très courtes. La complexification de ces blocs a aussi demandé un positionnement précis de ces derniers. Le GPS a été une première réponse, et la 3D numérique vient à son tour récemment d'enrichir le panel d'outils à disposition des professionnels.

LES PIEUX BATTUS OU FORÉS

Pour les pieux battus, l'évolution cruciale fut celle des marteaux de battage. Que de chemin parcouru depuis l'antique mouton mort (déjà utilisé par les Romains), les marteaux à vapeur (ou il fallait mettre la chaudière en route, quelquefois la veille), les marteaux Diesel (toujours fidèles au poste et prêts à redémarrer en quelques minutes, même après avoir été abandonnés des mois en bord de mer) et les actuels marteaux hydrauliques !

Ils ont, en effet, une puissance inégalée (pour les plus gros), un poids allégé, et permettent d'avoir un vrai retour sur la puissance développée. Cela a permis d'augmenter substantiellement le diamètre et la fiche des pieux battus. Aujourd'hui, peu d'évolutions sont à attendre, dans un avenir proche, de cette technologie.

En ce qui concerne les pieux forés, les méthodes se sont moins rapidement développées que pour les pieux terrestres. La mise en place d'éolienne *offshore* sur monopieu a cependant permis d'augmenter notablement le diamètre des pieux installés (plus de trois mètres). Les techniques de forage de pieux ont encore un potentiel de progrès important, surtout lorsque l'on compare avec les structures terrestres ou les technologies de forage pétrolier.

LES QUAIS VERTICAUX

De multiples conceptions et méthodes de réalisation existent pour constituer des quais à parement verticaux. ▶



© DR 2

2- Les ouvrages en caissons constituent une technologie qui a connu un fort développement. Ici, des caissons en forme de radoub provisoire.
3- Vue de grues sur une digue.

2- Caisson structures are a technology which has seen significant developments. Here, caisson in the form of a temporary dry dock.

3- View of cranes on a dyke.



© DR 3

Les quais, de type poids ou blocs empilés, se sont lentement développés, mais une importante profondeur d'eau reste difficile à atteindre avec ce type d'ouvrage, quoique des quais à porte-conteneurs soient actuellement réalisés à l'aide de blocs massifs, comme à Tanger, (photo 4).

Les quais en palplanches sont répandus à travers le monde. La technologie n'a cependant pas évolué depuis plus de vingt ans. Seuls de nouveaux profils de palplanches plus efficaces et des vibrofonçeurs plus puissants ou plus flexibles (variation de fréquence, d'amplitude) ont légèrement fait évoluer cette technologie. Les quais en gabions de palplanches sont en revanche quasiment abandonnés, les prix actuels de l'acier les rendant peu compétitifs.

Les évolutions des technologies de fondations profondes permettent maintenant dans certaines conditions (on dit que le quai est positionné en terre) d'envisager des quais en paroi moulée, le quai lui-même étant obtenu après dragages devant la paroi. Dans ce cas, les équipements utilisés sont les mêmes qu'en paroi moulée traditionnelle.

LES OUVRAGES EN CAISSONS

Les ouvrages en caissons peuvent être soit des digues, soit des quais, voire les deux (digue, côté mer et quai, côté bassin). La conception en bassin 3D a permis de développer les concepts de réfléchissement de houle type Jarlan, de mur d'eau, etc.

Les méthodes de construction ont évolué vers l'industrialisation et l'augmentation de la taille et du poids de ces derniers. Le principe de base restant le même : le caisson est construit « au sec » puis mis en place dans l'eau.

Deux technologies s'affrontent alors. Le caisson est levé directement par une bigue, elle est déplacée sur le site de pose, qui le coule à sa position définitive.

Cette solution initialement réservée à de petits caissons (de l'ordre de 200 tonnes) a récemment repris ses lettres de noblesse avec l'apparition de bigues capables de lever plusieurs milliers de tonnes.

Le caisson est mis en flottaison, remorqué puis échoué à sa position finale. Cette deuxième méthode a vu se développer de nombreuses technologies pour la mise en flottaison des caissons, qui peuvent atteindre 30 000 tonnes. Plusieurs solutions existent.

→ Une forme de radoub définitive ou provisoire pour la durée du chantier :



4 © DR



5 © DR

il s'agit de construire le caisson sous le niveau de la mer, dans un bassin étanche, puis de remplir le bassin lorsque le caisson est terminé, il se met alors de lui-même en flottaison (voir en photo d'ouverture : des caissons en forme de radoub provisoire). Les seules limites de cette méthode sont les dimensions de la forme. Le problème réside plus dans le coût et la disponibilité de cette dernière.

→ Un ber de mise à l'eau : il s'agit d'une ancienne méthode de mise

4- Des blocs pour quai-poids.
5- Un ber hors de l'eau.

4- Blocks for heavy quay.
5- A cradle out of the water.

à l'eau des bateaux, sur un coin qui glisse vers la mer sur un plan incliné (photo 5).

→ Un basculeur : le caisson est amené au bord d'un plan incliné, il est alors basculé le long de la rampe sur laquelle il se met à glisser directement.

→ Une variante au basculeur est de ripier le caisson sur une courbe spécialement calculée pour permettre au caisson de rouler sans glisser, puis de reprendre sa descente sur un plan incliné.



© DR 6



7

→ L'ascenseur : le caisson est amené sur un plateau, qui est descendu dans l'eau à l'aide de vérins à câbles, à barres ou même de treuils (photo 6). Les caissons du projet Moïse à Venise seront mis à l'eau à l'aide de ce procédé d'une capacité de 12 000 tonnes.

→ La construction directement sur l'ascenseur : le caisson est coulé sur l'ascenseur, qui le met à l'eau au fur et à mesure de sa construction, réduisant ainsi la capacité nécessaire de levage de ce dernier.

→ Le portique, il est assez similaire à l'ascenseur. Le caisson est pris en charge par un portique qui l'amène au-dessus de l'eau et le descend directement (photo 7). L'avantage par rapport à l'ascenseur est la suppression du plateau qui augmente le tirant d'eau nécessaire.

→ Un transfert sur barge semi-submersible, puis la mise à l'eau.

→ La fabrication directement sur la barge, allant jusqu'au concept de « caissonnier », ou un coffrage glissant est installé sur une barge, et le caisson extrudé en même temps qu'il se déjauge.

Il n'y a pas de critères de choix évidents sur la technologie. Elle dépend en effet des dimensions et du poids du caisson, du nombre à produire, du planning de production, de la localisation géographique (place disponible pour la pré-fabrication, protection à la houle, tirant d'eau, etc.).

Des méthodes annexes ont aussi été développées pour améliorer leur fabrication : coffrages glissants, déplacement par ripage, sur train, sur coussin d'air... Cette technologie est loin d'avoir atteint totalement sa maturité et de nouvelles

évolutions technologiques vont sûrement apparaître dans un avenir proche.

LES AMÉLIORATIONS DE SOLS

Ces technologies ont suivi l'évolution des technologies terrestres. Le développement d'outils spécifiques (marteau hydraulique sous-marin) nous permet maintenant d'envisager toutes les technologies suivantes d'amélioration de sols : les injections solides, la Vibro-compaction, le compactage dynamique, le compactage à l'explosif, les colonnes ballastées et les inclusions solides.

Certaines technologies ne sont pas encore apparues (*soil mixing*, pieux refoulés, *jet grouting*...), des développements sont donc encore possibles.

LES ÉMISSAIRES

La construction d'émissaires (joli nom pour des tuyaux évacuant principalement des eaux usées ou sortant d'usine de traitement en mer, mais aussi des eaux chaudes de centrales électriques, ou froides de terminaux de regazéification de gaz) s'est complexifiée pour répondre aux nouvelles normes environnementales. Il faut en effet aller de plus en plus loin en mer, en réduisant l'impact de l'ouvrage sur l'environnement ou encore sur l'activité des pêcheurs.

De plus, ces ouvrages doivent traverser la ligne de côte (plage, falaise, dune) qui en terme de travaux maritimes est la pire zone de travail (trop d'eau pour travailler depuis la terre, pas assez pour travailler depuis la mer, houles déferlantes). Pour répondre à ces exigences, de nouveaux matériaux sont utilisés (*PEHD, PRV*), ensouillés ou équipés de lest.

6- Un caisson en sortie d'ascenseur.

7- Un caisson accroché au portique.

6- A lift exit caisson.

7- A caisson attached to the gantry crane.

L'installation de ces émissaires se fait maintenant fréquemment par tirage directement sur le fond depuis la côte ou la mer.

Pour cela des treuils linéaires allant jusqu'à 400 tonnes de capacité de traction, utilisant des câbles de plus de 100 millimètres de diamètre et de plus de 3 kilomètres de long sont maintenant disponibles. La mise en place, par exemple, d'un émissaire de 900 millimètres de diamètre et de 5 000 mètres de long en une fois est maintenant possible, on peut citer celui de Forcados au Nigéria.

UN PEU D'HISTOIRE

N'hésitons pas, et remontons à l'Antiquité. Depuis des millénaires, l'homme et la mer ont appris à cohabiter. Une des plus anciennes villes du monde, Byblos (actuelle Jbeil, au Liban) était déjà un port il y a plus de 7 000 ans. De même les merveilles du monde que sont le phare d'Alexandrie et le colosse de Rhodes ont été créées pour mon-

trer la puissance des civilisations aux hommes arrivant de la mer (photo 1).

À cette époque, les ouvrages maritimes étaient essentiellement constitués de ports pour des navires de pêche, de guerre et de commerce au tirant d'eau très faible. Les ouvrages étaient de type « poids » que ce soit pour les quais ou les digues de protection.

Comme pour beaucoup d'autres domaines, les ouvrages maritimes n'ont pas évolué entre la période romaine et la Renaissance. À partir de cette époque, les grandes expéditions ont permis au trafic maritime de se développer. La taille des bateaux en bois et à voile a augmenté, leur tirant d'eau aussi. Les ports se sont approfondis, les digues ont peu évolué, les quais sur pieux sont apparus, et les ports ont été transformés en forteresse. Ces travaux étaient généralement faits de façon terrestre.

Puis vient la révolution industrielle.

On a beaucoup écrit sur les chemins de fer et l'invention de l'automobile, mais cette période a aussi été très dynamique sur la mer.

La marine à voile a disparu, les premiers bateaux en fer ont été construits et le transport maritime intercontinental s'est fortement développé. Les grands canaux ont été creusés : Panama, Suez. Les ports de commerce se sont agrandis, souvent avec des bassins à la marée.

Les premières grandes écluses sont apparues. Les méthodes de construction ont, elles aussi, commencé à évoluer. Les premiers travaux sous-marins sous cloche pressurisée ont été effectués... dans les conditions de travail que l'on peut imaginer à cette époque ! ▷

UNE RUPTURE

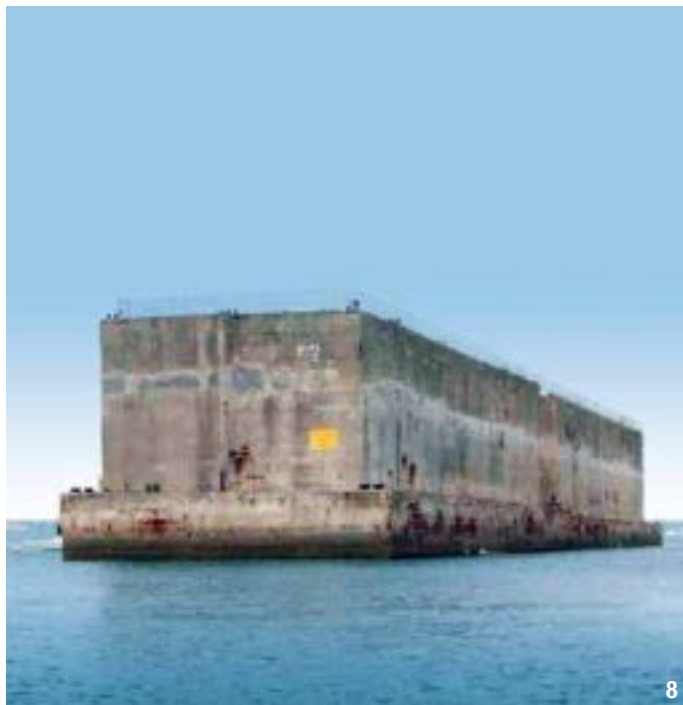
La Seconde Guerre mondiale fut une rupture nette, et cela pour les deux raisons que sont l'industrialisation et le Débarquement (*Normandie, 6 juin 1944*).

Pour les besoins du transport maritime de guerre, les chantiers navals ont été révolutionnés, comme le fut l'automobile précédemment. Les *Liberty ships* furent les fleurons de cette révolution. Le transport maritime intercontinental est devenu une industrie à part entière, nécessitant des ports en eau profonde. Pour les besoins du Débarquement, des ports en eaux profondes ont été construits en moins de deux semaines. Il a fallu innover et créer plusieurs concepts basés sur une préfabrication de masse et ceci, en moins de deux ans.

Les fameux caissons Phœnix, en béton armé, qui servirent de digue de protection furent les précurseurs des techniques actuelles de fabrication (photo 8). Puis le principe des barges auto-élévatrices a été industrialisé pour servir de jetée de déchargement. Ce n'est pas un hasard si le corps des ingénieurs de l'armée américaine est toujours une référence mondiale dans les travaux maritimes.

CINQUANTE ANS D'ÉVOLUTION

Viennent alors cinquante ans d'évolution rapide engendrés par le continu développement des bateaux (super porte-conteneurs, méthaniers, bateaux de tourisme...) nécessitant de développer de nouveaux concepts portuaires : marinas, ports de type *hub* dédiés à une compagnie maritime, moyens de chargement/déchargement dédiés (portiques à conteneurs, chargement



8
© DR

de minerai, de blé, de voitures, d'animaux vivants...).

Certaines villes pour continuer de se développer doivent s'étendre sur la mer, on peut citer Hong Kong ou Singapour. Les ouvrages d'art eux-mêmes ont gagné sur la mer. Des ponts sur des bras de mer, des tunnels immergés, des îles artificielles pour y construire des aéroports ont nécessité le développement des technologies de travaux maritimes pour leur réalisation.

L'AVENIR

La recherche continue de la productivité va entraîner de nouvelles évolutions sur les navires (plus grands, plus de tirant d'eau, plus rapides), le développement

8- Vue d'un caisson Phœnix.

8- View of a Phoenix caisson.

des axes fluviaux, des autoroutes de la mer entraîneront à leur tour de la demande pour les travaux maritimes. La conception et les méthodes de réalisation étant intimement liées, celles-ci devront à leur tour s'adapter à ces nouvelles demandes.

L'environnement et, hélas, sa dégradation sont aussi une source d'opportunités, et pas uniquement de contraintes.

Un meilleur respect de la flore et de la faune sous-marine va nous obliger à développer de nouvelles techniques. Un exemple typique d'opportunité est l'actuel développement de l'éolien *offshore*, qui nécessite de revisiter les méthodes traditionnelles (pieux de très grand diamètre, fondations gravitaires en mer ouverte, tapis anti-affouillement, pose de la turbine par des engins spécialisés).

Le risque d'élévation du niveau de la mer, si celui-ci se confirme, va se traduire par des travaux inédits sur des digues existantes et sur des quais. Les récents tsunamis nous ont aussi montré qu'il fallait rester humble devant la mer, mais ceux-ci vont sûrement devenir une hypothèse pour la conception et la réalisation des ouvrages maritimes.

Le principe de développement durable va aussi nous obliger à accroître la durée de vie des ouvrages existants. Des procédés de réparation vont ainsi devoir être développés.

Plus de 7 000 ans d'histoire maritime, 70 % de la planète couverte par les mers, des enjeux économiques et écologiques inédits nous laissent à penser que les travaux maritimes ont un bel avenir, et que l'évolution importante des technologies depuis le deuxième conflit mondial n'est pas près de s'arrêter. Même si certaines technologies ont atteint leur maturité, de nouveaux besoins vont apporter de nouveaux progrès. Et d'ailleurs, ne venons-nous pas de trouver de l'eau sur Mars ?

Néanmoins, n'oublions pas les deux fondements des méthodes maritimes : les meilleurs travaux sont ceux réalisés depuis la terre ; il faut rester humble, à la fin, c'est toujours l'océan qui gagne. □

ABSTRACT

MARITIME WORKS: REMARKABLE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS

CHRISTOPHE PORTENSEIGNE, BOUYGUES

Maritime works pose challenges of design and construction methods. *This review covers new installation technologies. The wealth of expertise involved is derived from the longstanding cohabitation between man and the sea.* □

OBRAS MARÍTIMAS: EVOLUCIONES TECNOLÓGICAS DESTACABLES

CHRISTOPHE PORTENSEIGNE, BOUYGUES

Las obras marítimas combinan diseño y métodos de realización. *A continuación figura un balance de las nuevas tecnologías de instalación. La riqueza de los conocimientos técnicos y prácticos se debe a la larga cohabitación entre el hombre y el elemento líquido.* □

Bâtis-moi une assurance-vie solide



Vous voulez vous constituer une épargne solide et durable. Avec le contrat **BATIRETRAITE MultiCompte**, vous bénéficiez de performances parmi les meilleures et les plus sûres du marché. La SMAvie BTP est ouverte à tous. Vous pouvez vous aussi en devenir sociétaire. Parlez-en avec nos conseillers. Ils sont à votre écoute pour vous aider à construire votre patrimoine.

**Pour découvrir l'offre de la SMAvie BTP
prenez rendez-vous avec un conseiller :**

- par téléphone : 01 40 59 73 00
- ou sur smabtp.fr, rubrique "votre conseiller"

**BATIRETRAITE
MULTICOMPTE**
3,54%*

Taux de rendement net
du support en euros en 2017



© THIERRY PINALIE - BOUYGUES TP

CONCEPTION ET RÉALISATION DE LA 2^e TRANCHE DE L'USINE D'ÉPURATION SEINE GRÉSILLONS (78)

AUTEURS : JEAN-LUC BOUCHET, BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS, DIRECTEUR DU PROJET - JEAN-CLAUDE GANDOLFINI, SPIE BATIGNOLLES TRAVAUX PUBLICS CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, DIRECTEUR TECHNIQUE - OLMIER MIRET, BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS, DIRECTEUR QUALITÉ

LE CHANTIER « GRÉSILLONS 2 », CONSISTE À RÉALISER EN CONCEPTION CONSTRUCTION L'EXTENSION D'UNE USINE D'ÉPURATION EN FONCTIONNEMENT, SUR UNE DURÉE DE PLUS DE 4 ANS. OBJECTIFS : TRIPLER LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DES EAUX, AUGMENTER LES NIVEAUX DE QUALITÉ EN AMÉLIORANT LA FILIÈRE D'ÉLIMINATION DES POLLUTIONS PHOSPHORÉES ET AZOTÉES, AJOUTER UN DIGESTEUR DES BOUES ET PRODUIRE DU BIOGAZ POUR AMÉLIORER LE BILAN ÉNERGÉTIQUE DE L'USINE.

Créé en 1970, le SIAAP, Syndicat Intercommunal d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, est une entreprise publique qui transporte et dépollue les eaux usées, les eaux pluviales et les eaux industrielles de l'agglomération parisienne. Grâce à 1 700 agents, le SIAAP collecte et traite chaque jour 2,5 millions de m³ d'eaux sales sur un territoire de 1 980 km² concernant 8,5 millions de Franciliens. Outre 420 km de canalisations, et 900 000 m³ de stockage d'eau plu-

viales, le SIAAP a construit et exploite cinq usines de dépollution le long de la Marne et de la Seine, d'amont en aval :

- Marne aval à Noisy-le-Grand (93),
- Seine amont à Valenton (94),
- Seine centre à Colombes (92),
- Seine aval à Achères (78),
- Seine Grésillons à Triel-sur-Seine (78).

Cette cinquième usine, mise en service depuis 2008, est principalement alimentée depuis l'usine de Colombes, avec une capacité de traitement de 100 000 m³ par jour. Le SIAAP a sou-

haité développer une 2^e tranche de cette usine, avec plusieurs objectifs :

- Triplement de la capacité de traitement des eaux, en passant à 300 000 m³/j, soit 4 m³/s, en déchargement de l'usine de Seine aval à Achères ;

- Augmentation des niveaux de qualité, suivant la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) en améliorant la filière d'élimination des pollutions phosphorées et azotées ;

- Ajout d'un digesteur des boues, pour réduire la quantité finale de boues

et améliorer leur transportabilité ;

- Production de biogaz, pour améliorer le bilan énergétique de l'usine.

DESCRIPTION DES BÂTIMENTS (photo 2)

ZONE OUEST

Décanteur tertiaire :

90 x 70 x 10 m³, 12 000 m³ de béton, voiles toute hauteur en parement brut.

Digestion des boues :

3 digesteurs, hauteur 18 m, diamètre 30 m, radier conique, jupe circulaire précontrainte et coupole en voute de



1- Pose des coques d'un digester.
1- Placing the shells of a digester.



2



4



3

© THIERRY PINALIE - BOUYGUES TP

22 coques minces (épaisseur 12 cm) préfabriquées sur le chantier (photo 1). 1 bâtiment central, cube de 20 m d'arête comprenant plus de 200 massifs et réservations, bâtiment « déconfiné » pour éviter les risques d'accumulation de gaz et donc d'explosion, avec façades architecturées.

Stockage des boues :

2 stockeurs : hauteur 13 m, diamètre 20 m.

1 bâtiment central : façades architecturées.

Cogénération :

1 cogénération, 2 gazomètres, 1 massif pour torchère et 1 pot de purge.

ZONE CENTRALE LE BIOSTYR

300 x 47 x 15 m³, 38 000 m³ de béton, 100 000 m² de coffrages, 3 niveaux de biofiltrations (pré-dénitrification, dénitrification, et post-dénitrification). Réalisation à l'aide de 6 grues à tour (photo 3).

ZONE EST

Décanteur primaire et épaisseur : 85 x 45 x 10 m³, 6 300 m³ de béton, avec carnaux extérieurs et une grue à tour installée à l'intérieur du bâtiment.

Atelier maintenance et prétraitement :

Les principaux locaux du bâtiment prétraitement sont le dégrillage, le desablage, le dégraissage, les carnaux de comptage et les locaux techniques (photo 5). Le phasage de construction de ce bâtiment est complexe de par sa construction contre le prétraitement en

2- Vue d'ensemble des bâtiments.

3- Biostyr en construction, à côté du biofiltre de la 1^{ère} tranche.

4- Bâtiments de traitement des boues et traitement des jus.

2- General view of the buildings.

3- Biostyr under construction, alongside the biological filter of the first unit.

4- Sludge treatment and juice treatment buildings.

exploitation et donc l'absence de cycle, ainsi que de la présence de voiles en façades architecturées.

Traitement des boues, constitué de 5 bâtiments fonctionnellement indépendants :

Le bâtiment E21/E22 (déshydratation), le bâtiment E23 (désodorisation), le bâtiment E24 (chargement), le bâtiment E25/E26/E27 (centrifugeuses) et le bâtiment E28 (trois halls de séchage thermique). 100x60x15 m³, 10 000 m³ de béton, constitués de structures variées (portiques type « grands halls » pour les bâtiments désodorisation E23 et séchage E28 et voiles pleins ou ajourés + dalles pour les autres bâtiments). Réalisation de voiles de grande hauteur de 11,30 m et couverture métallique

pour les halls de séchage (photo 4).

Ouvrage de traitement des jus :

2 Réservoirs semi-enterrés servant au stockage et au traitement des jus constitués de cuves circulaires concentriques de 12, 22 et 34 m de diamètre pour une hauteur d'environ 8 m, réalisées à l'aide de coffrages « manipulables »

1 Poste toutes eaux, bâtiment enterré rectangulaire de 12 x 6 x 6 m³

1 Bâtiment technique rectangulaire de 59 x 12 m²

PARTICULARITÉS DU PROJET

Quatre particularités du projet sont passées en revue ci-après :

- Les ouvrages de la zone Est, à l'intérieur de l'usine en exploitation ;
- Les réseaux enterrés ;
- La construction des digesteurs ;
- Le principe de la conception construction.

OUVRAGES DE LA ZONE EST

Les ouvrages de la zone Est se trouvent enclavés dans l'enceinte de l'usine existante en exploitation.

Les autorisations pour pénétrer dans cette zone sont extrêmement réglementées et doivent être anticipées plusieurs semaines à l'avance.

De plus, les prises de possession des terrains de construction doivent garantir le non croisement des flux entre les personnels de l'exploitant et ceux du chantier.

UN MARCHÉ À QUATRE LOTS SÉPARÉS

- Un lot mandataire pris en charge par OTV France, filiale française de Veolia Eau Solutions & Technologies, avec l'assistance du Cabinet Merlin.
- Un lot architecte dévolu à l'agence Lelli Architectes de Dominique et Giovanni Lelli.
- Un lot épurateurs réalisé par un sous-groupement appelé "GEREG" :
 - OTV France.
 - Stereau, partie construction du groupe Saur.
- Un lot génie civil réalisé par un sous-groupement appelé "GECIA" :
 - Bouygues Travaux Publics.
 - Spie Batignolles Travaux Publics Construction Industrielle.



5



6

© THIERRY FINALE - BOUYGUES TP

Pour permettre une réalisation plus pratique, le chantier a commencé par négocier avec l'exploitant deux « enclaves » isolées de l'usine avec liberté de déplacement et d'accès, par des goulots d'étranglement.

Cependant, la construction de certains bâtiments nécessite des interfaces avec l'usine pour les travaux qui ne peuvent être réalisés à l'intérieur de ces enclaves, ou pour les connexions hydrauliques, qui doivent se dérouler pendant des périodes de « chômage » c'est-à-dire des périodes de fonctionnement de l'usine avec des débits réduits.

En effet, les collecteurs d'amenée d'eaux usées ne peuvent jamais être totalement fermés. Cela concerne le prétraitement, le décanteur primaire et les connexions avant la mise en eau de l'extension de l'usine (raccordement de l'émissaire d'arrivée, de la sortie du biofiltre existant et du rejet en Seine). Ces phases de raccordement sont très limitées dans la durée, et ont nécessité la mise en œuvre de pompage jusqu'à 3 500 m³/h pour libérer les zones de travail.

RÉSEAUX ENTERRÉS

Outre la diversité des réseaux en nature (inox, PRV, PEHD) et en diamètre (variant de 25 mm à 2 800 mm), une des difficultés techniques du projet a été de conduire les boues issues de la décantation primaire mutualisée de Grésillons 1 et 2 de l'Est de l'usine au Nord-Ouest du projet afin d'être digérées puis ramenées au Sud-Est vers le bâtiment de traitement des boues existant et celui en construction (photo 6). De plus, l'exigüité du site a rendu délicat l'agencement concomitant de l'ensemble des conduites en fonction de leurs caractéristiques propres inhérentes aux propriétés des fluides transportés.

Une cellule de conception de réseau spécifique a donc été montée sur le chantier pendant une durée de 18 mois.

Enfin, la pose de l'ensemble des réseaux a été fortement contrainte par la présence simultanée des différents corps de métiers, terrassement puis génie civil des radiers pour les réseaux sous radier, fosses et carnaux en béton armé pour les premiers TEO (Tuyaux

5- Prétraitement et atelier.

6- Pose de fourreaux multitubulaires, tuyaux eau chaude, process et assainissement.

7- Planning synthétique.

5- Pretreatment and workshop.

6- Laying multi-tube conduits, hot water, process and sewage pipes.

7- Summary work schedule.

CONSTRUCTION DES DIGESTEURS

Les digesteurs, destinés à réaliser un traitement anaérobie (sans oxygène) des boues épaissies à une température de 55°C et entraînant une production de biogaz, sont des ouvrages précontraints et circulaires de diamètre extérieur de 28,40 m. De forme conique inverse (pointe en bas) de hauteur 2,50 m, le radier a été coulé en une seule phase, puis recouvert de matériaux de terrassement, afin de reconstituer une plateforme horizontale nécessaire aux opérations ultérieures. La jupe, de hauteur 12,40 m, a été exécutée en 4 levées par anneaux complets, ceci pour garantir la pérennité des gaines de précontrainte horizontales lors des coulages. Parallèlement, la coupole a été préfabriquée au sol en 22 éléments, puis chacune des 22 coques ainsi constituées a été mise en place par paire après mise en tension de la précontrainte de la jupe et la réalisation de l'« anneau central », posé sur étalement, et fonctionnant comme une clé de voûte (photo 1). Après clavage des éléments entre eux et mise en œuvre d'une étanchéité de

Entre Ouvrages, en PRV), puis l'attente du repli des matériels de construction (grues à tour et leurs voies) pour relier entre eux les tronçons déjà posés tout en maintenant les accès aux bâtiments en cours d'équipement.



GRANDES MASSES DU PROJET

MOYENS HUMAINS

- 100 personnes en encadrement avec une cellule d'ingénierie sur site.
- Un pic de main d'œuvre de plus de 400 compagnons, 39 d'entre eux sont issus du pôle emploi.
- Près de 900 personnes pour le seul Génie Civil avec les sous-traitants. Travail en horaires décalés de 6:00 à 22:30, cinq jours par semaine.

MOYENS TECHNIQUES

- 19 grues à tour dont 18 en simultané.
- 2 centrales à béton sur le site.
- Une installation électrique provisoire de 3.5 MW (soit une ville de 15 000 Habitants).
- Plus de 600 bungalows de chantier.



renforcement à ces jonctions, la coupole a été entièrement résinée afin de protéger le béton des attaques futures des gaz dégagés par les boues.

Au terme de ces opérations, le radier a été déblayé de ses matériaux.

Après avoir terminé la pose et le scellement des tuyaux ainsi que les massifs sur radier, l'ouverture provisoire (~ 3 m x 3 m), conservée dans la jupe pour les opérations de chantier à l'intérieur de l'ouvrage, a été rebouchée, permettant ainsi le remplissage en eau de l'ouvrage. Ces essais à l'eau, couplés à des essais en air, ont permis de garantir la bonne étanchéité de l'ensemble. Enfin, un traitement architectural soigné, constitué d'une couverture en zinc, d'un bardage en bois le long de la jupe et de talus végétalisés, est prévu autour des digesteurs et vient recouvrir l'isolation mise en place pour conserver une température constante à l'intérieur.

CONCEPTION CONSTRUCTION

Le chantier a été attribué en « conception construction », ce qui signifie en particulier que le Maître d'œuvre est intégré aux équipes de construction (Mandataire, Épurateurs et Génie Civil). Les études de mise au point du projet se sont déroulées durant la 1^{ère} phase du marché de Juin 2008 à fin 2008, et se sont prolongées pendant la 2^{ème} phase,

8- Installations de chantier : grues à tour et centrales à béton.

9- Installations de chantier : bungalows et ateliers.

8- Site facilities: tower cranes and concrete mixing plants.

9- Site facilities: bungalows and workshops.

l'année 2009, consacrée aux autorisations administratives. La difficulté pour la réalisation du génie civil vient du fait que les données d'entrée issues des Épurateurs, et surtout de leurs fournisseurs et sous-traitants récemment sélectionnés, ont continué à être transmises pendant la 3^e phase, celle de la construction, par le biais de réémission des plans Guides Génie civil (PGG) ou par l'émission de nombreuses fiches de modification (FMO). De plus, des contraintes réglementaires ainsi qu'une réduction tardive des risques d'explosion ont entraîné de profondes modifications de certains bâtiments, notamment le traitement des boues, la cogénération et le bâtiment central de la digestion.

Enfin, la mise au point des réseaux process et électriques des Épurateurs dans les bâtiments conduisent à effectuer de nombreuses ouvertures non prévues à l'origine (carottages et sciages des voiles et dalles).

La conception construction se traduit par l'échange de plus de 14 000 documents entre les partenaires via l'outil de gestion électronique des documents.

DATES-CLÉS ET PLANNING

→ Durée des études : 14 mois.

→ Durée des travaux : 4 mois (travaux préliminaires) + 32 mois d'exécution, dont 14 mois pour la mise en place de 70 000 m³ de béton (90 % de la quantité totale) (figure 7).

CONCLUSION

La réalisation de l'extension de l'usine d'épuration de Seine Grésillons a permis au groupement Bouygues TP et Spie Batignolles TPCI de relever plusieurs défis : conception construction, planning de bétonnage court, travail en site occupé en coordination avec l'exploitant, exécution d'ouvrages et réservoirs variés, connexions hydrauliques et aérodynamiques nombreuses. Ceci a été possible grâce à une forte implication technique de préparation et d'exécution, et grâce à la bonne intégration des équipes des deux entreprises. □

QUANTITÉS PRINCIPALES

OUVRAGES : Une trentaine

EMPRISE DES TRAVAUX : 31 ha (62 terrains de football)

TERRASSEMENT : 215 000 m³

REMBLAIS : 169 000 m³

BÉTON DE PROPRIÉTÉ : 4 000 m³

BÉTON DE STRUCTURE : 82 000 m³

ARMATURES PASSIVE : 11 500 T

RÉSEAUX : 51 km, dont 4,7 km de diamètre 800 à 2800 en PRV (Polyester Renforcé fibre de Verre)

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE SECOND UNIT OF THE SEINE GRÉSILLONS SEWAGE TREATMENT PLANT (PARIS REGION)

J.-L. BOUCHET, BOUYGUES - J.-C. GANDOLFINI, SPIE BATIGNOLLES - O. MIRET, BOUYGUES

"Grésillons 2" is a Design and Build project for the extension of a sewage treatment plant in service, over a period of more than four years. Objectives: triple the water treatment capacity, raise quality levels by improving the process of elimination of phosphorus and nitrogen pollution, add a sludge digester and produce biogas to improve the plant's energy balance. □

DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL 2º TRAMO DE LA PLANTA DEPURADORA SEINE GRÉSILLONS (78)

J.-L. BOUCHET, BOUYGUES - J.-C. GANDOLFINI, SPIE BATIGNOLLES - O. MIRET, BOUYGUES

La obra "Grésillons 2" consiste en realizar el diseño y la construcción de la ampliación de una planta depuradora en funcionamiento, durante un período superior a 4 años, teniendo como objetivos triplicar la capacidad de tratamiento de agua, aumentar los niveles de calidad mejorando la vía de eliminación de las contaminaciones fosforadas y nitrogenadas, añadir un digestor de lodos y producir biogás para mejorar el balance energético de la planta. □



UN NOUVEAU BARRAGE REMPLACE L'ANCIEN À CHATOU (78)

AUTEURS : NICOLAS DURAMÉ, BOUYGUES TP, DIRECTEUR DE PROJET ET MANDATAIRE DU GROUPEMENT BOUYGUES TP, BOUYGUES TP RÉGIONS-FRANCE ET EMCC - CATHERINE DEBAENE, COORDINATEUR DES ÉTUDES POUR LES TRAVAUX, BOUYGUES TP

SITUÉ SUR L'UN DES AXES LES PLUS IMPORTANTS EN FRANCE EN MATIÈRE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES, LE BARRAGE DE CHATOU (78) EST EN PLEIN RENOUVEAU. UN NOUVEL OUVRAGE DOIT À TERME REMPLACER L'ANCIEN, VISANT À UNE REQUALIFICATION GÉNÉRALE DU SITE. VOICI, ÉTAPE PAR ÉTAPE, LE DÉROULÉ DE L'OPÉRATION.

Le barrage de Chatou (78) représente un outil central pour l'aménagement et la régulation de la Seine. L'édifice actuel est un barrage mobile à vannes levantes doubles. Il régule, avec l'ouvrage de Bougival, la retenue de la Seine jusqu'au barrage de Suresnes.

Il garantit la navigation sur l'un des axes de transport de marchandises les plus importants de France, entre les ports du Havre, de Rouen et la région Île-de-France (vingt millions de tonnes par an). Le projet prévoit la construction d'un ouvrage neuf en amont, deux fois moins élevé que le barrage actuel,

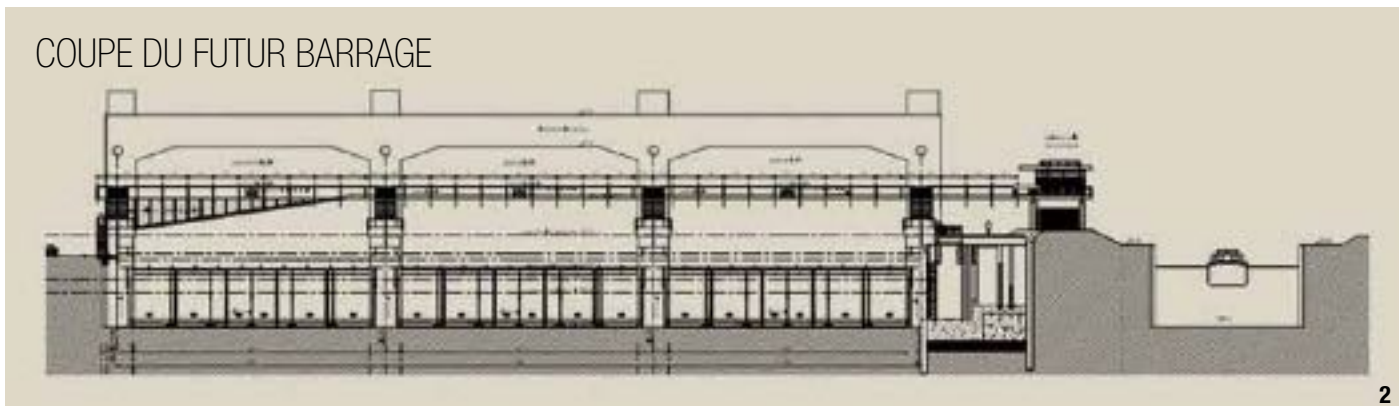
2- Coupe du futur barrage.

2- Cross section of the future dam.

pour une meilleure intégration paysagère (photo 1).

Le choix technique retenu est celui d'un barrage à vannes-clapets, constitué de trois passes dont deux seront possiblement navigables en période de crue. La construction de ces trois passes est réalisée au rythme d'une unité par

COUPE DU FUTUR BARRAGE





1- La construction du nouveau barrage de Chatou (78) vise à une requalification générale du site.

1- Construction of the new Chatou dam (Paris region) for the purpose of general renovation of the site.

© LUC WIEZMANN ARCHITECTE

an, à l'abri d'un batardeau étanche, pour une mise en service fin 2012 (figures 2, 3a et 3b). Voici le contexte et la présentation de l'opération.

UN NOUVEL EMPLACEMENT

Le nouveau barrage de Chatou est situé environ quarante mètres en amont du barrage existant sur la Seine. L'ouvrage à reconstruire et les travaux associés se situent entièrement sur la commune de Chatou (78). La totalité des ouvrages et de leurs accès est implantée dans l'emprise de terrains de Voies Navigables de France.

3a & 3b- Vue en plan du futur barrage et mur guideau.

3a & 3b- Plan view of the future dam and training wall.

LE DIAGNOSTIC DE L'OUVRAGE EXISTANT

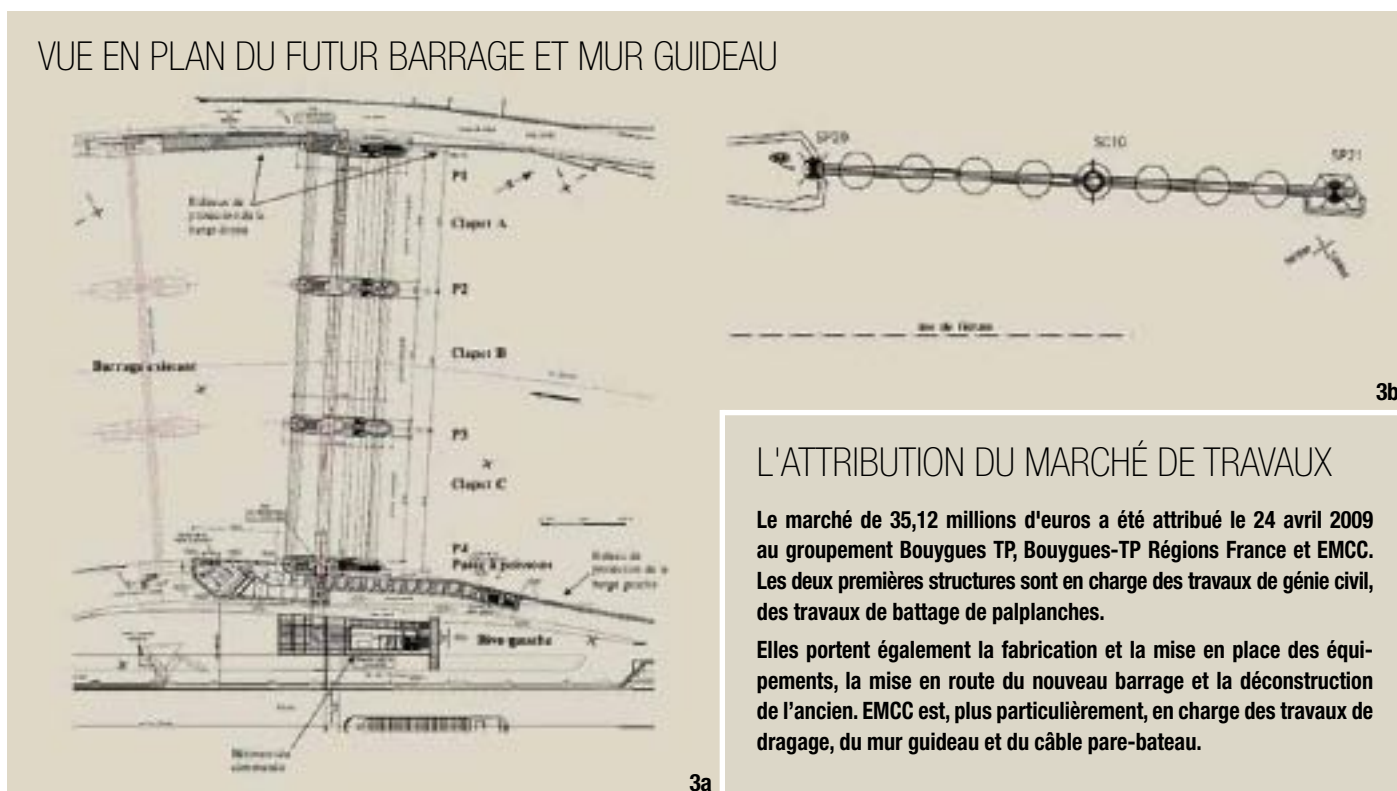
Au vu de l'état général du barrage construit en 1933 et des désordres constatés sur l'ouvrage, il est apparu nécessaire de procéder à une reconstruction complète du barrage, accompagnée de la déconstruction de l'ancienne structure. L'édifice actuel présente un état de dégradation et de vétusté à tous les niveaux : génie civil, vannes et organes de manœuvre. Il présente des défauts importants dus au vieillissement du béton, à l'érosion des fonds, ainsi qu'à l'usure des pièces

mécaniques. L'ancien ouvrage sera donc entièrement démoli, à l'exception de ses deux piles extrêmes qui seront arasées dans un souci de scénographie et de valorisation de l'histoire du lieu. (photo 4).

LES OBJECTIFS DU PROJET

Le but de l'opération est de construire un ouvrage neuf, assurant les mêmes fonctions hydrauliques. Le déplacement de l'implantation du nouvel ouvrage par rapport à celui existant permettra au barrage actuel d'être en service pendant toute la durée des travaux. ▶

VUE EN PLAN DU FUTUR BARRAGE ET MUR GUIDEAU



L'ATTRIBUTION DU MARCHÉ DE TRAVAUX

Le marché de 35,12 millions d'euros a été attribué le 24 avril 2009 au groupement Bouygues TP, Bouygues-TP Régions France et EMCC. Les deux premières structures sont en charge des travaux de génie civil, des travaux de battage de palplanches.

Elles portent également la fabrication et la mise en place des équipements, la mise en route du nouveau barrage et la déconstruction de l'ancien. EMCC est, plus particulièrement, en charge des travaux de dragage, du mur guideau et du câble pare-bateau.

Les objectifs sont multiples. Il s'agit de réguler la hauteur d'eau pour permettre la navigation sur le fleuve, gérer plus efficacement la ligne d'eau grâce à une meilleure réactivité des manœuvres. Le propos est aussi de moderniser les conditions d'exploitation du barrage en terme de sécurité et de maintenance. À cela s'ajoute la volonté de rétablir le corridor écologique en construisant une passe à poissons et de mieux intégrer l'ouvrage au site qui l'environne.

La reconstruction du barrage de Chatou apporte donc, avec la démolition de l'édifice existant, l'opportunité d'une requalification générale du site, d'une valorisation à la fois urbaine et paysagère, ainsi qu'une mise aux normes concernant la réglementation relative au franchissement de l'ouvrage par les espèces piscicoles migratrices.

Voici la description des réalisations à venir.

Depuis la rive droite jusqu'à la rive gauche, le nouveau barrage aura une dimension de 107,50 mètres : trois passes de 30,50 mètres dont deux culées en rive et deux piles de 4 mètres, et d'une passe à poissons accolée à l'ouvrage en rive gauche (côté îlot de Chatou).

La disposition générale du nouvel ouvrage est la suivante :

→ La hauteur de chute est de 3,25 mètres (cote RN [retenue normale, NDLR] amont à 23,56 - cote RN aval à 20,31), avec une hauteur utile de bouchure de 7,76 mètres (RN amont à 23,56 - cote seuil à 15,80), cote supérieure de radier à + 15,80 NGF [Nivellement général de la France, NDLR].

→ Le barrage comporte trois passes dont deux possiblement navigables côté rive gauche.



4- Bâti dans les années trente, l'édifice actuel est arrivé en fin de vie. L'opération prévoit sa déconstruction.

5- Le fonctionnement du clapet.

6- Coupe géotechnique.

4- Built in the 1930s, the present building has reached end of life. The project provides for its deconstruction.

5- Operation of the check valve.

6- Geotechnical cross section.

→ L'axe du nouveau barrage projeté est perpendiculaire aux lignes de courant. Son principe de fonctionnement repose sur le fait que dans chacune des passes, le volet métallique, « le clapet », pivote sur le radier en béton armé. Les clapets sont actionnés par des vérins hydrauliques. Le relèvement et l'abaissement des clapets permettent de maintenir la cote de niveau d'eau à un niveau constant en amont du barrage. Commandés de manière automatique, ils assurent une régulation du plan d'eau efficace et sûre (figure 5). Les ouvrages associés complètent l'installation principale. En voici la liste :

→ La passe à poissons et anguilles en rive gauche de la Seine (côté île des Impressionnistes) ;

→ Le bâtiment de commandes sur l'îlot ;

→ La passerelle technique entre le bâtiment de commandes et la culée rive gauche du barrage ;

→ La zone de stockage des batardeaux de maintenance sur l'île de Chatou à l'amont ;

→ Les batardeaux flottants ;

→ Le prolongement du mur guideau à la pointe amont de l'îlot et le câble pare-bateau.

Enfin, des aménagements contigus portent sur les berges en rive gauche, à proximité immédiate du nouveau barrage.

LE PHASAGE GÉNÉRAL

Afin de réaliser les travaux dans le lit de la Seine, des batardeaux de palplanches sont mis en place afin de construire le radier et les piles, et d'installer les organes de manœuvre. Le planning des travaux doit tenir compte de la nécessité pour l'exploitant de maintenir les passes navigables disponibles entre le 1^{er} décembre et le 31 mars de chaque année.

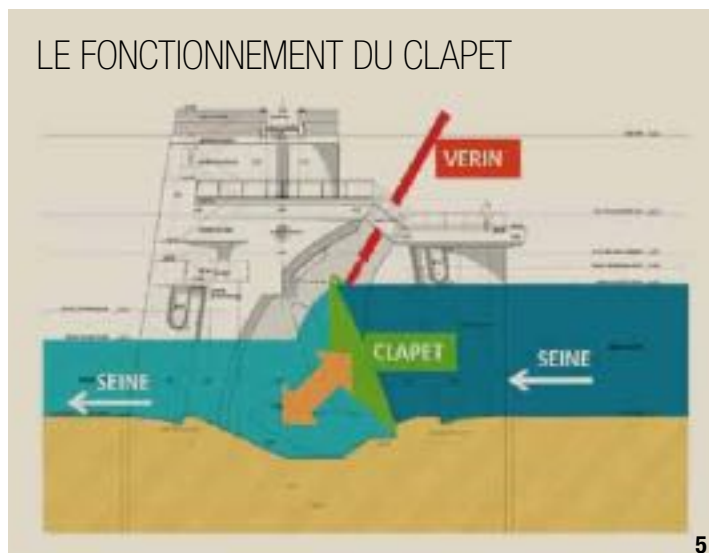
Il doit veiller également à retirer toute enceinte batardeau disposée dans le fleuve, susceptible d'avoir un impact sur la cote de niveau d'eau amont pendant la période de crue. En particulier, les clapets disposés doivent impérativement être couchés dans leur fosse avant le 30 novembre de chaque année de construction. Six séquences composent le phasage général (voir encadré : Les six séquences du phasage).

Abordons maintenant les méthodes de construction de génie civil et les ouvrages provisoires.

LE CONTEXTE GÉOTECHNIQUE, MISSIONS GÉOTECHNIQUES 12 ET 3

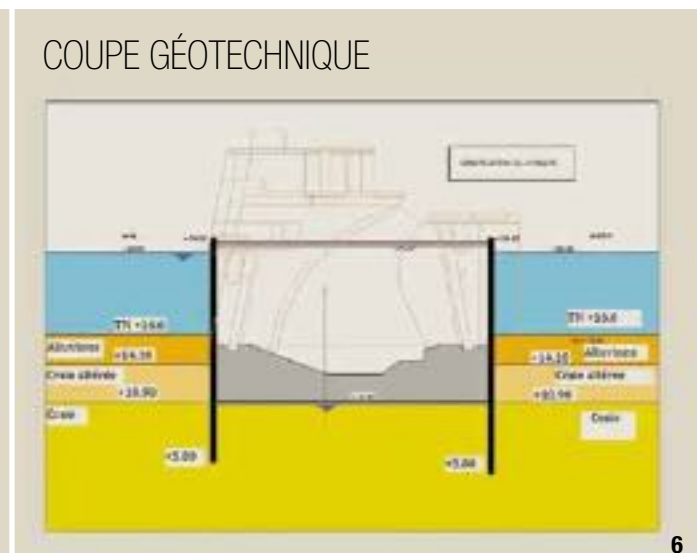
Afin de préciser la nature et de déterminer les caractéristiques mécaniques

LE FONCTIONNEMENT DU CLAPET



5

COUPE GÉOTECHNIQUE



6

des couches superficielles et profondes du terrain, des sondages pressiométriques et carottés, et des essais géotechniques ont été réalisés sous le terrain naturel et au droit de la Seine. L'objectif étant de permettre de réduire les risques et de valider les hypothèses géotechniques pour chaque ouvrage. La géologie courante fait apparaître des remblais au niveau des berges, sur une épaisseur plus faible en rive droite qu'en rive gauche, des alluvions rencontrées dans le lit de la Seine et la craie blanche à silex du Campa-

nien (craie saine et altérée), (figure 6). Les propriétés de la craie permettent de ne pas mettre en place un bouchon hydraulique. Ce qui a permis d'assécher le batardeau sans bouchon de béton immergé.

LES PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION

Pour réaliser les travaux, il a été prévu de construire une estacade provisoire et démontable qui dessert le chantier depuis la berge rive droite. L'estacade est utile, aussi bien pour la réalisation

7- Image en 3D de l'estacade avec grue.

8- Estacade avec grue.

9- Les batardeaux de palplanches en image 3D.

7- 3D image of the breakwater with crane.

8- Breakwater with crane.

9- 3D image of sheet piling sluice gates.

des fondations, des piles, du butonnage que pour le montage des éléments de vantellerie (clapets et équipements connexes). Elle est conçue pour supporter plusieurs types de grues (treillis et télescopiques). Elle a été vérifiée pour la crue décennale à + 24,80 NGF. Cet ouvrage provisoire est accolé aux palplanches du batardeau et est positionné en aval du nouveau barrage. L'estacade a une largeur de 7,50 mètres et repose sur des palées métalliques sur pieux battus espacés tous les 8,50 mètres. ▷

LES SIX SÉQUENCES DU PHASAGE

TRANCHE FERME (2009-2012)

- Passe à poissons, du bâtiment de commandes, du mur guideau et du câble pare-bateau ;
- Batardeau de la passe à poissons (palplanches, butonnage et tirants, terrassement, béton immergé, vidange du batardeau) ;
- Génie civil de la passe à poissons (radier, voiles...) et équipements ;
- Fondations du bâtiment de la salle de commandes ;
- Mur guideau ;
- Plateforme de stockage (palplanche, pieux et dalle).

TRANCHE CONDITIONNELLE N° 1 :

PASSE NAVIGABLE RIVE GAUCHE, RÉALISATION DE LA PARTIE CORRESPONDANTE DE LA PASSERELLE (2010)

- Batardeau (palplanches et butonnage, terrassement, réalisation des micropieux, vidange du batardeau) ;
- Génie civil (pile P4, pile P3 et radier P4-P3) et équipements ;
- Vérins et clapets ;
- Passerelle.

TRANCHE CONDITIONNELLE N° 2 :

PASSE NAVIGABLE CENTRALE, RÉALISATION DE LA PARTIE CORRESPONDANTE DE LA PASSERELLE (2011)

- Batardeau (palplanches et butonnage, terrassement, réalisation des micropieux, vidange du batardeau) ;
- Génie civil (pile P2, radier P2-P3) et équipements ;
- Vérins et clapets ;
- Passerelle.

TRANCHE CONDITIONNELLE N° 3 :

PASSE NAVIGABLE RIVE DROITE, RÉALISATION DE LA PARTIE CORRESPONDANTE DE LA PASSERELLE (2012)

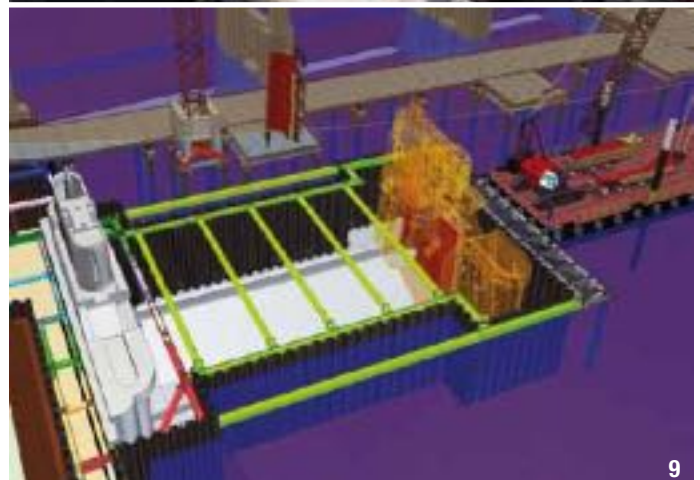
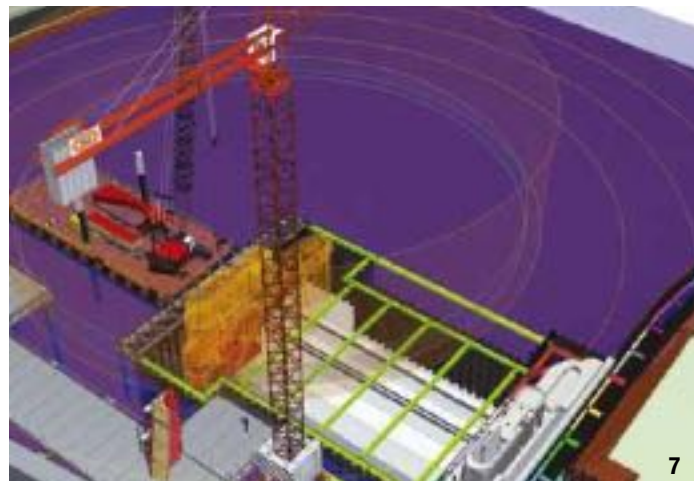
- Batardeau (palplanches et butonnage, tirants, terrassement, réalisation des micropieux, vidange du batardeau) ;
- Génie civil (pile P1, radier P2-P1) et équipements ;
- Vérins et clapet ;
- Passerelle ;
- Aménagements rive droite ;
- Travaux de dragage et d'enrochement.

TRANCHE CONDITIONNELLE N° 4 :

DÉMOLITION DU BARRAGE ACTUEL ET AMÉNAGEMENT PAYSAGERS (2013)

TRANCHE CONDITIONNELLE N° 5 :

FOURNITURE DES BATARDEAUX FLOTTANTS (2011/2012)



LE PLANNING GÉNÉRAL

Travaux du barrage	2009	2010	2011	2012	2013
Ouvrages annexes					
Première passe rive gauche					
Deuxième passe centrale					
Troisième passe rive droite					
Déconstruction de l'ouvrage existant					

La sous-face du tablier de l'estacade est positionnée à + 25 (au-dessus de la cote de crue). Pour ne pas gêner le trafic existant et faciliter l'accès aux camions qui approvisionnent le chantier depuis la rive droite, il est prévu une plateforme de transition fondée sur pieux et reliée à l'estacade. Cette dernière est fondée sur des pieux tubés métalliques de 820 millimètres de diamètre. Des chevêtres *HEB 650* sont encastrés en tête de tubes. Des *HEB 600* longitudinaux sont articulés à leurs extrémités. L'ensemble est équipé de dalles en béton armé. Les tubes

métalliques sont vibrofoncés et battus jusqu'à obtenir la capacité portante requise (figure 7 et photo 8).

LES BATARDEAUX DE PALPLANCHES

Les piles et radiers sont construits depuis l'estacade dans des batardeaux de palplanches *PU 32*. Pendant les phases de mise à sec, de terrassement et de réalisation des micropieux, les batardeaux de palplanches sont maintenus en équilibre via un réseau de butonnage et une poutre treillis d'about (à la cote + 24.30 NGF). Ce dispositif

de butonnage permet la construction des piles et du radier au milieu de la Seine (figure 9).

Le batardeau a été dimensionné en considérant l'ensemble des phases de réalisation de ce dernier avec le niveau de retenue normale + 23,56 NGF et avec le niveau de crue + 24,80 NGF correspondant au haut des palplanches. Elles sont ancrées d'environ 7 mètres dans la craie saine et altérée. La base des palplanches est à la côte + 5,80 NGF.

La fonction de la poutre treillis est de réaliser la pile sans interférences avec

10- La poutre treillis est constituée de deux poutres superposées, assemblées et reliées entre elles contre le flambement.

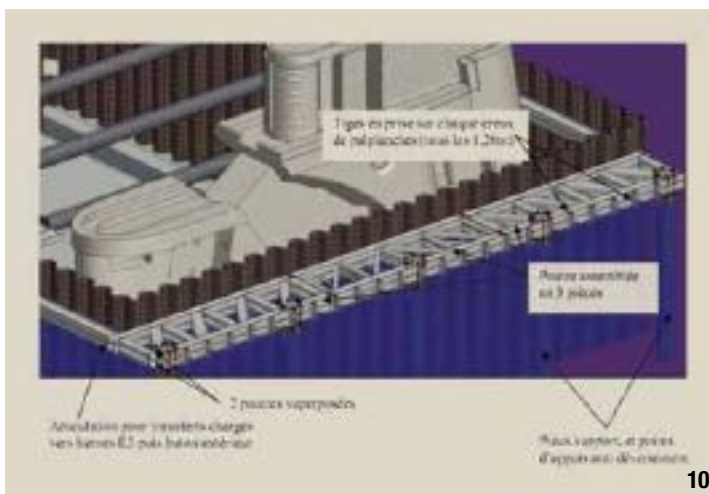
11- Guide de battage dans l'enceinte de la passe à poissons.

12- Représentation du radier en 3D.

10- The lattice beam consists of two superposed beams, assembled and linked together to prevent buckling.

11- Pile driving guide in the fish pass enclosure.

12- 3D illustration of the invert.

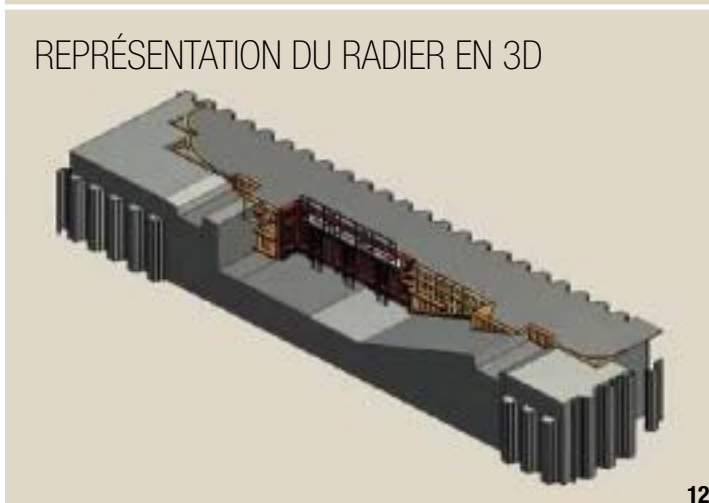


10



11

REPRÉSENTATION DU RADIER EN 3D



12

LE PHASAGE TYPE D'UNE PASSE

- Battage des rideaux de palplanches, mise en place du butonnage du lit supérieur à + 24,30 NGF ;
- Pompage de l'eau à + 17,10 NGF, mise en place du butonnage du lit inférieur à + 17,60 NGF ;
- Terrassement jusqu'au fonds de fouille + 10,80 NGF et pompage à + 10,80 NGF ;
- Réalisation des micropieux et bétonnage du radier ;
- Démontage du butonnage inférieur ;
- Construction de la pile ;
- Mise en place du clapet et de tous les équipements électromécaniques.



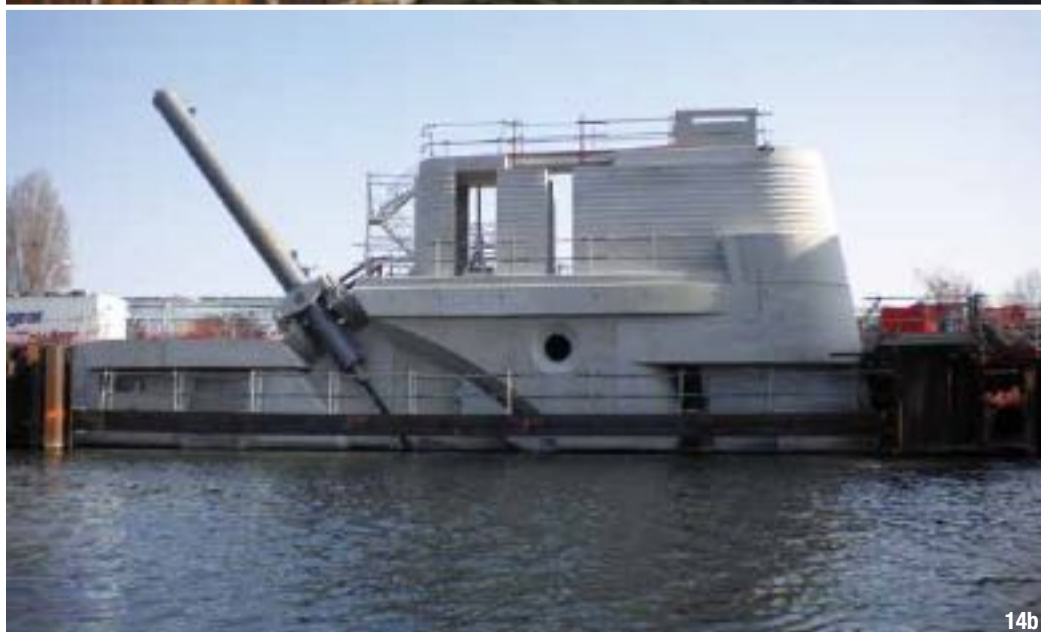
13

13, 14a & 14b-
Les piles sont à compter au nombre des parties d'ouvrage qui constituent un enjeu important du projet.

13, 14a & 14b-
The piers are among the parts of the structure which represent a major challenge for the project.



14a



14b

le système de butonnage, quelle que soit la phase. Elle est dimensionnée de manière à reprendre les poussées d'eau, au stade d'assèchement avec le radier exécuté. Elle est constituée de deux poutres superposées, assemblées et reliées entre elles contre le flambement. Des tiges dans chaque creux de palplanches, et insérées entre les deux poutres, reportent les efforts de poussée de la Seine sur la membrure arrière des poutres (figure 10).

Les poutres treillis reportent leurs charges vers les liernes à + 24,30 de l'enceinte. Celles-ci transmettent les efforts de poussée de la Seine sur les rideaux perpendiculaires au courant. La lierne amont a été disposée à l'extérieur du batardeau afin d'aligner l'ensemble appui treillis/lierne/buton extérieur et reporter les charges vers la passe à poissons/berge rive gauche. La membrure arrière de l'ensemble poutre treillis est appuyée sur des pieux métalliques battus en Seine (photo 11).

LES FONDATIONS ET LE RADIER

Le radier est un massif d'environ 22 mètres de large et d'épaisseur variable de 2,10 mètres à 4,8 mètres. Il est coulé en deux fois sur l'épaisseur - une première couche de 2,10 mètres puis une seconde couche d'épaisseur variable (figure 12).

Le radier est fondé dans la craie de bonnes caractéristiques mécaniques et ancré avec un réseau de micropieux d'une longueur de 10,30 mètres et d'une maille de 3,25x3,25 mètres. Les micropieux servent essentiellement à reprendre la sous-pression en phase de chantier et à éviter des problèmes éventuels de tassements différentiels en phase de service. Ils ancrent le radier vis-à-vis de la flexion en phase de service (cas d'une passe batardée pendant la maintenance d'un clapet).

LES PILES ET LES CULÉES

Les tolérances de mise en œuvre et la qualité du parement des piles et des culées constituent des enjeux importants du projet. Les parties d'ouvrage concernées sont les surfaces de frottement du clapet sur les piles et culées, ces surfaces subissent un traitement spécial, une résine époxy EH 115. Il s'agit d'un liant à base de résine époxydique, applicable sur les supports en béton. Le produit EH 115 adhère à des supports humides, d'aspect mat, non ruisselants. La tolérance du bajoyer-béton est de 5 millimètres, l'axe des charnières est de 2 millimètres (photos 13, 14a et 14b).

Toutes les dispositions liées à la mise en œuvre des bétons et de leurs différentes qualités de parement béton vu, matrices, reprise de bétonnage, sont soumises à l'agrément du groupement de maîtrise d'œuvre préalablement à toute exécution.

Un soin particulier a été donné à la forme conoïdale pour l'aval des piles, à la forme ellipsoïdale pour l'amont des piles et aux joints creux.

Ce soin s'est également traduit dans la mise en œuvre d'une matrice de coffrage pour donner les voiles en béton rainuré et dans l'utilisation du béton préfabriqué, par exemple pour la dalle et l'escalier.

Les piles et culées sont réalisées en béton C 40/50 à base de ciment CEM III/A 52.5. Le coffrage des piles a été choisi en bois, solution la plus adaptée au nombre de réemplois et assurant un parement de qualité (figures 15, 16a et 16b).

Les piles sont symétriques, les culées rive droite et rive gauche sont dans leur principe identiques aux piles en rivières hormis le fait qu'elles ne servent de support qu'à un seul vérin.

Les piles et culées sont réalisées en trois levées, la première à base inclinée jusqu'au niveau + 15,80, la deuxième jusqu'au niveau + 23,80 et la troisième jusqu'au niveau final de + 28,34.

LES CLAPETS

Chaque clapet a pour dimensions une largeur 32,50 mètres et une hauteur de 9 mètres (photos 19 et 20).

Il est réalisé avec une structure utilisant un tube de torsion de 2,20 mètres de diamètre.

Les clapets sont découpés en six tronçons de longueur identique pour permettre l'acheminement par voie routière des différents éléments.

Pour assurer la continuité structurelle, les tronçons sont reliés entre eux par des brides soudées sur le tube de torsion et boulonnées entre elles par des tirants précontraints à chaque plan de jonction entre les éléments. La structure des clapets est réalisée en acier S 355, avec les caractéristiques suivantes :

Qualités utilisées :

- $e < 30$ mm : S 355 K2 ;
- $30 < e < 80$ mm : S 355 N ;
- $e > 80$ mm : S 355 NL.

LES CHARNIÈRES

Les montants des clapets sont axés sur des charnières, afin d'assurer l'appui de la structure sur le génie civil et de répartir les efforts. La structure des charnières est réalisée en acier S 355.

Les axes des charnières sont réalisés en acier X 20 Cr 13. Chaque articulation est un système tenon (le montant)/chape (le palier).

L'axe tourillonne dans la chape et est fixé au clapet par une liaison avec jeu de montage. Le palier central de chaque clapet est bloqué longitudinalement au moyen de deux butées. Les charnières sont ancrées dans le génie civil à l'aide de tirants d'ancrage. La fixation des charnières du clapet nécessite une réservation en amont de la passe (photo 21).

15- Repérage de coffrages.

16a & 16b- Dessins représentant des panneaux de coffrage.

15- Formwork marking.

16a & 16b- Drawings showing formwork panels.

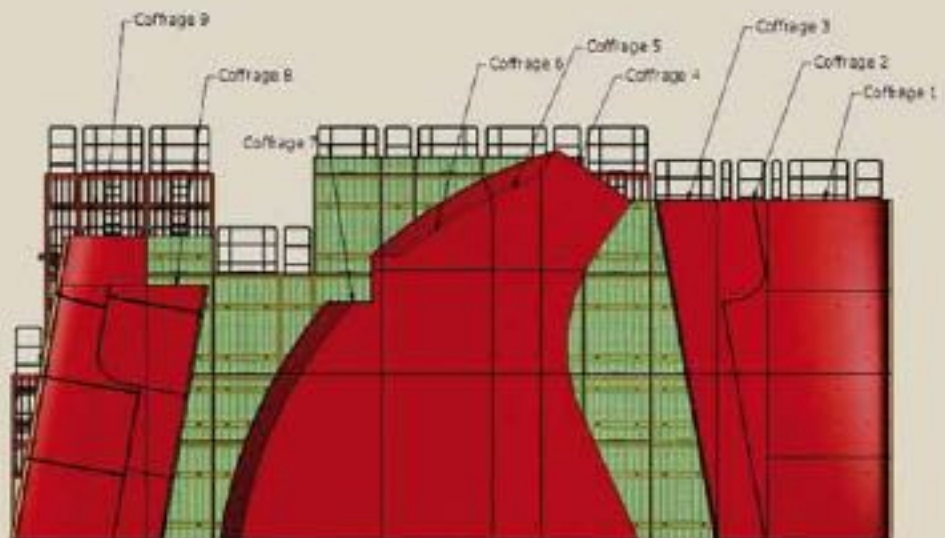
LES CHÂSSIS, SUPPORTS DES VÉRINS HYDRAULIQUES

Chaque clapet est manœuvré par deux vérins hydrauliques montés sur cardans et supportés par un châssis en acier.

Quatre châssis sont à prévoir : les deux doubles des piles centrales qui supportent chacun deux vérins et les deux simples des culées, qui supportent uniquement un vérin.

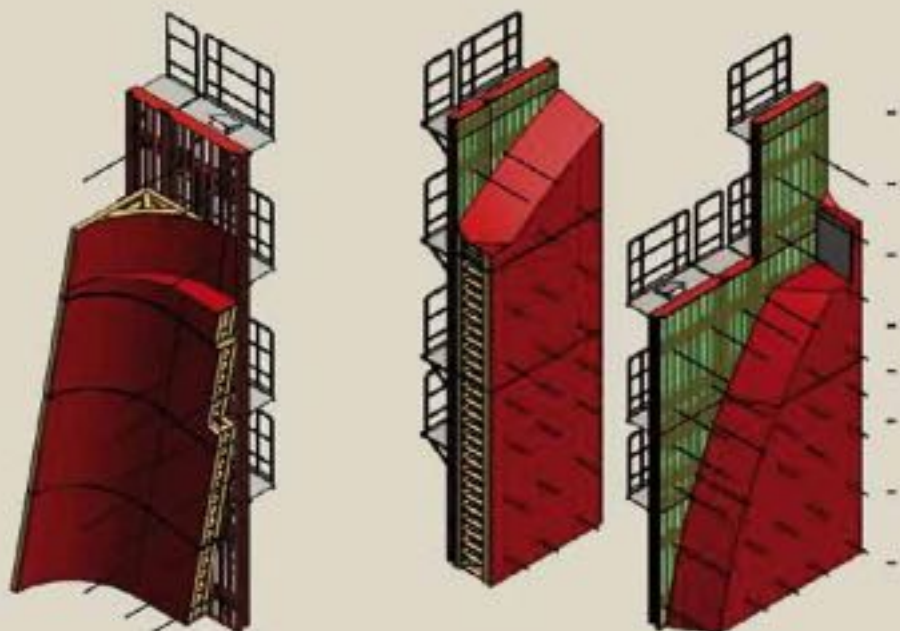
Les châssis simples installés sur les culées sont pratiquement identiques aux châssis doubles. La différence réside dans le porte-à-faux supportant

REPÉRAGE DE COFFRAGES



15

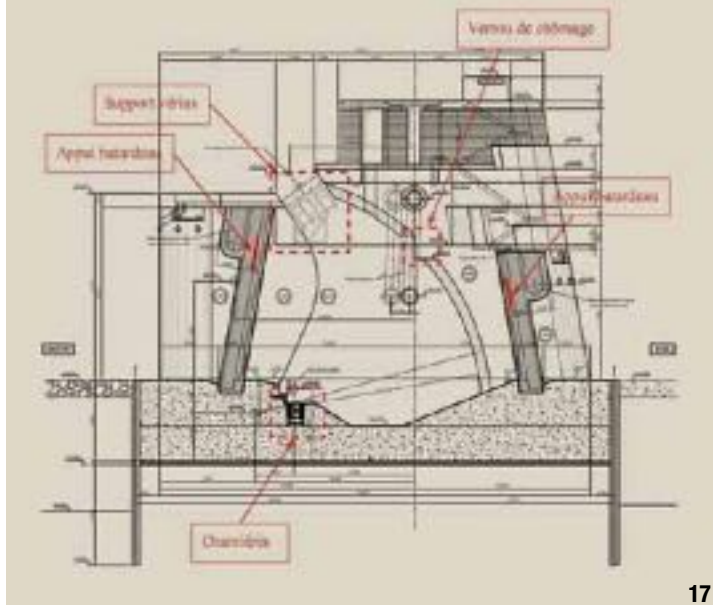
DESSINS REPRÉSENTANT DES PANNEAUX DE COFFRAGE



16a

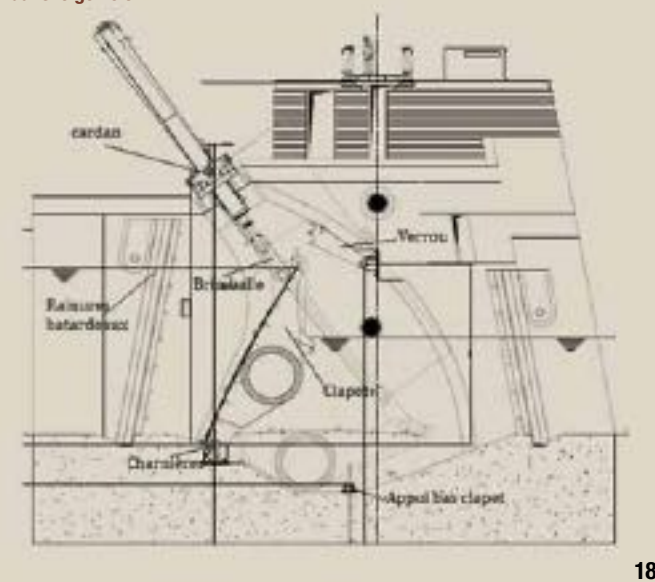
16b

LES DÉTAILS D'UNE PILE



17

VUE D'ENSEMBLE DU CLAPET dans le génie civil



18

un cardan qui n'est présent que d'un seul côté (photo 22).

Pour chacun de ces châssis, les cardans tourbillonnent sur des bagues de bronze autolubrifiantes du même type que celles des paliers du clapet et sur des axes en acier *Inox*.

Les châssis qui supportent les vérins sont ancrés dans le génie civil des piles à l'aide de tirants précontraints (photo 23).

Le châssis métallique soutient de façon solidaire ces systèmes d'ancrage (tirants, gaines, etc.). Il permet d'assurer un positionnement précis des tiges les unes par rapport aux autres, ainsi que le positionnement de l'ensemble par rapport au génie civil, durant la phase de scellement.

Après coulé d'une première élévation de béton, le châssis supportant les sys-

17- Les détails d'une pile.

18- Vue d'ensemble du clapet dans le génie civil.

19- Un élément de clapet.

20- Clapet assemblé.

17- Details of a pier.

18- General view of the check valve in the civil works.

19- A check-valve component.

20- Set up check-valve.

tèmes d'ancrage est positionné, réglé et calé, avant d'être noyé dans la seconde élévation de béton.

LE CARDAN

Le cardan est identique pour chacun des six vérins de commande des trois clapets, chaque clapet étant actionné par deux vérins placés à ses extrémités.

Le cardan autorise les rotations du vérin suivant deux axes, afin d'une part, de suivre les mouvements d'ouverture et de fermeture du clapet, et d'autre part, de rattraper les déformations longitudinales dues à la flexion de celui-ci.

Constitué d'un système de 2x2 flasques encastrés, ses dimensions sont définies par l'encombrement et le débattement du vérin. Ainsi les flasques n° 1 autour desquels s'articule le vérin ont une portée de 1,7 mètre

et une épaisseur de 200 millimètres ; les flasques n° 2 articulés avec le châssis ont quant à eux une portée de 1,195 mètre et une épaisseur de 150 millimètres. Les deux flasques du cardan sont réalisés en acier *S 690 QL*, l'axe de liaison avec le support est réalisé en acier *X 30 Cr 13* (photo 24).

VERROU DE CHÔMAGE ET APPUI CLAPET AFFALÉ

Les verrous de chômage, au nombre de deux par passe, sont des structures mécano-soudées et sont articulés sur des pièces fixes ancrées au génie civil et manœuvrés par des crics manuels. Ces verrous permettent la mise en chômage du clapet suite à un fonctionnement normal (levage sur deux vérins) ou suite à un levage accidentel sur un seul vérin. ▶



19



20



21



22



23



24

Les appuis en fond de radier, au nombre de six par passe, sont des structures mécano-soudées et ancrées au génie civil recevant le clapet en position basse.

La structure des verrous de chômage et des appuis en fond de radier est réalisée en acier S 355.

21- Charnière et son châssis.
22- Châssis pour le support des vérins, ici simple pour culée.
23- Système précontraint ancré dans le génie civil.

24- Photo de cardan.

21- Hinge and its frame.
22- Frame for supporting jacks, in this case simple for an abutment.
23- Prestressed system anchored in the civil works.
24- Photo of universal joint.

LES QUANTITÉS

LES EFFECTIFS

20 personnes en moyenne

LES MATÉRIAUX

PALPLANCHES : 7 000 m²

DRAGAGE : 5 600 m³

DÉBLAIS : 25 000 m³

COFFRAGES : 8 000 m²

ARMATURES : 1 600 t

BÉTON : 22 600 m³

LA BRIMBALLE DE LIAISON ENTRE LE VÉRIN DE COMMANDE ET LE CLAPET

Le système de liaison s'articule entre le vérin de manœuvre et le montant du clapet. Il est constitué d'une brimballe mécano-soudée, aux extrémités de laquelle deux axes d'articulation en acier inoxydable sont montés et bloqués en rotation. Sur chacun des axes, une rotule permet l'articulation par rapport à la chape du vérin et au montant de commande du clapet. La structure de la brimballe, la tôle du montant du clapet, ainsi que l'anneau qui porte la rotule

au niveau du montant de clapet sont réalisés en acier S 355.

LE SYSTÈME HYDRAULIQUE

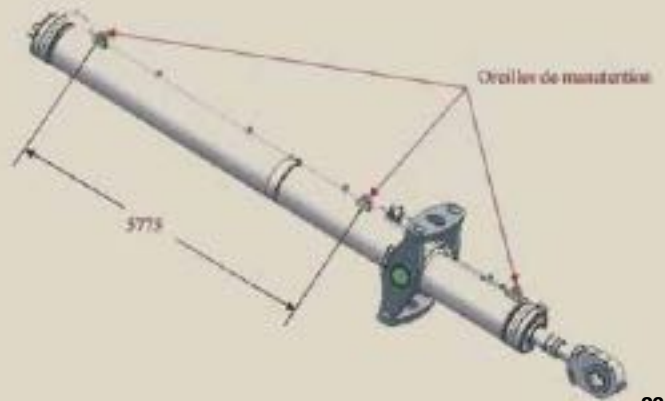
Le réseau hydraulique est commun à l'ensemble des vérins.

La centrale hydraulique est installée dans le local technique du bâtiment de commandes. Des raccordements dans les locaux techniques des piles sont réalisés pour alimenter les vérins. La course utile des vérins est 9,25 mètres, qui correspond à la différence de longueur de sortie de tige (position extrême basse/butée basse) et



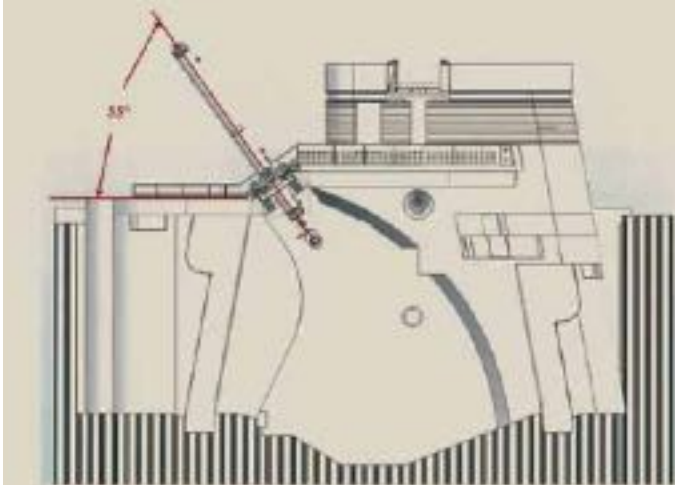
25

SCHEMA D'UN VÉRIN



26

LE POSITIONNEMENT DU VÉRIN



27



28

position haute. L'ensemble du réseau électrique et hydraulique traverse la passerelle pour rejoindre les locaux techniques des piles et aboutit à la salle de commandes. La centrale hydraulique est installée dans le local hydraulique du bâtiment de commandes, sur l'île de l'écluse. Le réseau de distribution hydraulique est commun à l'ensemble des vérins. Deux collecteurs cheminent à l'intérieur de fourreaux, placés dans une des poutres caisson de la passerelle. Au niveau de chaque pile, des raccords sont réalisés pour ali-

25- Photo de vérins.

26- Schéma d'un vérin.

27- Le positionnement du vérin.

28- Le système de ripage.

25- Photo of jacks.

26- Diagram of a jack.

27- Positioning the jack.

28- The sliding system.

menter les vérins *via* des électrovannes situées dans les locaux techniques.

Les vérins sont équipés de blocs forés. Le bloc foré permet de pallier toute rupture de flexible ou toute fuite sur le circuit hydraulique. Pour les piles centrales sur lesquelles sont installés deux vérins, chacun d'entre eux aura son propre circuit de commande indépendant (électrovanne, bloc foré, tuyauteries de raccordement...) et ce, pour permettre les opérations de maintenance sur le circuit hydraulique d'une bouchure sans condamner l'exploitation de la bouchure adjacente.

Les tuyauteries rigides sont réalisées en acier inoxydable. Les fixations des tuyauteries ainsi que les raccords avec les composants de la centrale sont réalisés en assurant l'isolation électrique entre matériaux conducteurs de nature différente (photos 25 et figure 26).

LE MONTAGE

Toutes les cotes sont contrôlées en cours de fabrication pour le suivi et la

correction des déformations engendrées par le soudage. Les structures faisant l'objet d'usinage sont contrôlées pour garantir le bon montage aux interfaces.

Afin de vérifier la conformité géométrique des pièces avant peinture et montage sur site, un montage à blanc est réalisé pour les différents sous-ensembles de vantellerie.

Certains contrôles sur des éléments assemblés permettent de garantir les bons réglages et le fonctionnement attendu. Des essais de pression du tube de torsion à 0,3 bars sont réalisés. L'ossature principale du clapet appartient aux sous-ensembles faisant l'objet d'un montage à blanc : assemblages des tronçons de clapet, montage des dispositifs d'étanchéité et des aérateurs de lame d'eau, etc.

Les charnières du clapet, les sous-ensembles « organe de manœuvre / châssis de supportage », les vannes et batardeaux de la passe à poissons font également l'objet du montage à blanc. ▷

LA SERRURERIE

- Panneaux verriers sérigraphiés de vitrage feuilleté ;
- Garde-corps avec un remplissage en tôle perforée ;
- Bandeau en Inox brossé ;
- Caillebotis en aluminium ;
- Les garde-corps au niveau de la rampe de la travée rive droite sont réalisés à partir de panneaux de résille en acier.

Des mesures topographiques ont été réalisées pour repérer les axes principaux, les charnières ont toutes été réglées de la même façon, un 1 millimètre a été réalisé à l'aide de lunette et corde à piano puis on a procédé à un réglage fin.

La position du vérin monté sur la pile est bloquée à 55 degrés par des équerres de maintien. Lors du levage du vérin, il est nécessaire de disposer deux élingues non égales en longueur afin de pouvoir mettre le vérin à 55 degrés avec un seul moyen de levage (figure 27).

Chaque élément de clapet a été amené par convoi exceptionnel. Les éléments de clapet ont été mis en place à l'aide d'un dispositif de ripage. Le ripeur permet de sécuriser les manœuvres lors de la descente de ces éléments entre les butons les plus espacés (6,24 mètres) (photo 28). La cinématique est la suivante :

- Installation du rail de roulement dans la passe ;
 - Mise en place dans la passe d'une centrale hydraulique dédiée au ripeur ;
 - Mise en place de protections en Néoprène entre le ripeur et l'élément de clapet pour protéger la peinture et garder un bon contact ;
 - Ripage de l'élément de clapet jusqu'à sa position finale ;
 - Mise en place des axes ;
 - Dépose de l'élément de clapet sur une chaise de sécurité ;
 - Suppression des cales de bois pour évacuer le ripeur ;
 - Réalisation six fois de l'opération ;
 - Démontage du chariot de ripage après la pose du sixième élément.
- Pour terminer, voici la présentation des différents équipements.

LA PASSERELLE

Le nouveau barrage de Chatou est constitué de trois passes enjambées chacune par une passerelle de service constituée de deux poutres principales en caisson et d'un platelage réalisé en dalles de béton, supporté par douze traverses métalliques.

Les dimensions principales de chaque passerelle sont les suivantes : une portée d'environ 32,8 mètres, une largeur de 3,1 mètres et une hauteur de 1,50 mètre. La largeur utile du platelage (largeur entre les poutres) est de 2,20 mètres.

La passerelle permettant l'accès au bâtiment de commandes est réalisée suivant les mêmes principes, avec un platelage supporté par six traverses. Ses dimensions principales : une portée



29- Coupe d'une passerelle.

30- Photo d'une passerelle.

29- Cross section of a walkway.

30- Photo of a walkway.



d'environ 13,180 mètres, une largeur de 3,10 mètres et une hauteur de 1,50 mètre. La largeur utile du platelage (largeur entre les poutres) est de 2,20 mètres. Ce dernier est constitué de dalles de béton préfabriquées.

Les appareils d'appui, quatre par pile, sont en *Néoprène* (photos 29 et 30). La travée rive droite est différente des autres travées. Elle comporte une rampe suspendue. Des dispositifs de suspension, placés à l'aplomb des raidisseurs verticaux des caissons supérieurs, permettent de soutenir deux poutres latérales, qui traversent la passe rive droite du barrage. Au niveau de la rampe, le platelage est équipé de dalles à gradines.

LA PASSE À POISSONS

Il s'agit d'une passe à poissons à bassins successifs (figure 31).

Les ouvrages constitutifs de la passe à poissons sont les suivants :

- Un ouvrage de prise d'eau en amont muni d'une vanne d'isolement pour les périodes de crues ;
- Seize bassins successifs ;
- Une conduite métallique de débit d'attrait ;
- Un bassin aval où transitent à la fois le débit de la passe et le débit d'attrait ;
- Un pertuis de restitution vers la Seine, contrôlé par une vanne qui permet de garantir une chute constante entre le niveau dans le premier bassin et le niveau aval de la Seine.

L'AUTOMATISME

Afin de répondre aux contraintes d'exploitation et de dysfonctionnement éventuel de l'aménagement, plusieurs modes de fonctionnement sont actionnés. Tout d'abord, le mode automatique qui gère la position des clapets en fonction du niveau amont et des contraintes liées à l'exploitation. Le mode manuel permet à l'exploitant de manœuvrer les clapets quel que soit le niveau du bief amont. Quant au mode dégradé, il intervient en cas de panne complète du système automatisé.

Les cheminements électriques sont prévus. Ils interviennent en tranchée entre le mirador du barrage actuel et le nouveau bâtiment de commandes,

et entre le bâtiment de commandes et les vannes de la passe à poissons. Ils sont en fourreaux dans les poutres caissons de la passerelle et en caniveau au niveau des piles.

L'ÉCLAIRAGE

Un éclairage de mise en valeur de l'ouvrage est disposé au droit de chacune des piles et de la passerelle. Un balisage permet la circulation nocturne dans les coursives et terrasses techniques. L'éclairage est très diversifié : réglottes fluorescentes, spots lumineux, projecteurs, éclairage de scénographie, feux de signalisation fluviale.

PROLONGEMENT DU MUR GUIDEAU ET CÂBLE PARE-BATEAU

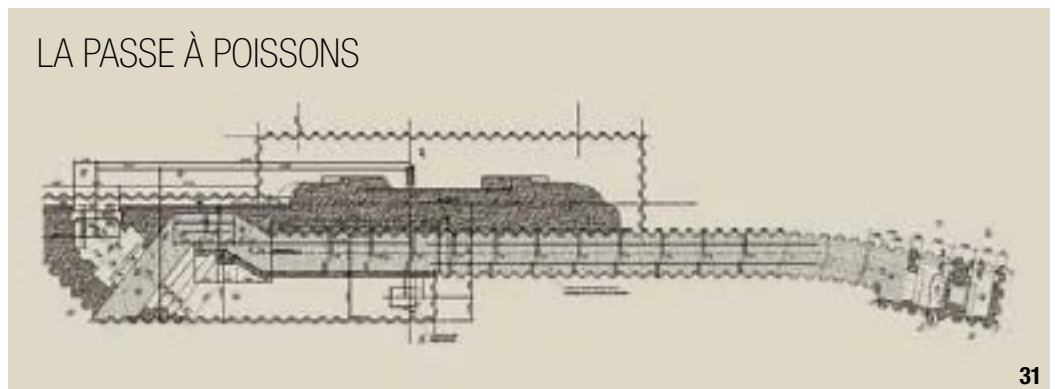
La protection contre les courants traversiers à l'amont de l'écluse est assurée par le prolongement du mur guideau à la pointe amont de l'îlot entre le barrage et l'écluse, d'une longueur équivalente à la distance moyenne entre l'amont du barrage actuel et l'amont du nouveau barrage, soit 55 mètres.

Un câble d'arrêt est prévu, installé à l'amont du futur barrage. Ce câble est dimensionné pour pouvoir stopper un convoi de 5 000 tonnes à la vitesse de 1,5 mètre par seconde. Après déclenchement, le câble pourra être remis en place à l'aide d'un treuil manuel disposé à terre.

Pour cette opération, il est souhaité qu'après un largage volontaire, le câble puisse être réarmé sans avoir recours à la mise à flot d'une embarcation pour l'insertion de la boucle du câble dans le croc de réarmement. Ce câble devra assurer la sécurité des enceintes batardeaux et être ainsi disposé préalablement à tous travaux en Seine.

LES BATARDEAUX FLOTTANTS

Les batardeaux amont et aval constituent chacun une bouchure flottante.



31

31- La passe à poissons.

31- The fish pass.

Avec une longueur de 31,5 mètres pour une hauteur de 9,5 mètres, le batardeau flottant amont a une masse de l'ordre de 100 tonnes. De même longueur et d'une hauteur de 7 mètres, le batardeau aval a, lui, une masse de l'ordre de 80 tonnes.

Le principe de manutention des batardeaux flottants repose sur leur mise à l'eau ou leur sortie de l'eau au moyen d'un camion-grue pour cette opération réalisée depuis la berge rive gauche. La plateforme de manutention doit pouvoir supporter des charges verticales ponctuelles très importantes, appliquées en tête par les engins.

Amenés à proximité du barrage à l'aval de deux remorqueurs, les batardeaux flottants sont axés sur les piles de la passe à batardeau, puis coulés par remplissage de ballasts. La mise en œuvre du verrouillage et du ballastage est réalisée depuis les piles ou depuis les pousseurs. □

L'ENSEMBLE DES INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Voies Navigables de France

MAÎTRE D'ŒUVRE : Coyne et Bellier (mandataire) / Spretec / Luc Weizmann Architecte

CONTRÔLEUR TECHNIQUE : Seco

CSPS : Becs

ENTREPRISES : Groupement Bouygues-TP (mandataire) / Bouygues-TP Régions France / EMCC

LES PRINCIPAUX PARTENAIRES

BUREAU D'ÉTUDES

- Eurodim pour la vantellerie ;
- BY TP RF pour le génie civil ;
- Technosol pour mission géotechnique G3 ;
- IOA pour le bâtiment de commande.

SOUS-TRAITANTS / FOURNISSEURS

- Fondations et tirants : Soletanche Bachy ;
- Ferrailage : SAMT ;
- Fourniture et pose vantellerie : Ducrocq Ingenierie process ;
- Fourniture et pose de la passerelle : Eiffage Construction métallique ;
- Fourniture et pose des équipements hydraulique et électriques : Douce-hydro / Oilgear Towler ;
- Fourniture de l'éclairage : Actemium ;
- Fourniture et pose de la serrurerie : RDLR ;
- Auscultation et contrôles : Soldata et Rincent BTP ;
- Terrassement : Vialis ;
- Coffrage des piles : CMF.

ABSTRACT

A NEW DAM TO REPLACE THE OLD CHATOU DAM (PARIS REGION)

NICOLAS DURAME, BOUYGUES - CATHERINE DEBAENE, BOUYGUES

The Chatou dam, located on one of the largest goods transport arteries in France, is in the process of renovation. A new structure is set to eventually replace the old one, with a view to a general renovation of the site. Here, step by step, is the sequence of operations. □

UNA NUEVA PRESA SUSTITUYE A LA ANTIGUA EN CHATOU (78)

NICOLAS DURAME, BOUYGUES - CATHERINE DEBAENE, BOUYGUES

Se está renovando la presa de Chatou (78), situada en uno de los ejes más importantes de Francia en materia de transporte de mercancías. A largo plazo, una nueva obra, que tiene por objeto una recalificación general del emplazamiento, debe sustituir a la antigua. A continuación figura el desarrollo de la operación, etapa por etapa. □



1- L' *Overflow Shaft* terminé.

1- The completed overflow shaft.

© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

LE LEE TUNNEL : À LONDRES, UN LIEN ENTRE LE XIX^e ET LE XXI^e SIÈCLE

AUTEUR : JEAN-CHRISTOPHE GALAN, RESPONSABLE MÉTHODES ET OUVRAGES PROVISOIRES, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS

RELIANT LA STATION DE POMPAGE D'ABBEY MILLS À LA STATION D'ÉPURATION DE BECKTON DANS L'EST DE LONDRES, LE LEE TUNNEL S'INSCRIT DANS LE PROGRAMME THAMES TIDEWAY MENÉ PAR THAMES WATER, DANS LE BUT DE MODERNISER UN RÉSEAU D'ÉGOUTS DATANT DE L'ÉPOQUE VICTORIENNE ET DE RENDRE LA TAMISE PLUS PROPRE ET SES EAUX DE MEILLEURE QUALITÉ.



2 © DR



3

LE CONTEXTE HISTORIQUE

Vers les années 1850, la Tamise n'était plus qu'un égout à ciel ouvert, dénué de toute vie et qui constituait un véritable risque sanitaire. La situation atteint son paroxysme à l'été 1858 avec l'infâme « *Great Stink* » (la Grande Puanteur) forçant alors le gouvernement à déménager du Parlement dont les fenêtres

donnaient sur la Tamise.

Les très inhabituels étés caniculaires de 1855 et 1858 firent de la Tamise un véritable cloaque aux odeurs nauséabondes et insupportables. À cette époque, 400 000 tonnes d'eaux usées étaient déversées chaque jour dans la rivière, équivalant à 150 millions de tonnes par an. La chaleur estivale

exacerbait le développement bactériologique ainsi que la dissémination du choléra. En 1859, l'ingénieur Joseph Bazalgette, alors directeur du *Metropolitan Board of Works* (Conseil métropolitain de Travaux), proposa un programme de construction d'un réseau d'égouts de grande capacité qui intercepterait les eaux usées et

pluviales pour les transporter et les déverser dans un endroit dédié, bien plus à l'aval de Londres (figure 3).

La topographie de la capitale nécessitait un certain nombre de stations de relevage que Bazalgette plaçait à Deptford, Crossness, Abbey Mills et Chelsea Embankment (photo 4). Les stations de Beckton et Crossness ne consistaient dans le programme de Bazalgette qu'en zones de stockage et points de déversement à marée descendante dans la Tamise. Les installations de traitement n'y firent leur apparition qu'à partir de 1882. D'autres stations de traitement furent construites au cours du siècle suivant, suite au développement des méthodes d'épuration.

CONCEPTION D'UN PROGRAMME DE GRANDE ENVERGURE

Le Parlement accepta ce programme qui, pour l'époque, était gigantesque et coûterait trois millions de livres sterling. Bazalgette conçut cinq collecteurs principaux parallèles à la Tamise : trois au Nord (*Northern High, Middle et Low Level Sewers*) qui se déversaient dans le *Northern Outfall Sewer* (émissaire nord) et deux au Sud (*Southern Low et High Level Sewers*) qui se déversaient dans le *Southern Outfall Sewer* (émissaire Sud).

La construction dura quinze ans et fut le plus grand projet de génie civil britannique du XIX^e siècle et l'une des plus extraordinaires structures en briques au monde, malheureusement cachée au public car enterrée. Le *Northern Low Level Sewer* circule à l'intérieur de nouvelles berges construites sur des terrains conquis sur la Tamise et les chantiers navals.

2- L'ingénieur Sir Joseph Bazalgette.

3- Le projet de Sir Joseph Bazalgette.

4- La station de pompage d'Abbey Mills.

2- The engineer Sir Joseph Bazalgette.

3- Sir Joseph Bazalgette's project.

4- The Abbey Mills pumping station.



© PHOTO THÈQUE VINCI ET FILIALES

4



en deuxième phase, suit la Tamise sur 22 kilomètres de long et permettra de stocker 1,5 million de mètres cubes d'eaux usées provenant de 34 déversoirs d'orage. Le *Lee Tunnel*, construit en première phase, est plus court. Avec 6,9 kilomètres de long, il permet de capter les eaux rejetées par la plus importante station de relevage du nord de Londres (Abbey Mills) qui recueille les eaux provenant des collecteurs moyen et bas du nord de Londres (*Northern Middle et Low Level Sewers*). Sa capacité de stockage est de 380 000 mètres cubes et il achemine directement, de façon gravitaire, les eaux à la station d'épuration de Beckton, déjà la plus importante de Londres, et actuellement en travaux pour augmenter sa capacité de traitement de 60 % (photo 6).

LE PROJET *LEE TUNNEL*

Le contrat a été attribué à la joint-venture MVB (Morgan Sindall, VINCI Construction Grands Projets et Bachy Soletanche) fin 2009. Les équipes ont été mobilisées dès janvier 2010 et ont pris possession du site en juin 2010. Les travaux devraient être achevés en 2015 (figure 5).

Le projet est composé d'une succession de structures très différentes dont les fonctions sont décrites ci-après en partant de l'amont du système.

Une série de dalots connectés aux structures existantes d'Abbey Mills permettent de capter, lors des violents orages, les eaux usées avant leur rejet dans la rivière Lee, affluent principal de la Tamise.

7- Les hydro-fraises sur les puits de pompage et de connexion.

8- Le levage du tunnelier et la descente dans le puits de lancement.

7- Hydro-cutters on the pumping and connection shafts.

8- Raising the tunnel boring machine and lowering it into the launching shaft.

Ces effluents sont ensuite déchargés dans le puits F (*Shaft F*) situé à l'extrémité amont du *Lee Tunnel*.

Ce puits est équipé de « cascades ». Il s'agit de dalles disposées en quinconce qui permettent de briser l'énergie engendrée par la chute des eaux jusqu'au bas du puits. Le *Lee Tunnel* conduit ensuite les eaux jusqu'au puits de connexion (*Connection Shaft*), 6 kilomètres plus à l'aval. C'est le point le plus bas du projet.

Un tunnel d'aspiration (*Suction Tunnel*) connecte le puits de connexion au puits de pompage (*Pumping Shaft*). C'est dans ce dernier que se trouvent tous les équipements de pompage qui permettent de vider, quand il est plein, le système vers la station de traitement de Beckton. ▶



À l'aval du puits de connexion, le *Lee Tunnel* se poursuit sur 800 mètres pour déboucher sur le puits de décharge (*Overflow Shaft*) situé à proximité de la Tamise. Bien que le système soit dimensionné pour faire face à la plupart des événements météorologiques, il peut encore éventuellement saturer en cas de situations exceptionnelles. Dans ce cas, le système peut déborder par le puits de décharge vers un émissaire qui rejette le surplus d'eau dans la Tamise.

DES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION INNOVANTES ET VARIÉES

Le projet du *Lee Tunnel*, du fait de sa diversité, requiert l'utilisation de techniques variées de construction. Les puits, tout d'abord, ont été réalisés à la benne preneuse pour passer les premiers horizons de sédiments et de graviers, pour laisser ensuite place à l'hydrofraise, technique de construction mise au point par Soletanche Bachy, maison mère de Bachy Soletanche, partenaire du groupement. Pour les parois les plus profondes, une hydrofraise a même dû être spécialement fabriquée pour pouvoir excaver des panneaux de 1,80 mètre d'épaisseur. Les parois ont été dimensionnées pour permettre une excavation sur la pleine hauteur des puits sans avoir à installer des butons lors de la descente (photo 9).

DES MÉTHODES ADAPTÉES AUX CONDITIONS GÉOLOGIQUES

Pour s'affranchir des venues d'eaux en fond de puits, différentes méthodes ont été mises au point, pour répondre aux conditions géologiques. Pour le premier puits, la proximité de la Tamise et la présence d'un réseau de failles interdisaient d'envisager le rabattement de la nappe phréatique autour de ce dernier. Le puits a donc été excavé en pompant les venues d'eaux en fond de puits, collectées par un puisard. Afin de limiter le débit d'eau et surtout l'apparition d'effets de renard, les parois moulées ont été prolongées par un rideau d'injection réalisé à travers des tubes mis en place dans les panneaux lors de leur construction. Des essais de pompage ont ensuite été réalisés afin de s'assurer que les débits de fuite n'excédaient pas les capacités de pompage, auquel cas un bouchon injecté aurait été réalisé.

Pour les puits de pompage et de connexion, la géologie était beaucoup plus favorable. Des essais de pompage préalables dans la zone ont révélé un très bon comportement du terrain et

9- Excavation de l'Overflow Shaft.

9- Excavation of the overflow shaft.

des perméabilités suffisamment faibles pour permettre d'envisager un rabattement de nappe. Celui-ci consiste en 12 puits de rabattement, chacun équipé d'une pompe.

Les débits constatés sont de l'ordre de 6 à 8 litres par seconde pour chaque puits. Pour le dernier puits, une contamination relativement élevée pourrait éventuellement compromettre l'option de rabattement de nappe. La technique qui sera utilisée n'est pas encore à ce jour finalisée.

Les radiers ont été optimisés en leur donnant une forme en dôme : ceci a permis de réduire leur épaisseur et également leur taux de ferrailage. La construction du revêtement définitif des puits a fait appel à la technique du coffrage glissant grâce au développement d'un concept tout à fait innovant.

L'EXCAVATION AU TUNNELIER À PRESSION DE BOUE

Le tunnel, soumis à des pressions hydrostatiques pouvant atteindre 8 bars, est excavé avec un tunnelier à pression de boue équipé d'appareils de foration pouvant être montés sur l'érecteur afin de permettre la réalisation d'injections à l'avancement (photo 8). En effet, bien que l'on espère profiter de zones plus imperméables pour effectuer les interventions de maintenance de la tête, le scénario « catastrophe » d'une casse matérielle nécessitant une intervention dans une zone à 8 bars de pression avec fortes venues d'eaux a été retenu pour le dimensionnement des équipements du tunnelier.

Pour finir, la construction de l'émissaire en rivière (*Outfall Culvert*) nécessite la construction d'un batardeau en palplanches et pieux sécants de 440 mètres de long, ainsi que de nombreuses interventions fluviales dans un contexte portuaire (port de Londres) et écologique (Environment Agency) très contraignants.

Cette liste est loin d'être exhaustive et les sujets hors normes ne manquent pas. Attardons-nous sur un sujet qui *a priori* n'avait rien d'extraordinaire mais qui au fil du projet est devenu surprenant.



© PHOTO THÈQUE VINCI ET FILIALES

LE PUIITS DE POMPAGE ET LE TUNNEL

Le puits de pompage est l'ouvrage de tous les records. Ses parois moulées mesurent 1,80 mètre d'épaisseur et descendent à 98 mètres de profondeur. Elles font partie des parois les plus épaisses et les plus profondes que l'on puisse trouver au niveau mondial. Une hydrofraise a dû être spécialement conçue pour le projet. Le diamètre intérieur est de 38 mètres et la profondeur de 87 mètres.

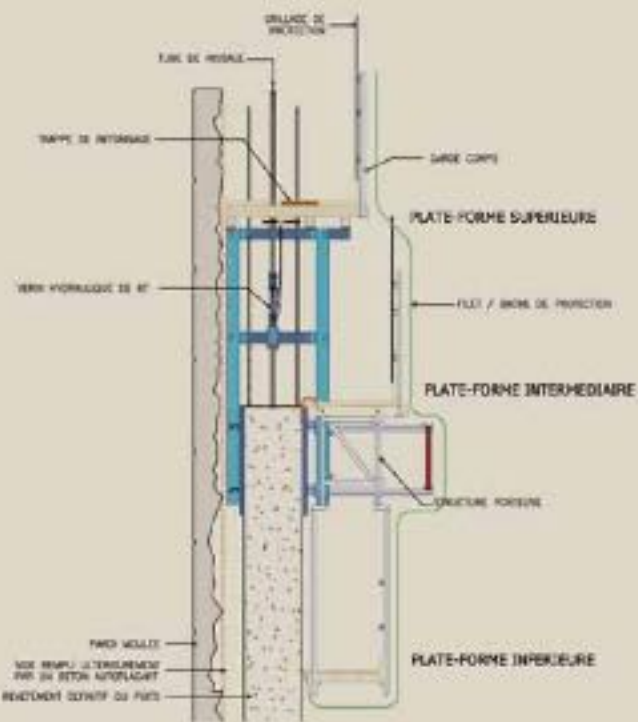
Ce puits est partitionné par un mur capable de reprendre une pression hydrostatique de 80 mètres, représentant une situation où, suite à l'avarie d'une pompe, une des moitiés serait noyée alors que l'autre continuerait d'être en service avec des pompes en fonctionnement. Ce mur mesure 4 m d'épaisseur à sa base et se réduit jusqu'à 1 m en tête.

Les pompes, au nombre de six, de 3,5 MW chacune peuvent refouler jusqu'à 3,05 m³/s sur 87 m de hauteur. Leur poids est approximativement de 92 tonnes.

Le tunnel, de 7,20 m de diamètre intérieur est composé d'un revêtement primaire, fait de voussoirs préfabriqués de 350 mm d'épaisseur et de 1,70 m de longueur. Ces voussoirs sont renforcés par 30 kg/m³ de fibres métalliques et par 1 kg/m³ de fibres polypropylènes.

Un revêtement secondaire, bétonné *in situ*, lui aussi fibré, de 300 millimètres d'épaisseur, assure une étanchéité parfaite du tunnel et évite ainsi tout risque de pollution de la nappe phréatique par d'éventuelles fuites. Ce tunnel se trouve à une profondeur variant entre 75 mètres et 85 mètres. La pression hydrostatique susceptible de s'exercer sur la structure est de 8 bars.

PRINCIPE DE LA CHEMINÉE dans le puits et coffrage glissant double face



10

UNE CHEMINÉE DANS UN PUIS !

L'équipe en charge du projet a fait de l'optimisation du design une priorité, avec pour objectif de réduire les quantités de matériaux et d'accélérer le programme de construction, déjà très tendu.

Les revêtements définitifs des puits ont donc été soigneusement étudiés. Cette tâche est d'ailleurs encore en cours puisque le dernier puits, celui de pompage, est en cours de design. Nous ne nous attarderons donc que sur les deux premiers puits (décharge et connexion) dont la conception est entièrement achevée.

Une approche innovante a permis de minimiser les quantités d'armatures. S'il est possible de maintenir de façon permanente le revêtement définitif des puits en compression, même quand ceux-ci sont remplis d'eau, les armatures peuvent être supprimées. L'idée a donc été de créer un vide entre ce revêtement et les parois moulées qui serait ultérieurement rempli avec un fluide.

La pression hydrostatique mettrait alors la « cheminée » de béton en compression. À ce stade, il suffirait que cette précontrainte extérieure puisse être bloquée dans la structure.

La solution fut d'utiliser comme fluide un béton très retardé approchant des caractéristiques d'un béton autoplaçant (figure 11).

Les contraintes aux limites du béton posaient également problème. À l'interface entre le revêtement et le radier, les moments de flexion y apparaissent lors de la mise en compression, réclamaient la mise en place de ferrailage. Afin que le revêtement puisse donc glisser librement à la surface du radier lors de sa contraction sous l'effet de la précontrainte extérieure, une membrane de glissement a été installée entre les deux éléments de structure.

10- Principe de la cheminée dans le puits et coffrage double face.

11- Comparaison illustrant le gain dû à la précontrainte extérieure sur le revêtement du puits.

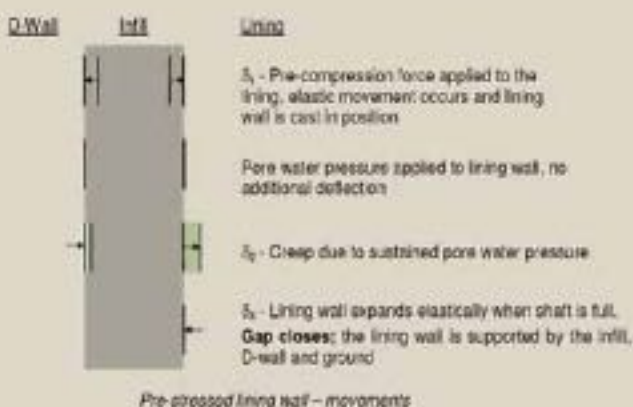
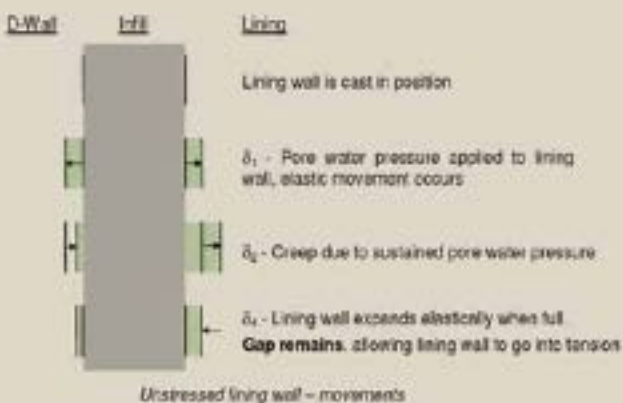
10- Schematic of the stack in the shaft and double-sided sliding formwork.

11- Comparison illustrating the gain due to external prestressing on the shaft.

ZOOM SUR LE COFFRAGE GLISSANT

À ce stade, la technique de construction qui s'imposait était le coffrage glissant, d'autant que cela permettait d'éliminer tous les joints de construction qu'un coffrage grimpant aurait créés (figure 10). *In fine*, toutes les armatures purent être remplacées par des fibres métalliques. L'unique section qui a nécessité des armatures est le portail autour de l'entrée du tunnel. ▶

COMPARAISON ILLUSTRANT LE GAIN dû à la précontrainte extérieure sur le revêtement du tunnel



11

LES PUIS F, DE CONNEXION ET DE DÉCHARGE EN CHIFFRES

Le puits F mesure 25 mètres de diamètre intérieur et 68 mètres de profondeur. Ses parois moulées font 1,20 mètre d'épaisseur, elles descendent à 83 mètres de profondeur et sont doublées d'un revêtement définitif de 750 millimètres d'épaisseur bétonné *in situ*.

Le puits de connexion fait 25 mètres de diamètre intérieur et 78 mètres de profondeur. Ses parois moulées mesurent 1,50 mètre d'épaisseur et descendent à 92 mètres de profondeur. Le revêtement définitif fait également 750 millimètres d'épaisseur.

Le puits de décharge est le plus petit d'entre tous. Il ne mesure que 20 mètres de diamètre et 74 mètres de profondeur. Les parois moulées font 1,20 mètre d'épaisseur et descendent à 90 mètres de profondeur. Il est équipé en tête d'une surverse qui permet d'évacuer l'excès d'eau vers la Tamise.



12

© PHOTO THÉQUE VINCI ET FILIALES



13



14

© PHOTO THÉQUE VINCI ET FILIALES

12- Le coffrage glissant en phase d'ascension, (en bas à gauche : le portail et l'entrée du tunnel).

13- Coffrage glissant au passage de l'entrée du tunnel.

14- Le coffrage glissant circulaire en fin de bétonnage.

12- Sliding formwork in the raising phase (in the bottom left-hand: the tunnel portal and entrance).

13- Sliding formwork in the tunnel entrance passage.

14- Circular sliding formwork at end of concreting.

De par sa géométrie (face plane) et sa situation (interface entre le tunnel et les puits), cette structure reste soumise à des moments de flexion et nécessite donc un ferrailage conventionnel (photo 13).

Le coffrage glissant consiste en une structure modulaire pré-assemblée en tête de puits et ensuite descendue par sections. L'assemblage final est alors rapide et ne requiert que peu d'interventions en fond de puits. Le coffrage double face de 1,20 mètre de haut est monté sur une structure circulaire elle-même fixée sur une série de chevalets. Ils se hissent le long de barres métalliques grâce à des vérins hydrauliques

de 6 tonnes de capacité. Les deux principaux défis ont été le passage de l'entrée du tunnel et le changement de configuration (photo 12).

L'entrée du tunnel est formée par une virole métallique de 9 mètres de diamètre et de 3 mètres de profondeur noyée dans le béton. C'est sur cette virole que seront fixées ultérieurement les brosses d'étanchéité pour le lancement du tunnelier. Cette virole constitue donc un obstacle le long duquel le coffrage glissant doit pouvoir glisser tout en laissant passer les chevalets supports.

Le portail autour du tunnel ne s'inscrit pas dans la courbure du puits mais

constitue une face plane qui rompt la symétrie du puits. Au démarrage, le coffrage comporte donc cette face plane. Une fois le tympan passé, le coffrage s'arrête pour être reconfiguré : la section rectiligne est démontée et est remplacée par une section circulaire. Le joint de construction formé à ce niveau est l'unique joint de construction sur les 73 mètres de parement du puits (photo 1).

UN PLANNING SERRÉ

La première phase, correspondant à la partie basse du puits comportant le tympan, fut réalisée en 7 jours. Le changement de configuration dura 3 jours.



La phase finale (section circulaire) fut réalisée en 11 jours. Les bétonnages se faisaient en continu, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. L'ensemble du revêtement définitif fut réalisé à la vitesse moyenne de 16 cm/h. La vitesse de pointe atteinte a été de 28 cm/h.

D'AUTRES CHALLENGES À VENIR

La joint-venture MVB, constituée de trois des principales entreprises de BTP au Royaume-Uni que sont Morgan Sindall, VINCI Construction Grands Projets et Bachy Soletanche a d'ores et déjà démontré en presque deux ans ses capacités à relever les défis, à faire preuve d'innovation et à s'adapter à de nouvelles situations.

Les défis qui s'annonçaient à l'époque de l'appel d'offres et ceux apparus depuis le démarrage du projet ne sont

que la première étape de cette aventure. D'ici 2015, d'autres challenges tels que l'excavation du tunnel sous 8 bars de pression, les équipements électromécaniques ou encore les pompes de relevage de 3,5 MW chacune seront autant d'étapes à franchir avant de contribuer à livrer une Tamise propre aux générations futures. □

15- Le convoyeur pour le transport du marinage vers les barges d'évacuation.

15- Conveyor for muck transport to the removal barges.

LES INTERVENANTS

CLIENT : Thames Water

CONSULTANT CLIENT : CH2M HILL

BUREAU D'ÉTUDES DU CLIENT : AECOM

ENTREPRISES : Joint-venture MVB constituée de Morgan Sindall, VINCI Construction Grands Projets et Bachy Soletanche Ltd (VINCI Construction).

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

PAROIS MOULÉES :
35 200 m²

MARINAGE ESSENTIELLEMENT ÉVACUÉ PAR BARGES (photo 15) : 740 000 m³

BÉTON : 223 000 m³

ARMATURES : 18 000 t

TUNNEL : 6 905 m

POMPES PRINCIPALES DE 3,5 MW : 4 unités

CAPACITÉ DE POMPAGE INSTALLÉE : 12 m³/s
soit 1 million m³/jour

ABSTRACT

LEE TUNNEL: IN LONDON, A LINK BETWEEN THE 20TH AND 21ST CENTURIES

JEAN-CHRISTOPHE GALAN, VINCI

The four-mile Lee Tunnel will help prevent 16 million tonnes of sewage entering the River Lee each year during heavy rainfall – a result of London's Victorian sewers not being big to cope with a 21st century city which has trebled in size and continues to grow, and has areas of natural drainage concreted over. The seven-meter diameter tunnel - the width of three London buses – will capture discharges from London's largest combined sewer overflow at Abbey Mills Pumping Station in Stratford, following heavy rain. The tunnel will transfer the flows to Beckton sewage works, which is being expanded by 60 per cent to deal with the increased volumes. The tunnel will reach depths of up to 75 metres. The Lee Tunnel is one of three schemes that make up Thames Water's London Tideway Improvements programme, to create a cleaner, healthier River Thames. Construction began in September 2010 and tunnelling work is expected to finish by the end of 2013. The project should be completed by 2015. The joint venture contractor MVB brings together three of the leading UK Civil Engineering companies, Morgan Sindall, VINCI Construction Grands Projets and Bachy Soletanche. □

EL LEE TUNNEL: EN LONDRES, UN VÍNCULO ENTRE LOS SIGLOS XIX Y XXI

JEAN-CHRISTOPHE GALAN, VINCI

El Túnel Lee, de 6,4 km de longitud, evitará la entrada de 16 millones de toneladas de aguas residuales al año en el río Lee en situaciones de fuertes precipitaciones. Este fenómeno viene sucediendo debido a la escasa capacidad de las alcantarillas victorianas de Londres, no adaptadas a una ciudad del siglo XXI que ha triplicado su tamaño y sigue creciendo, y algunas de cuyas áreas de drenaje natural han sido obstruidas con hormigón. El túnel, de siete metros de diámetro (la anchura de tres autobuses londinenses) captará el excedente de aguas residuales del mayor desagüe colectivo de Londres, en la estación de bombeo de Abbey Mills (Stratford), en caso de fuertes lluvias. El túnel transferirá los flujos a la estación depuradora de aguas residuales de Beckton, cuya capacidad está siendo incrementada un 60% para poder tratar los crecientes volúmenes. El túnel alcanzará una profundidad máxima de 75 metros. El Túnel Lee es uno de los tres proyectos que componen el programa de mejora de la limpieza y la salubridad del río Támesis (Thames Water's London Tideway Improvements). La construcción comenzó en septiembre de 2010 y está previsto que las obras de perforación del túnel terminen a finales de 2013. El proyecto debería estar finalizado en 2015. El contratista MVB colabora en régimen de joint-venture con tres de las principales empresas de ingeniería civil británicas: Morgan Sindall, VINCI Construction Grands Projets y Bachy Soletanche. □



1- Arrivée de la drague Vesalius.

1- Arrival of the Vesalius dredger.

DEUX TUNNELS ROUTIERS SOUS LA RIVIÈRE TYNE À NEWCASTLE

AUTEURS : BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS - UK BRANCH : NICOLAS CAILLE, DIRECTEUR DE PROJET - DANIEL CLERT, DIRECTEUR DE TRAVAUX, GÉNIE CIVIL - SERGE COSTA, DIRECTEUR DE TRAVAUX, ÉLECTROMÉCANIQUE - RÉMI SALA, PLANIFICATEUR

NOMMÉ *NEW TYNE CROSSING*, À NEWCASTLE EN GRANDE-BRETAGNE, LE PROJET CONSISTE À CONSTRUIRE UN NOUVEAU TUNNEL ET À RÉNOVER LE TUNNEL ROUTIER EXISTANT SOUS LA RIVIÈRE TYNE. BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS - UK BRANCH A OBTENU LE CONTRAT DE CONCEPTION ET CONSTRUCTION FIN 2007. COMMENCÉE EN 2008, LA CONSTRUCTION VIENT DE S'ACHEVER AVEC L'OUVERTURE DES OUVRAGES À LA CIRCULATION, EN NOVEMBRE DERNIER.

CONTEXTE ET DESCRIPTION DU PROJET

Inauguré en 1967 par la reine Elizabeth II, le tunnel existant sous la rivière Tyne est un tunnel à péage à deux voies de circulation situé sur la route A19. Il relie les communes de Jarrow au Sud et de Howdon au Nord. C'est un tunnel circulaire de 9,5 mètres de diamètre et de 1,7 kilomètre de long. Conçu pour accueillir 25 000 véhicules par jour, sa capacité est maintenant dépassée, avec plus de 34 000 véhicules. Les études de trafic prévoient jusqu'à 43 000 véhicules par jour d'ici 2021. Il existe aussi deux autres tunnels, pour les piétons

et les cyclistes ouverts depuis 1951. Le projet *New Tyne Crossing* consiste à construire un nouveau tunnel et à rénover l'ouvrage existant.

Le contrat de conception et construction du *New Tyne Crossing* a été attribué à Bouygues Travaux Publics-UK Branch fin 2007. Les travaux ont commencé courant 2008, suivant un découpage en sections.

TENIR COMPTE DES OUVRAGES EXISTANTS

L'équipe a dû faire face au défi que représentait la tranchée couverte et à des conditions géotechniques com-

plexes et hétérogènes. Les tranchées couvertes Nord et Sud du Tyne Tunnel ont nécessité la construction de 45 000 m² de parois moulées d'épaisseur variant de 0,8 à 1,2 mètres.

À certains endroits, les parois descendent à jusqu'à 32 mètres de profondeur. Leur construction a été adaptée afin de permettre de réaliser les interfaces avec les autres techniques de tunnels et les ouvrages existants.

Ainsi, à 50 mètres du portail Nord, une section de 8 mètres, appelée *Crossover Section* a fait l'objet d'un design spécial dû à la limitation en profondeur des parois moulées par la présence

du tunnel existant. Au plus près, les parois moulées du nouveau tunnel sont à moins de 3 mètres de la structure du tunnel existant. La construction et l'excavation de cette section ont aussi fait l'objet d'une mise en œuvre de méthodes spécifiques : la dalle de toit a été construite en premier et l'excavation réalisée ensuite sous cette dalle.

Les caissons immergés sont accolés à la tranchée couverte au niveau des structures de transition qui sont des puits profonds spécialement conçus pour accueillir les extrémités des caissons numéro 1 au Sud et numéro 4 au Nord.

Les tunnels SCL sont rattachés aux parois moulées par l'intermédiaire de quatre puits depuis lesquels les SCL ont été excavés puis bétonnés. À l'extrémité Sud du tunnel les parois de la tranchée couverte ont été réalisées en pieux tangents avec contre-voile côté tunnel. Enfin, le portail Sud, accolé aux pieux tangents, a été réalisé de manière classique avec une tranchée ouverte.

LES TUNNELS SCL

Le choix de remplacer la tranchée couverte par une structure de type SCL en deux endroits de la section Sud a été motivé par la présence de réseaux dont la déviation aurait provoqué un retard sur le programme.

Il s'agissait de quatre conduites de gaz principales de 12 pouces à 24 pouces au niveau du SCL1 et d'un émissaire

principal de 1,50 mètre de diamètre au niveau du SCL2.

LE TUNNEL IMMERGÉ

Les 4 caissons ont été fabriqués dans une ancienne darse désaffectée (7 000 m² - 70 000 m³) à seulement quelques kilomètres en amont du tunnel. Une fois la construction terminée, la darse a été mise en eau, puis chacun des quatre caissons a suivi le cycle d'immersion suivant : flottaison, sortie de la darse, transport jusqu'au point de parking, amarrage dans le bassin d'Howdon en attente du moment propice pour l'immersion, en fonction du marée. Étant donné le nombre significatif de navires commerciaux navigant sur la Tyne, un couloir de circulation devait être conservé et les interruptions du trafic fluvial minimisées.

VUE EN COUPE DES CAISSONS

Le nouveau tunnel comprend un espace de circulation à deux voies de 10 mètres de large du côté Ouest et deux galeries superposées de 1,5 mètre de large sur le côté Est, la galerie inférieure située de plain-pied avec le tunnel routier fait office de cou-

loir d'évacuation, au-dessus duquel est située la galerie de service permettant le passage des câbles électriques et des tuyaux d'alimentation pour les bouches d'incendie et le système de brumisation.

Les galeries et l'espace véhiculaire sont séparés par un voile en béton de 450 millimètres d'épaisseur. Les murs extérieurs ont une épaisseur de 650 millimètres coté Est et de 1 025 millimètres coté Ouest. Les dalles inférieure et supérieure sont respectivement épaisses de 1 000 millimètres et de 900 millimètres.

Au niveau de la dalle inférieure on trouve un talon de 65 centimètres de large de chaque côté, afin de mobiliser le poids du remblai pour obtenir une portance négative qui contribue au maintien en place du caisson en phase finale. La hauteur extérieure du tunnel est de 8,5 mètres. La largeur extérieure est d'environ 15 mètres au niveau des talons et de 13,7 mètres au-dessus (figure 2).

2- Vue en coupe d'un caisson.

3- Le joint de fermeture.

2- Cross-section view of a caisson.

3- The closing seal.

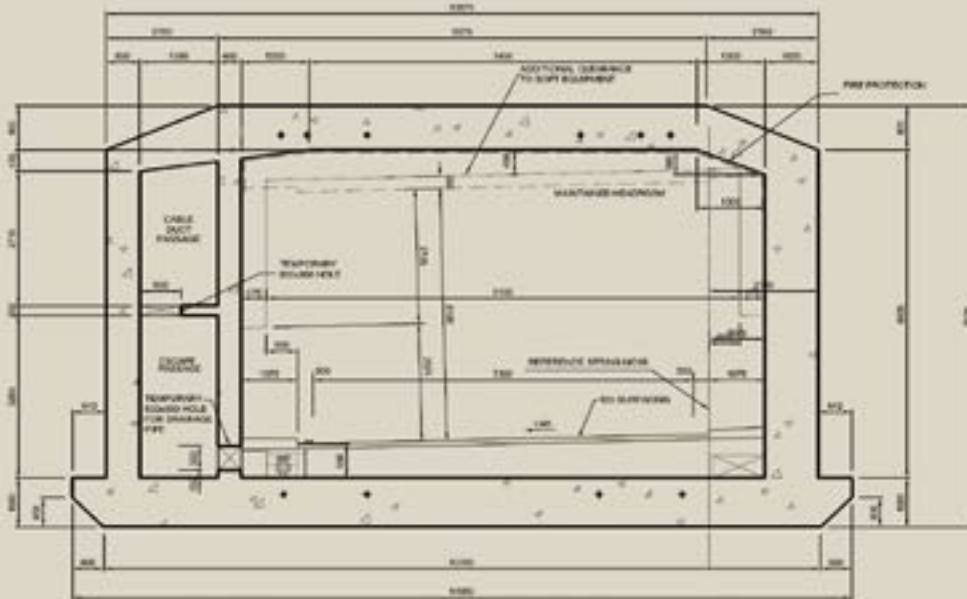
L'ÉLÉVATION LONGITUDINALE DE LA SECTION IMMERGÉE

Chaque caisson est composé de quatre segments A, B, C, D de 22,4 mètres chacun, à l'exception des éléments TE3/D et TE4/A aux abords du joint de fermeture, légèrement plus courts. L'élément TE1 est mis en place contre la structure de transition Sud. Viennent ensuite se placer derrière TE1 les éléments TE2 et TE3. TE4 est immergé contre la structure de transition Nord. Un joint de fermeture de 1,35 mètres est ensuite construit entre les éléments TE3 et TE4 après immersion (figure 3). Le puisard se trouve au point bas du tunnel au niveau du segment TE2/B. Tous les segments du tunnel sont construits droits. La courbure générale dans le plan vertical est réalisée par un angle entre les segments et au niveau des joints d'immersion. Dans le plan horizontal, la partie immergée du tunnel est linéaire sur toute sa longueur.

FABRICATION DES CAISSONS DANS LA DARSE DE WALLSEND

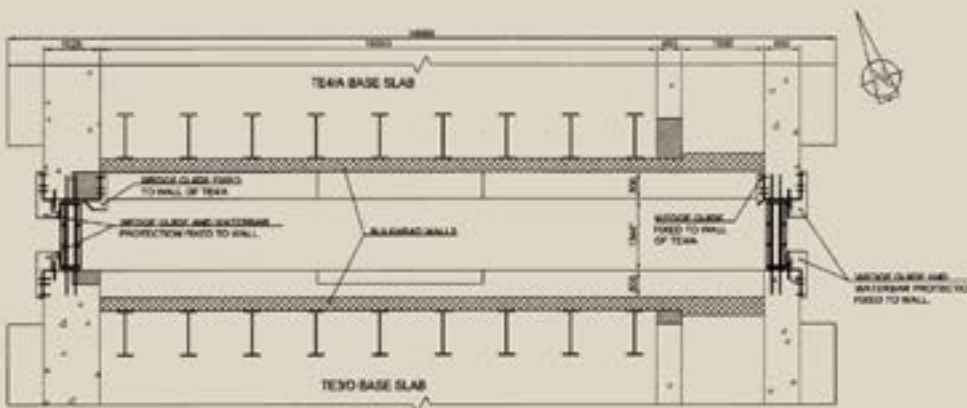
Chacun des quatre éléments de la partie immergée mesure environ 90 mètres de long pour 15 mètres de large et 8,5 mètres de haut. 4 000 m³ de béton ont été utilisés pour chaque caisson ce qui correspond à une masse d'environ 10 000 tonnes. Pour chaque élément, la fabrication de la dalle inférieure s'est déroulée en plusieurs phases. Les murs et la dalle de toit ont aussi été coulés en plusieurs étapes. ▷

VUE EN COUPE D'UN CAISSON



2

LE JOINT DE FERMETURE



3



4



5

Pendant le transport et l'immersion, les quatre segments de chaque caisson sont tenus ensemble par quatre câbles et six dans la dalle inférieure et six dans la dalle supérieure. Ces câbles sont coupés après l'immersion. Les extrémités des caissons sont fermées par des voiles en béton armé supportées par des profilés en acier résistant à la pression de l'eau pendant et après l'immersion. Des portes ont été prévues dans chaque cloison pour permettre l'accès entre les caissons mis en place (photo 4).

La réalisation de l'assise permanente pour les caissons se fait par injection de sable grâce à des tuyaux en PVC de 200 mm de diamètre. Ces tuyaux sont coulés dans la base des caissons. L'entrée se situe au niveau du talon Est, la sortie sous la dalle inférieure de ces structures, au centre.

Des joints d'immersion temporaires (*Gina Gaskets*) ont été utilisés entre chacun des caissons. Ces joints en caoutchouc sont maintenus en place par des plaques métalliques. Une fois comprimés ils créent une chambre remplie d'eau entre les parois aux extrémités des caissons. Cette chambre

est ensuite vidée et le vide créé contribue à plaquer les deux caissons entre eux hermétiquement.

Les caissons sont aussi équipés de 4 vérins de 200 tonnes permettant leur mise en place sur les plots en béton placés au fond de la rivière et d'un bollard de 100 tonnes et deux de 50 tonnes pour l'amarrage/ remorquage.

4- Cloison pour transport et immersion.

5- Tête de coupe rotative.

6- La drague Alexander Von Humbolt.

4- Partition for transport and immersion.

5- Rotary cutting head.

6- The Alexander Von Humbolt dredger.



6

DESCRIPTION DU PROJET

PARTIE NORD

- Tranchée couverte de 315 mètres ;
- Détournements de réseaux (égouts, électricité, gaz, télécommunications...) ;
- 2 nouvelles gares de péage (10 et 8 voies, y compris bureaux et sous-stations électriques) ;
- Rénovation de la tour existante (nouvelle salle de contrôle, et création d'une extension) ;
- Construction de deux nouveaux bâtiments de service.

PARTIE FLUVIALE

- Tunnel immergé (4 caissons de 90 mètres chacun), dragage du lit de la rivière et préfabrication des caissons en cale sèche (3 kilomètres en amont du chantier) ;
- Structures de transitions au nord et au sud (entre la tranchée couverte et les caissons immergés) ;
- Extension du quai existant sur la rive nord.

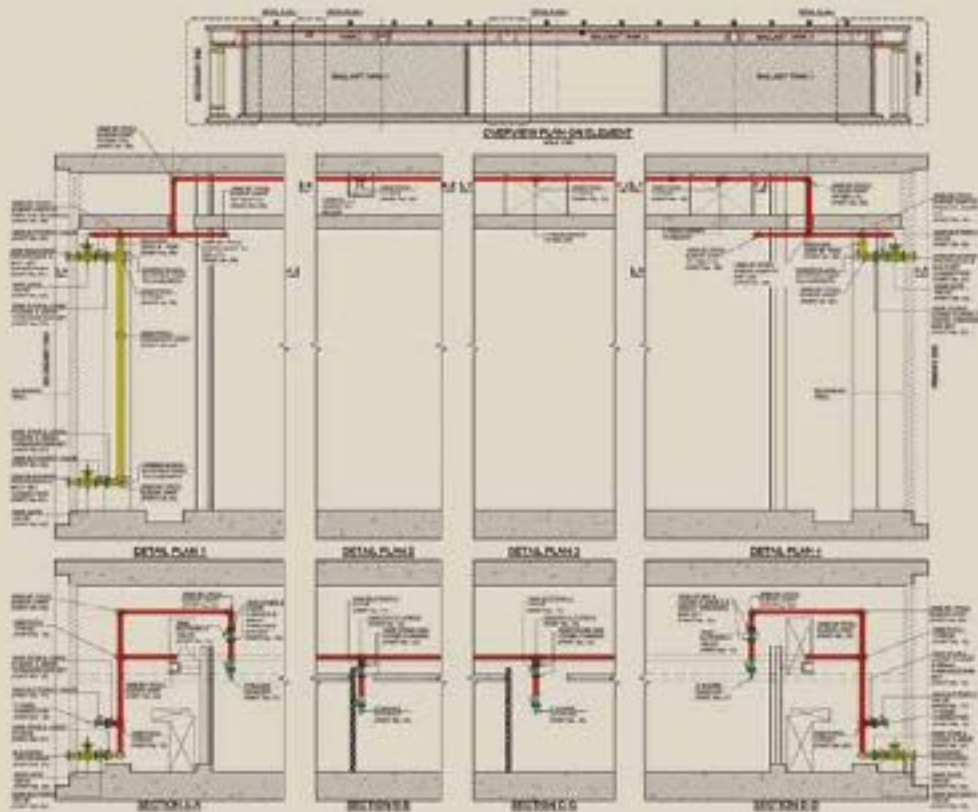
PARTIE DU SUD

- Tranchée couverte : 435 mètres en parois moulées, 185 mètres de pieux tangents, 130 mètres en tranchée ouverte (750 mètres au total) ;
- 2 tunnels forés, excavés en traditionnel, de type SCL (Sprayed Concrete Lining), de 31 et 40 mètres (71 mètres au total) ;
- Détournements de réseaux (égouts, électricité, gaz, télécommunications...) ;
- Construction d'un nouvel échangeur (sous circulation) ;
- Démolition d'un pont existant et construction de trois nouvelles structures dont deux ponts routiers ;
- Construction d'un nouveau bâtiment de ventilation et d'un nouveau bâtiment de service ;
- Rénovation du bâtiment de service existant.

RÉNOVATION DU TUNNEL EXISTANT

- Démolition des structures existantes ;
- Remplacement des équipements mécaniques et électriques existants ;
- Création d'une galerie d'évacuation longitudinale avec portes coupe-feu tous les 100 mètres ;
- Protection de la structure au feu ;
- Installation d'un système de brumisation sous haute pression en cas d'incendie.

DISPOSITION DES RÉSERVOIRS DE BALLASTAGE ET SYSTÈME DE POMPAGE



7



8

7- Disposition des réservoirs de ballastage et système de pompage.

8- Réservoir de ballastage.

7- Layout of ballasting tanks and pumping system.

8- Ballasting tank.

LE DRAGAGE

Fin 2008, le Port of Tyne a décidé de remblayer le Dock Tyne pour créer un nouvel espace d'activités. Pour combler le volume du Dock (environ 520 000 mètres cubes) situé à environ 2 kilomètres en aval du chantier, il a fallu changer la méthode de dragage, initialement prévue avec une drague à pelle rétro-excavatrice. Parmi les études préalables au remplissage du Dock ont été réalisés un modèle de sédimentation et une étude des sols. En conséquence, un mur de palplanche de 165 mètres

de long a été construit. Après modification et approbation de l'étude d'impact environnemental soumise par l'entreprise Environmental Impact Assessment, la solution retenue est celle d'une drague suceuse équipée d'une tête de coupe rotative.

Les sédiments sont aspirés par des pompes et acheminés vers le Tyne Dock via une conduite en partie flottante et en partie positionnée sur la rive Sud jusqu'au Dock.

Lors des opérations de dragage, les enjeux environnementaux étaient pri-

mordiaux et les autorités de régulation surveillaient de près les opérations de manière à veiller à ce que les impacts sur l'environnement restent minimes. Le dragage n'était pas envisageable entre avril et octobre en raison des risques possibles pour la faune aquatique, notamment la migration de certaines espèces le long de l'estuaire de la Tyne.

Les travaux se sont donc déroulés entre novembre et janvier. La qualité de l'eau (notamment les valeurs de turbidité et de quantité d'oxygène dissous) était

mesurée en permanence au moyen de 5 capteurs répartis en amont et en aval du chantier et reliés à une plate-forme Internet pour fournir des données en temps réel aux intervenants ainsi que des alertes transmises directement sur les téléphones mobiles en cas de dépassement des seuils prédéfinis.

Bouygues Travaux Publics a contribué au développement d'un programme de suivi des saumons et des truites de mer dans l'estuaire de la Tyne. Lancé par le Cefas (Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science) en 2003, il consiste à étudier le comportement des poissons au niveau de l'estuaire de la Tyne, et notamment l'impact des activités de construction liées au nouveau tunnel sur leur migration.

Les mouvements des saumons et des truites de mer sont surveillés à l'aide d'un système de télémétrie acoustique, composé d'émetteurs placés sur les poissons et de récepteurs positionnés stratégiquement le long de la rivière et de l'estuaire. Cette étude est réalisée en conjonction avec celle sur la qualité de l'eau au niveau du chantier et du port de la Tyne.

Ces travaux se sont traduits par le dragage de 360 000 m³ de sédiments envoyés au Tyne Dock via la conduite de 2 kilomètres et par le nettoyage de la tranchée avant l'immersion des caissons. Ils ont supposé aussi l'installation de 12 plots de fondations en béton servant de support pour les caissons. Et ont impliqué également le remblayage des caissons avec 170 000 m³ de matériaux et l'installation d'une couche de protection incluant 23 000 tonnes d'enrochement.

La drague suceuse à tête de coupe rotative *Vesalius (Cutter-Suction Dredger [CSD])* pouvant aspirer jusqu'à 25,5 mètres de profondeur (photos 1 et 5) et une conduite de 2 kilomètres pour acheminer les matériaux depuis le *Vesalius* jusqu'au Tyne Dock sont à compter au nombre des principaux moyens utilisés. Il faut mentionner aussi la drague à élince traînante *Alexander Von Humbolt (Trailing Suction Hopper Dredger [TSHD])* d'une capacité de 9 000 mètres cubes (photo 6). À laquelle s'ajoute une grue sur barge d'une capacité de 350 tonnes et deux bateaux de sondage et remorquage.

L'IMMERSION DES CAISSONS PAR ÉTAPES

L'immersion des caissons fut certainement l'un des événements les plus spectaculaires de la construction du nouveau tunnel.



9



10



11

La tension était à son maximum étant donné les enjeux techniques et les contraintes liées aux délais. En effet, la séquence d'immersion des quatre caissons était sur le chemin critique du planning de construction du nouveau tunnel, ce qui ne laissait aucun droit à l'erreur du point de vue des méthodes et de la technique.

Un couloir de navigation de 60 mètres a dû être maintenu à tout moment.

En fonction des marées, la mise à flot et le transport des caissons ne pouvaient se faire que pendant une période déterminée au cours de laquelle le marnage était suffisant.

LES TRAVAUX TEMPORAIRES POUR LA FLOTTAISON

Les extrémités des éléments sont fermées temporairement par des cloisons

9- Puits d'accès temporaire.

10- Tour de positionnement.

11- Ponton en forme de catamaran.

9- Temporary access shaft.

10- Positioning tower.

11- Floating dock in the form of a catamaran.

étanches pour les phases de transport et d'immersion.

Ces cloisons sont réalisées avec un voile en béton armé de 250 millimètres d'épaisseur supporté par des profilés métalliques sur la partie de l'espace de circulation ; au niveau des couloirs de service et d'évacuation, l'absence de profilés métalliques impose d'augmenter l'épaisseur du voile à 350 millimètres.

Toutes les cloisons comprennent une porte d'accès, des attentes et des ouvertures pour les tuyaux d'eau de ballastage, de ventilation, d'inspection et pour le système électrique.

Toutes les ouvertures sont ensuite rendues étanches pour le transport et l'immersion.

À l'intérieur des éléments, des réservoirs de ballastage sont disposés afin

PRINCIPALES QUANTITÉS

EXCAVATIONS : 400 000 m³

REMBLAIS : 100 000 m³

DRAGAGE : 370 000 m³

BÉTON : 120 000 m³

ARMATURES ACIER : 20 500 t

PAROIS MOULÉES

(Y COMPRIS PIEUX) : 45 000 m²

PALPLANCHES

ET COMBI WALLS : 3 800 t

de contrôler leur poids pendant l'ensemble des opérations de flottaison et de mise en place.

Les caissons sont ballastés au moyen de 5 réservoirs d'eau : deux principaux de 1 250 m³ dans l'espace de circulation, un troisième de 212 m³ et deux autres de 81 m³ dans le couloir d'évacuation.

Un système de pompes, tuyaux et vannes permet de contrôler le remplissage ou la diminution du niveau d'eau dans les réservoirs.

Ces derniers ont servi d'une part à permettre la bonne flottaison des caissons (équilibre, ligne de flottaison) et l'immersion (en augmentant la quantité d'eau dans les réservoirs de ballastage), (figure 7 et photo 8).

Pendant et après la construction des caissons, les masses réelles de béton et d'acier utilisées ainsi que celle des équipements sont mesurées et enregistrées avec précision. Les calculs pour

déterminer les niveaux d'eau dans les réservoirs à chaque étape du transport et de l'immersion sont effectués à partir de ces données. Lorsque tous les réservoirs sont vides, la ligne de flottaison des caissons est approximativement à 8 mètres de leur base.

Entre les réservoirs de ballastage numéros 1 et 5 (situés dans l'espace de circulation) des éléments TE1, 3 et 4, approximativement 30 m³ de béton de ballastage sont coulés le long du voile Ouest, avant d'inonder la darse, afin d'équilibrer les caissons transversalement.

Dans TE2 ce béton est coulé des deux côtés du segment TE2/B (segment du puisard).

La dalle supérieure des caissons a été conçue pour accueillir un bollard de 100 tonnes à chaque angle et deux bollards de 50 tonnes à proximité du joint entre les segments médians.

LA SORTIE DE LA DARSE ET LE TRANSPORT

Une fois les caissons achevés et équipés pour la phase de transport, les derniers tests sont réalisés sur les équipements électromécaniques (notamment le système de vannes et de pompes pour la gestion du niveau d'eau dans les réservoirs de ballastage). Ensuite, la darse est inondée progressivement et les caissons mis à flot.

La porte de la darse est ensuite ouverte et vient reposer au fond de la rivière sous le niveau du seuil. Le premier caisson est sorti de la darse, il est ensuite tracté par plusieurs remorqueurs jusqu'à son point de parking en attendant d'être immergé. Les autres caissons suivent la même séquence deux semaines après immersion du caisson précédent.

L'IMMERSION

Chaque élément a été construit avec une ouverture de 790 millimètres de diamètre au niveau du toit afin de permettre l'accès à l'intérieur lorsque celui-ci est à flot. Juste avant l'immersion un puits d'accès temporaire d'environ 20 mètres est fixé au dessus de l'ouverture, il permet l'accès au caisson après l'immersion (photo 9).

À l'autre extrémité du caisson, une deuxième tour est montée, elle permet d'effectuer un relevé topographique pour déterminer la position du caisson au moment de la mise en place (photo 10).

L'immersion est contrôlée principalement à l'aide d'un ponton en forme de catamaran et d'un système de treuilage depuis la berge. Le ponton est situé au-dessus du caisson afin

d'en contrôler la descente (photo 11). Quand les éléments sont immergés, les vérins aux quatre coins de la dalle inférieure viennent reposer sur les plots de fondation servant de support temporaire pour la phase de mise en place et permettant l'ajustement de la position verticale des caissons. Après mise en place du sable de fondation, les vérins sont rétractés et une soudure est réalisée entre le piston et sa chambre pour assurer une étanchéité durable.

Après immersion du dernier élément, il reste un espace d'environ 1,35 mètre entre les caissons TE3 et TE4. Une structure en acier composée de cales et de plaques en acier est appliquée contre les parois extérieures de TE3 et TE4. L'opération, réalisée par des plongeurs spécialisés, permet la mise en place d'un coffrage externe qui vient

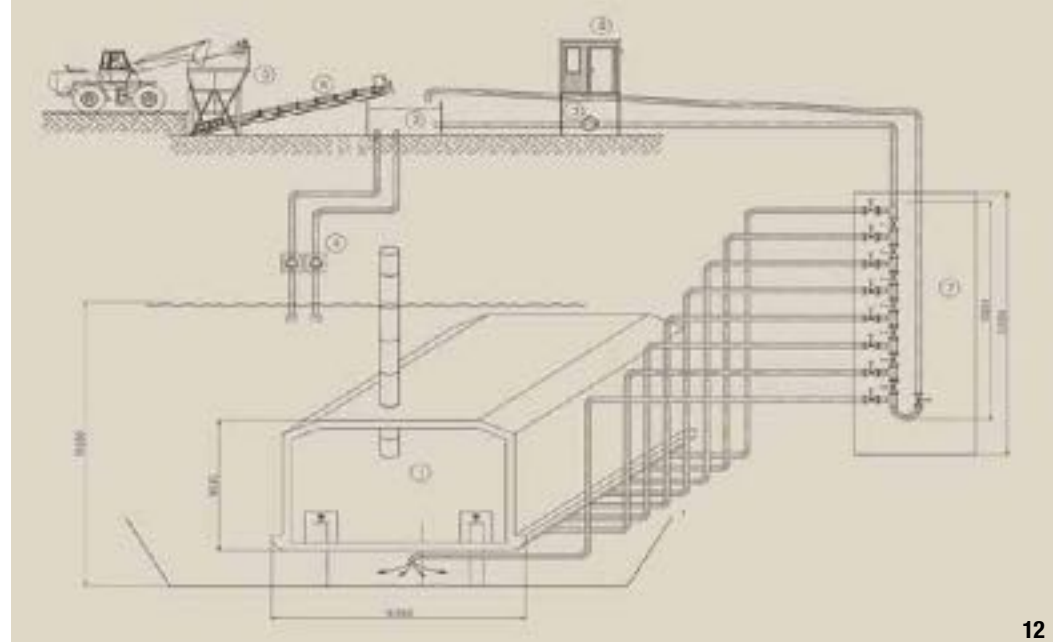
se coller par dépression contre les caissons lorsque l'eau entre TE3 et TE4 est vidée.

L'INJECTION DU SABLE ET LA RÉTRACTATION DES VÉRINS

Depuis la rive, un mélange de sable et d'eau est injecté sous les caissons afin de créer un sable de fondation. Le mélange circule *via* un réseau de conduites connectées aux tuyaux coulés dans la dalle inférieure des caissons. Le débit est de 250 mètres cubes par heure, avec un débit de sable moyen de 15 mètres cubes par heure, une unité de contrôle s'assurant que le taux de sable dans le mélange ne dépasse pas 10 %.

Le sable est maintenu en surpression de manière à garantir un remplissage homogène. ▶

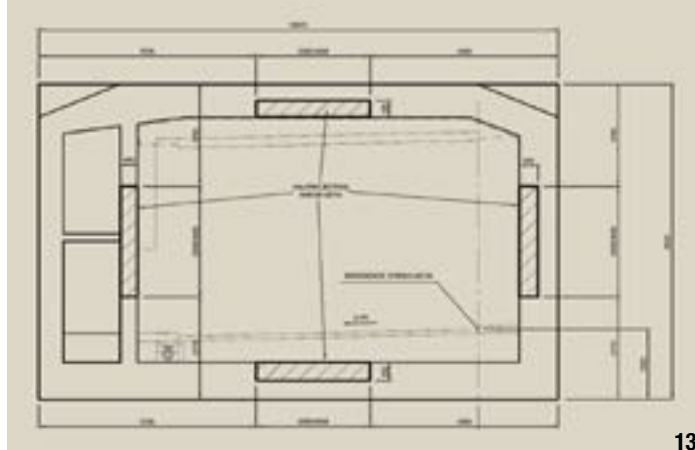
LE SCHÉMA DE PRINCIPE POUR L'INJECTION DU SABLE DE FONDATION



12- Le schéma de principe pour l'injection du sable de fondation.
13- Les Clés de Cisaillement.
14- Joint d'immersion.

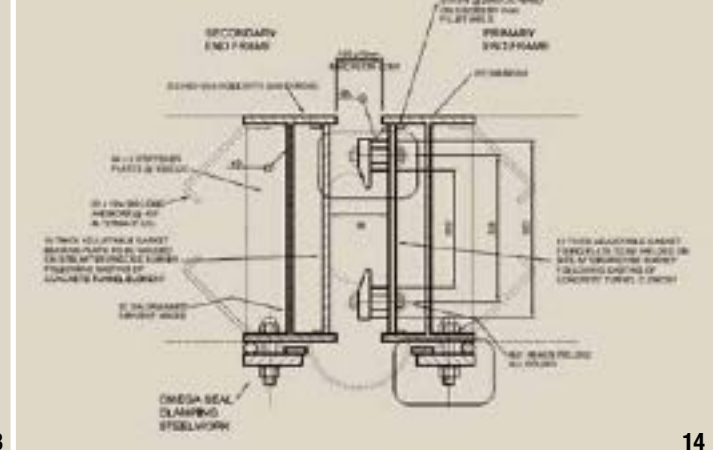
12- Schematic diagram of foundation sand injection.
13- Shear keys.
14- Immersion seal.

LES CLÉS DE CISAILLEMENT



13

JOINT D'IMMERSION



14



15



16

Lorsqu'il assure une portance suffisante - mesurée grâce aux vérins de support temporaire - les tuyaux sont déconnectés et placés sur le caisson suivant par des plongeurs spécialisés (figure 12).

LES TRAVAUX INTERNES

Les travaux internes commencent par le démontage des réservoirs d'eau et le coulage du béton de ballastage.

Une fois l'ensemble des caissons immergés, les réservoirs d'eau sont vidés et remplacés progressivement par un béton de ballastage dans l'espace de circulation. Dans la galerie d'évacuation, le poids des réservoirs de ballastage est également remplacé par un béton de remplissage.

Vient ensuite le coulage du joint de fermeture et des clés de cisaillement. Après découpe des câbles de précontrainte et une période d'observation du tassement au cours de laquelle les caissons viennent s'ajuster à leur position finale, des clés de cisaillement sont réalisées au niveau de chaque joint d'immersion et au niveau du joint de fermeture entre TE3 et TE4.

Elles permettent de sceller les caissons entre eux dans leur position finale.

On compte quatre clés pour chaque joint : dans la dalle inférieure, dans la dalle supérieure, dans le voile Ouest et dans le voile de séparation entre l'espace de circulation et les galeries de service et d'évacuation (figure 13).

Enfin, on procède à la réalisation des joints d'immersion. Ces derniers se situent entre deux caissons adjacents ainsi qu'entre les caissons et les structures de transition situées sur chaque rive. Ils consistent d'une part en un joint en caoutchouc de profil de type *Gina* fixé contre le profilé métallique sur une des extrémités des deux caissons adjacents, d'autre part en un joint de type *Oméga* placé depuis l'intérieur des caissons après immersion, lequel est recouvert de béton (figure 14).

CORROSION DES ARMATURES

Du fait de l'utilisation d'un béton répondant à des spécifications très sévères vis-à-vis de la durabilité, l'usage de protection cathodique n'a pas été retenu sur cet ouvrage, le risque d'initiation de la corrosion pendant la durée de vie de l'ouvrage étant considéré comme négligeable. En revanche une continuité électrique des armatures est mise en place afin de pouvoir permettre ultérieurement l'installation d'une protection cathodique. En outre, comme prévu dans le contrat, un système de *monitoring* de la corrosion, basé sur la présence d'une demi-douzaine d'élec-

15- Sondes de mesure de la corrosion des armatures.

16- Gare de péage du tunnel existant et tour de contrôle du concessionnaire TT2.

15- Renforcement corrosion measuring sensors.

16- Toll station of the existing tunnel and control tower of the concession operator TT2.

trodes réparties sur le pourtour de la section est installé sur deux segments (photo 15).

L'INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTROMÉCANIQUES

Avec plus de 100 kilomètres de câbles dans chaque tunnel pour la basse tension uniquement, l'installation des équipements électromécaniques représentait un vrai défi, notamment en raison du délai très court disponible pour l'installation et la mise en service, et de la coactivité dans des espaces souterrains limités.

Les deux tunnels bénéficient des technologies les plus récentes dont le but est la sécurité des usagers. Le point le plus remarquable étant l'installation d'un système de brumisation d'eau sous haute pression sur toute la longueur des deux tunnels permettant de ralentir, voire de contenir la progression d'un éventuel incendie en attendant l'arrivée des pompiers.

Dans les deux tunnels, on trouve aussi un système de mise en surpression des galeries d'évacuation et de service. En cas d'incendie et d'ouverture des portes coupe-feu lors du passage des usagers de l'espace de circulation vers le couloir d'évacuation, les fumées sont ainsi repoussées vers l'espace de circulation et maintenues hors des galeries. Les ouvrages sont aussi équipés d'une protection incendie dite passive, il s'agit de plaques silico-calcaires incombustibles ou d'enduit projeté recouvrant les structures en béton et en acier situées dans les parties hautes (plafonds, voûtes et haut des voiles).

L'ensemble des équipements électromécaniques des deux tunnels est contrôlé par un système de type *Scada* (*Supervisory Control And Data Acquisition*) qui permet la télésurveillance et l'acquisition de données en temps réel pour un grand nombre de télémesures,

PRINCIPAUX SOUS-TRAITANTS

TRAVAUX

- Parois moulées, pieux contigus : Bachy Soletanche UK ;
- Caisson immergé : Volker Stevin Marine/ Volker Stevin UK ;
- Dragages : Jan de Nul ;
- Terrassements : Holystone/ Sirius ;
- Ponts provisoires : Maybey ;
- Chaussées : Colas ;
- Génie civil tranchée couverte nord : Dunne (UK) ;
- Génie civil tranchée couverte sud : Bouygues TP (travaux en propre) ;
- Fournisseurs de béton : Lafarge/ Bardon/ Cemex (UK) ;
- Joints en caoutchouc pour la section immergée : Trelleborg (Suède) ;
- Système de brumisation : Fogtec (Allemagne) ;
- Ventilation : Axima Seitha [Groupe GDF-Suez] (Villeurbanne) ;
- Lot basse tension : Emcor (UK) ;
- Lot très basse tension : Spie WHS (UK) ;
- Portes coupe-feu : Hodapp (Allemagne) ;
- Système de péage : GEA (Grenoble).

ÉTUDES

- Caissons, tranchée couverte nord et sud (partiellement), routes, ouvrages de Jarrow, ponts provisoires, permis : HPR (*Lead Designer* d'un groupement HPR/ Parsons Brinckerhoff/ Faber Maunsell) ;
- Tranchée couverte Sud (CH 1350-1670) : Bouygues Travaux Publics ;
- Tunnels : Bouygues Travaux Publics ;
- Ouvrages provisoires : Fairhust ;
- Équipements électroniques : Halcrow ;
- CAT III Checker : Hyder.

ainsi que le contrôle à distance de l'ensemble des installations.

Le système est géré depuis une salle de contrôle unique située dans la tour du concessionnaire, chaque tunnel représente environ 2 500 points d'entrée/sortie pour le système *Scada* (photo 16). Il permet de combiner une gestion manuelle par l'opérateur, avec des réponses automatiques programmées en cas de détection d'incidents comme par exemple :

→ Arrêt de véhicule dans le tunnel détecté par le système de VAID (Video Automatic Incident Detection) suivi du déclenchement d'une alarme pour l'opérateur ;

→ L'ouverture d'une porte coupe-feu déclenche une alarme ainsi que la mise en route du système de pressurisation des galeries de service et d'évacuation ;

→ Déclenchement des ventilateurs d'extraction en fonction du niveau de pollution dans le tunnel ;

→ Arrêt du trafic à l'entrée des tunnels avec fermeture de la barrière de péage en cas d'incident majeur ;

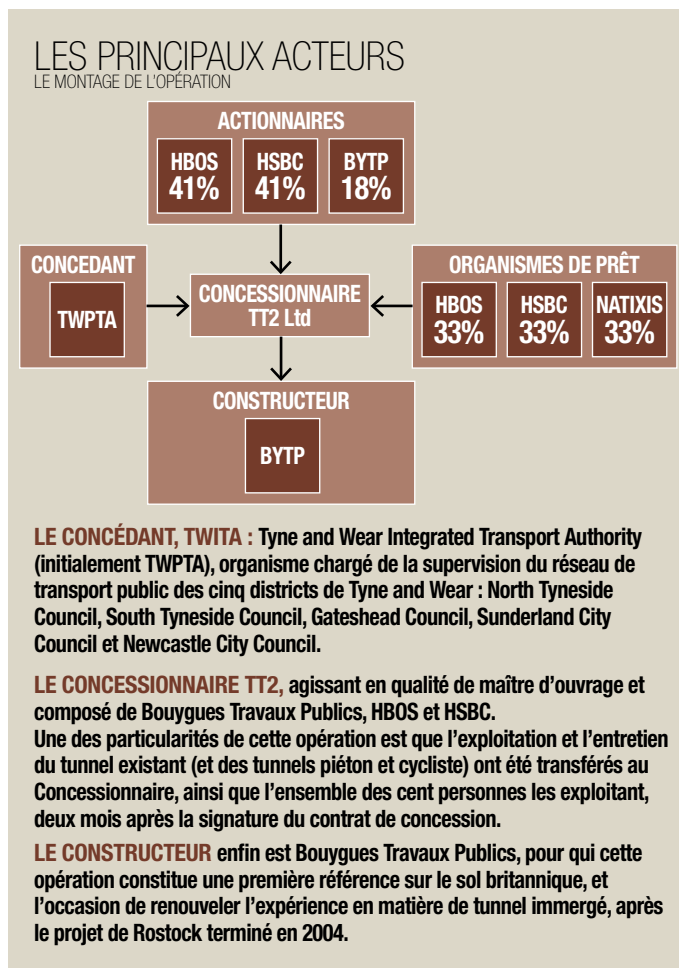
→ Mise en route automatique du système de brumisation en cas d'incendie. L'exploitant s'appuie également sur d'autres systèmes pour assurer une supervision technique complète :

→ La vidéosurveillance (cameras) ;

→ Le système de gestion du trafic (boucles de comptage, feux d'affectation de voie, PMV (panneaux à messages

17- Ouverture du second tunnel à la circulation, le 21 novembre 2011.

17- Opening of the second tunnel to traffic on 21 November 2011.



variables), feux de circulation, barrières, détection de hors-gabarit) ;

→ Le système de radiocommunication couvrant les tunnels et les échangeurs ;

→ Les téléphones d'urgence (SOS) ;

→ La détection d'incendie dans les locaux techniques et la galerie de service. L'ensemble des informations circule sur un réseau de fibre optique redondant piloté par quatre concentrateurs indépendants.

De par leur conception récente et la volonté de leur client d'équiper les ouvrages avec les technologies les plus évoluées en matière de sécurité active et passive, les deux tunnels sous la rivière Tyne sont les premiers de ce type en Grande-Bretagne et parmi les plus sûrs d'Europe.

MISE EN SERVICE ET LIVRAISON DU PROJET

Préalablement à l'ouverture à la circulation de chacun des deux tunnels, des exercices de secours ont été organisés avec le concessionnaire, les services de sécurité et les autorités locales pour vérifier le fonctionnement des nouveaux équipements installés et garantir la sécurité des usagers empruntant le tunnel. Les exercices sont planifiés et suivent un scénario de réponse à un incident. Dans chaque cas on vérifie la communication et la coordination des services impliqués (police, pompiers, ambulances, opérateurs du tunnel) ainsi que le fonctionnement des équipements (signalisation dans le tunnel, haut-parleurs, système de radiocommunications, bouches d'incendie, système de brumisation, ventilation, etc.).

Les deux exercices, organisés en février et novembre 2011 se sont déroulés avec succès et ont permis l'ouverture des tunnels à la circulation avec deux semaines d'avance sur la date prévue dans le contrat de concession. □

ABSTRACT

TWO ROAD TUNNELS UNDER THE RIVER TYNE AT NEWCASTLE

BOUYGUES - UK BRANCH : NICOLAS CAILLE, DANIEL CLERT, SERGE COSTA, RÉMI SALA

The New Tyne Crossing project at Newcastle, in the UK, involves building a new tunnel and renovating the existing road tunnel under the River Tyne. Bouygues Travaux Publics – UK Branch – won the Design and Build contract at the end of 2007. Construction began in 2008 and was completed recently, with the tunnels being opened to traffic last November. This article proposes a flashback over the various construction techniques used, especially during the key phase of construction of the immersed section, consisting of four caissons manufactured in a dock in the vicinity of the construction site. The elements were then immersed in the River Tyne after dredging a trench. □

DOS TÚNELES DE CARRETERA BAJO EL RÍO TYNE EN NEWCASTLE

BOUYGUES - UK BRANCH : NICOLAS CAILLE, DANIEL CLERT, SERGE COSTA, RÉMI SALA

El proyecto que se está desarrollando en Newcastle (Gran Bretaña), denominado New Tyne Crossing, consiste en construir un nuevo túnel y reformar el túnel de carretera existente bajo el río Tyne. A finales de 2007, Bouygues Travaux Publics - UK Branch obtuvo el contrato de diseño y construcción. La obra, iniciada en 2008, finalizó el pasado mes de noviembre con la apertura de las estructuras a la circulación. Este artículo propone una retrospectiva de las diferentes técnicas de construcción que se han utilizado, en particular durante la fase clave de construcción del tramo sumergido, formado por cuatro cajones fabricados en una dársena cercana a la obra. A continuación, los elementos se sumergieron en el río Tyne después de realizar el dragado de un tramo. □

HONFLEUR, CONFORTEMENT DU QUAI QUI S'ABANDONNAIT LENTEMENT VERS LA SEINE

AUTEURS : VALÉRIE DORÉ, DIRECTEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY - PATRICE MONANGE, CHARGÉ D'ACTIVITÉ PORTUAIRE, ARCADIS ESG - JEAN-PASCAL FAROUX, CHEF DU SERVICE ÉTUDES ET TRAVAUX D'INFRASTRUCTURES AU GRAND PORT MARITIME DE ROUEN

OPÉRATIONNEL DEPUIS 1974, LE PREMIER QUAI QSH1 DU GRAND PORT MARITIME DE ROUEN (GPMR) A GLISSÉ, EN 37 ANS, DE 50 CM VERS LA SEINE, SUITE À DE NOMBREUX DÉSORDRES GÉOTECHNIQUES ET STRUCTURELS. EN 2006, UNE ÉTUDE RÉALISÉE PAR LES SERVICES DU GPMR ET ARCADIS ESG A ÉTABLI UN DIAGNOSTIC DU QUAI ET PROPOSÉ UN PROJET DE CONFORTEMENT METTANT EN ŒUVRE DIFFÉRENTES TECHNIQUES POUR LE TRAITEMENT DES DIVERSES INSTABILITÉS LIÉES AUX SOLS ET AUX STRUCTURES. DE NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS MARITIMES D'ACCOSTAGE ET D'AMARRAGE ONT ÉGALEMENT ÉTÉ CONÇUS.



© SOLETANCHE BACHY

Fin 2009, au terme d'une procédure négociée avec mise en concurrence préalable pour les travaux de réhabilitation de l'ouvrage dans le cadre d'une opération de développement de la fonction logistique à Honfleur, le Grand Port Maritime de Rouen a

retenu le groupement d'entreprise **Quille/Soletanche Bachy** pour le confortement de ce quai.

UN CONTEXTE COMPLEXE

Honfleur, surtout connu pour son vieux port pittoresque, possède une zone d'activité et 3 quais maritimes à voca-

tion commerciale en bordure de l'embouchure de la Seine (photo 2).

Le premier quai (dénommé QSH1) de cette implantation du Grand Port Maritime de Rouen (GPMR) a subi depuis la fin de sa construction en 1974 de nombreux désordres d'ordre géotechnique et structurel. Ainsi en 37 ans, ce quai

a « glissé » vers la Seine de 50 cm. Dans ce contexte complexe, les services du GPMR ont attribué en 2006 à la société d'ingénierie Arcadis ESG une mission de maîtrise d'œuvre étude visant à établir un diagnostic de l'ouvrage et à proposer un projet de confortement. Après une première



2

© SOLETANCHE BACHY

1- Réalisation de l'écran arrière en Geomix.

2- Le quai avant travaux.

1- Execution of the rear barrier in Geomix.

2- The quay before the works.

étape de diagnostic des structures sur site, il a été nécessaire de reconstituer par modélisations numériques aux éléments finis les différents désordres l'ayant affecté au fil des ans. Les analyses réalisées ont permis de proposer une solution de réparation faisant appel à différentes techniques pour le traitement des diverses instabilités liées aux sols et aux structures. À ceci s'est également ajoutée une nouvelle conception des équipements maritimes d'accostage et d'amarrage pour garantir l'accueil en toute sécurité des navires maritimes.

À partir de ce projet, le GPMR a lancé en tant qu'entité adjudicatrice une procédure négociée avec mise en concurrence préalable pour les travaux de réhabilitation de l'ouvrage dans le cadre d'une opération de développement de la fonction logistique à Honfleur cofinancée par le GPMR, le FEDER (Fonds européen de développement régional),

le Conseil Régional de Basse-Normandie, le département du Calvados et la ville de Honfleur. En fin d'année 2009, au terme de la procédure, le Grand Port Maritime de Rouen a retenu le groupement d'entreprise Quille/Soletanche Bachy pour mener à bien ce chantier honfleurais. La société Quille a pris le nom de Bouygues Travaux Publics Régions France par la suite.

PRINCIPES FONCTIONNELS DE L'OUVRAGE

Le quai en Seine N°1 à Honfleur est un quai de type « danois » de 122 m, construit en 1974 le long de la rive gauche de l'estuaire de la Seine. Pour mémoire, un quai est dit « danois » lorsque la structure est constituée d'un rideau de palplanches et d'une plateforme en béton fondée sur des pieux. La résistance aux efforts d'accostage est assurée par la poussée du remblai contre le rideau. La résistance à l'amarrage est, quant à elle, assurée par la réaction horizontale de pieux inclinés. Ces quais sont indiqués quand le sol de fondation est de qualité moyenne et qu'il existe une couche de terrain de bonne résistance à une profondeur raisonnable.

Le quai QSH1 présente donc une structure composée des éléments principaux suivants :

→ Un rideau avant composé de palplanches Larssen Vs assurant la fonction de soutènement et de reprise

des descentes de charges verticales ;
→ Un tablier constitué d'une poutre de couronnement massive au sein de laquelle le rideau de palplanches est ancré, de poutres transversales espacées tous les 4 m et d'une dalle inférieure en éléments préfabriqués ;

→ Des pieux PH360, disposés tous les 4 m complétant le rôle du rideau avant vis-à-vis de la reprise des efforts verticaux ;

→ Des pieux inclinés arrières constitués tous les 4 m, d'une paire de pieux PH300 inclinés sur l'avant et d'un pieu tubulaire arrière, pieu dit « Trindel ». Ces pieux sous la forme de chevalets assurent d'une part la reprise des descentes de charge arrière sur le tablier et d'autre part la reprise des efforts horizontaux d'amarrage et de poussée des terres. Les pieux « Trindel » travaillent en traction et la paire de pieux PH300 en compression ;

→ Le rideau para fouille arrière, non prévu lors de la construction initiale, et dont le rôle est de garantir le soutènement des terres du terre-plein potentiellement menacé par l'affaissement du talus situé sous le tablier (figure 3).

UNE LONGUE HISTOIRE

Depuis la fin de sa construction en 1974, l'ouvrage a vécu une longue histoire. Étant exploité dans les premiers temps pour du trafic de vrac, il a ensuite subi une transformation vers un trafic orienté plutôt vers le bois, ce

qui a nécessité la mise en œuvre de 2 grues portuaires. Construit dans un milieu difficile, il a malheureusement fait l'objet de différents désordres qui se sont accompagnés de travaux de réparation/renforcement.

→ En février 1977, la présence d'ouvertures de 20 à 40 cm entre les niveaux +5.00 et +6.00 CM (60 m de longueur) et la présence d'un gonflement en partie inférieure du talus ont conduit à l'ajout d'un rideau de soutènement longitudinal, à l'arrière du quai, constitué de palplanches L115 E24.

→ En 1989 et 1994, le quai a vu la mise en service d'une, puis de deux grues sur rails.

→ Entre 1994 et 1997, l'apparition d'affaissements du terre-plein s'accompagnant par le constat de la rupture par cisaillement des liaisons des pieux « Trindel » (aciers HA 25 soudés en périphérie du pieu) a engagé des expertises par le Port Autonome de Rouen et les services du STPMVN (Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies Navigables – devenu le CETMEF).

À l'issue de différentes expertises, il a été établi un projet et un marché de réparation lancé en 1997.

→ En novembre 2003, malgré les travaux réalisés, des fissures et tassements sont apparus sur le terre-plein arrière et se sont accompagnés du constat de la rupture de plusieurs liaisons des pieux « Trindel ».

→ En décembre 2004, suite à un fort coup de vent, l'une des 2 grues sur rail stationnée sur le quai a chuté et a heurté dans sa chute la seconde grue sur rail.

→ En 2005, le démontage des grues est entamé. Dans le même temps le quai continuant à se dégrader, il est constaté des fuites de matériaux et la formation d'une cavité à l'angle aval du terre-plein, à l'interstice entre le rideau en retour et le « rideau arrière ».

Suite à ces événements, il est défini des consignes strictes s'accompagnant d'une réduction notable des capacités d'exploitation du quai.

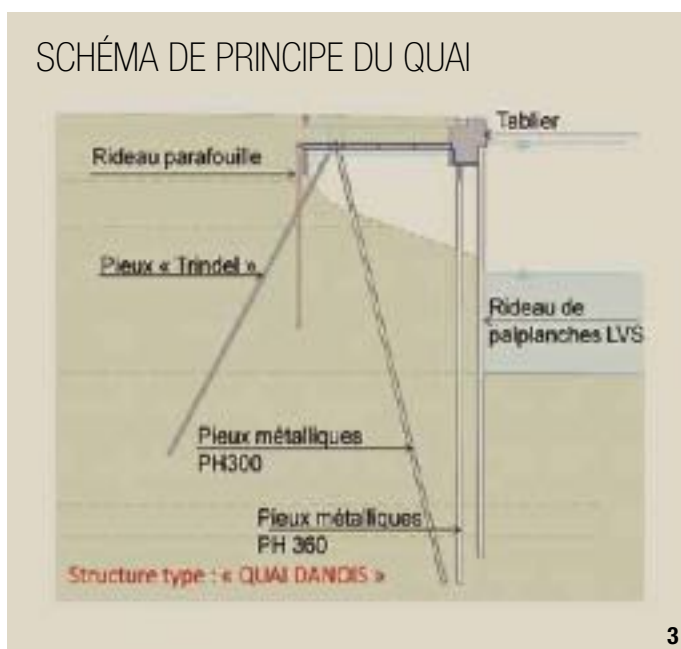
C'est dans ce contexte particulier, que le Grand Port Maritime de Rouen a attribué, en 2006, à la société d'ingénierie Arcadis ESG une mission de maîtrise d'œuvre visant à établir un diagnostic de l'ouvrage et à proposer un projet de confortement.

LES PATHOLOGIES

À l'issue de la phase de diagnostic (en 2007), différentes pathologies sont apparues :

→ Rupture des liaisons des pieux « Trindel »

Il est constaté, la rupture partielle ou totale de la liaison des têtes de pieux « Trindel » (pieux susceptibles de travailler en traction). La moitié amont est la plus dégradée de ce point de vue. Un bon tiers des 30 pieux est totalement désolidarisé de la dalle de quai, par descellement des chevilles, ou par rupture des soudures au niveau des cales. Des amorces de décollement apparaissent également sur une quinzaine de platines, ne laissant efficace qu'un nombre limité de pieux, et ce, avec un coefficient de sécurité insuffisant (photo 5).



© ARCADIS ESG

→ Ouverture des rideaux latéraux

Des fissures relevées au niveau du terre-plein font état de mouvements des rideaux de palplanches en retour vers l'avant (direction Est/Ouest). À l'aval, la fissure du terre-plein est active alors qu'à l'amont la fissure ne semble plus évoluer.

→ Dégradation des structures en béton armé

Les poutres de couronnements des murs en retour amont et aval présentent des fissures. La structure en béton armé du quai présente des désordres au niveau des poutres transversales (l'une est très endommagée).

→ Déversement des rideaux en retour et fuite de matériaux

Les rideaux en retour au droit du quai

sont déformés et les scellements des têtes de palplanches métalliques ne sont plus liés à la poutre de couronnement qui, dès lors, n'est plus portée par le rideau (photo 4).

→ Basculement du quai

De par la conception générale du quai, la reprise des efforts horizontaux de poussée des terres est assurée par la combinaison, à l'arrière du quai, de pieux PH300 inclinés vers l'avant et de pieux « Trindel » inclinés vers l'arrière. La rupture d'une partie des pieux diminue la capacité de reprise des efforts horizontaux et compromet la stabilité de l'ouvrage qui se déplace lentement transversalement en direction du fleuve. En 2007, il est mesuré un déplacement du quai vers la Seine de l'ordre de 30 cm à l'Amont et de 10 cm à l'Aval (photos 4 et 5).

LA GÉOTECHNIQUE

La géologie dans cette partie de l'estuaire de la Seine, a été précisée à l'aide de différentes campagnes de reconnaissances géotechniques qui ont eu lieu depuis le projet de construction initial du quai. La stratigraphie suivante a été affinée à l'aide des derniers sondages effectués par la société Soletanche Bachy.

→ Une couche de 10 m de remblais

Ces remblais sont constitués principalement sous la structure de voirie par un mélange de sables moyens à grossiers et de graviers. À leur base se trouve une couche de sables et graviers crayeux sur une épaisseur d'environ un mètre constituant probablement l'ancienne protection de berge avant la construction du quai.

3- Schéma de principe du quai.

4- Pathologies à l'aval du quai.

5- Pathologies des pieux Trindel.

3- Schematic diagram of the quay.

4- Disorders downstream of the quay.

5- Disorders of the Trindel piles.



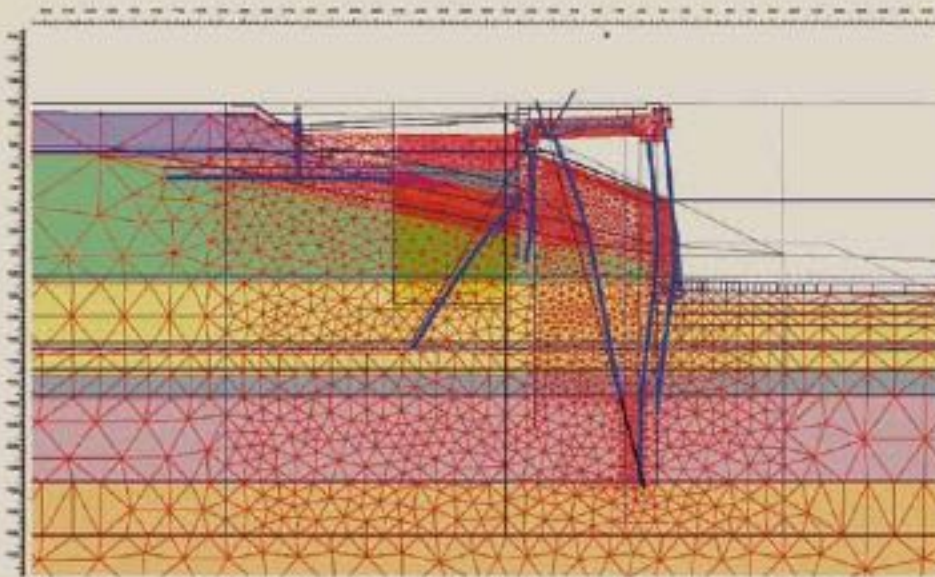
4



5

© ARCADIS ESG

MODÉLISATIONS DES STRUCTURES PAR LOGICIEL PLAXIS



© ARCADIS ESG

6

PRINCIPE DE LA VARIANTE DU GROUPEMENT



© SOLEMANCHE BACHY

7

→ Une couche de 2 m, de silts/argiles

Il s'agit de silts sableux, voire argileux avec quelques graviers calcaire. Il pourrait s'agir de dépôts récents de la formation des alluvions modernes.

→ Une couche de 4 m de sables fins verdâtres

Cette formation visuellement assez homogène est constituée par des sables fins à moyens verdâtres. Quelques passages décimétriques de sables et silts gris ont été repérés. Cette couche appartient à formation des alluvions modernes.

→ Une couche de 10 m de sables fins coquilliers

Cette couche est assez homogène et se différencie de la formation précédente par la présence de grains de sable

coquillier. Cette couche appartient à la formation des alluvions modernes.

→ Une couche de 3 m de silts/tourbes (S/T)

Cette couche est constituée d'une succession de d'argiles, silts, sables fins et tourbes.

Cet horizon appartient à formation des alluvions modernes.

→ Une couche de 8 m de sables et graviers

Il s'agit d'une couche de sables grossiers et de graviers appartenant aux alluvions modernes.

→ Enfin, une couche de marno-calcaire

Couche constituée d'une succession de marnes grises et de bancs calcaires constituant le substratum du Kimmeridgien.

6- Modélisations des structures par logiciel Plaxis.

7- Principe de la variante du groupement.

6- Structure modelling by Plaxis software.

7- Schematic of the consortium's variant.

Cette modélisation, qui permet de prendre en compte la structure avec sa géométrie réelle, a été préférée à la modélisation filaire fréquemment retenue pour ce type de structure.

Les parties de la structure n'ayant aucun rôle mécanique (remplissage ou dalles préfabriquées) ne sont prises en compte que par leur poids ;

→ Pour les sols, la loi de comportement prise en compte est l'élasto-plasticité linéaire avec critère de Mohr-Coulomb ;

→ Les conditions aux limites prises en compte sont les conditions standard de Plaxis ;

→ Hormis pour les phases d'initialisation du modèle, les calculs ont été menés avec actualisation du maillage et des pressions hydrauliques (« grands déplacements ») ;

→ En ce qui concerne les phases de calculs, elles ont été définies pour refléter le phasage de construction de la manière la plus réaliste.

À l'aide de ces modélisations, il a été possible de reproduire de manière numérique un fonctionnement du quai jugé assez proche du comportement réel de l'ouvrage car conforté par :

→ Des déformations transversales par phase globalement en accord avec les constatations sur site ;

→ Des allures de la déformation du rideau avant en accord avec les mesures réalisées sur site ;

→ Des tassements du terre-plein arrière globalement en accord avec les constatations sur site.

À l'issue de ces études et modélisations, il a pu être testé plusieurs scénarii et élaborer les principes généraux du confortement.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DU CONFORTEMENT

Au vu des pathologies constatées et à partir de la connaissance du fonctionnement de l'ouvrage déduite des études, il est apparu que les grands principes de confortement à mettre en œuvre étaient les suivants :

→ Fonctionnement horizontal à reconstituer :

Depuis la rupture des pieux « Trindel », le quai a perdu toute raideur horizontale, ce qui ne lui permet plus de reprendre les efforts variables horizontaux auxquels il est soumis (effort d'amarrage, poussée des terres relatives aux surcharges).

→ Réhabilitation du fonctionnement vertical :

Afin de pallier la dégradation des pieux inclinés arrières et la déficience du système d'appuis avant (pieux + rideau). ▷

→ **Reconstitution du terre-plein arrière :**

Traitement de sol afin d'améliorer la stabilité d'ensemble du massif, limiter l'impact des futures surcharges d'exploitation sur les structures du quai et homogénéiser les tassements différentiels entre le terre-plein et le tablier de quai.

→ **Garantie de la fonction soutènement du rideau avant, se déclinant par :**

- Une amélioration de la jonction en tête du rideau avant :

Afin de garantir la sécurité du soutènement vis-à-vis d'une rupture de l'encastrement en tête à la faveur d'une rotule plastique déjà présente sur certaines parties et évoluant défavorablement ou encore par rupture des pièces d'ancrage potentiellement pathogènes.

- Une protection du rideau vis-à-vis des chocs :

L'état du rideau avant et la présence potentielle de rotules plastiques en tête et au niveau du ventre du rideau ne permettent plus de reprendre sans risque les efforts de réaction des défenses d'accostage à marée basse. Une protection du rideau contre des chocs s'est avérée nécessaire.

VARIANTE PROPOSÉE PAR LE GROUPEMENT – DÉMARRAGE DES TRAVAUX

L'idée directrice de la variante présentée en 2009 par le groupement Bouygues TP Régions France (mandataire)-Soletanche Bachy a été de conserver les parties saines du quai (structure béton, rideau avant et pieux avant) mais de remplacer en totalité celles sujettes à caution (zone arrière notamment pieux inclinés et pieux Trindel).

Les objectifs étant les suivants :

→ **Limiter la poussée sur l'avant du quai/améliorer la butée du talus**

Les interventions à l'avant du rideau parafouille étant délicates avec le matériel nécessaire pour traiter le talus, le groupement a proposé de renforcer le traitement de sol du terre-plein visant à limiter la poussée à l'avant du quai et proposé une technique de soil-mixing, à savoir, des barrettes de Geomix qui ont pour avantage de ne pas causer de vibrations ni de présenter de danger pour la structure existante.

→ **Reprendre les efforts horizontaux et verticaux**

Les efforts horizontaux sont repris dans des tirants ancrés dans une paroi



© SOLETANCHE BACHY 8

Geomix armée de profilés en variante du rideau de palplanches envisagé dans le projet. Les ancrages des tirants sont conçus de telle sorte à ce que le terrassement à l'arrière de cette paroi ne soit pas nécessaire et ainsi préserver les réseaux alimentant les quais n°2 et n°3. La paroi Geomix présente comme avantage complémentaire de passer plus facilement les anciens matelas de fascines en bois tressé de 50 cm d'épaisseur qui recouvre une partie des berges de la Seine (5,50 m sous le niveau du terre-plein).

Les efforts verticaux sont, quant à eux, repris dans des micropieux réalisés en tête de talus entre les pieux existants (figure 7).

Le marché a été notifié, sur ces principes, le 26 novembre 2009. L'ordre de Service de commencement des travaux a été reçu le 30 novembre 2009, enclenchant le délai contractuel pour la réalisation des travaux à compter du 1^{er} décembre 2009.

À partir de cette date, les études d'exécution impliquant les bureaux d'études du groupement sont lancées. Du côté du chantier, les premiers terrassements sont débutés et les installations pour le traitement de sol et la paroi arrière sont mises en place.

ACCÉLÉRATION DES MOUVEMENTS DU QUAÏ

Durant le week-end du 27 et 28 février 2010, la France est touchée par la

8- Théodolite SolData assurant le suivi géométrique du quai en temps réel.

8- SolData theodolite performing geometric monitoring of the quay in real time.

tempête Xynthia qui, au niveau du port d'Honfleur, a généré une forte houle cumulée à d'importants coefficients de marée. Il a ainsi été mesuré une surcote exceptionnelle avec une cote maximale enregistrée à près de +9.20 CMH au marégraphe de Honfleur (alors que le coefficient de marée n'était que de 103).

Sous l'effet de ces phénomènes, il est constaté un déplacement instantané du quai sur la partie amont de l'ordre de 5 à 6 cm et puis un déplacement différé avec une évolution quotidienne de 1 cm jusqu'à une certaine stabilisation. Devant cette accélération des mouvements, plusieurs mesures de sauvegarde ont dû être mises en place :

→ Mise en sécurité du quai par clappage de matériaux devant le quai afin de limiter ses déplacements. Ce clappage a été réalisé par une drague aspiratrice en marche du Grand Port Maritime de Rouen ;

→ Limitation des travaux de réhabilitation. Les travaux de traitement de sol sont cantonnés aux barrettes les plus éloignées de l'avant du quai et à la paroi d'ancrage arrière ;

→ Réalisation de la sécurisation du mur en retour aval par un traitement de remplissage (par coulis de ciment) ;

→ Mise en place d'un système d'instrumentation pour suivre les déplacements de l'ouvrage en continu ;

→ Réalisation de campagnes de reconnaissance de sols complémentaires ;

→ Réalisation de mesures de contrôle ;

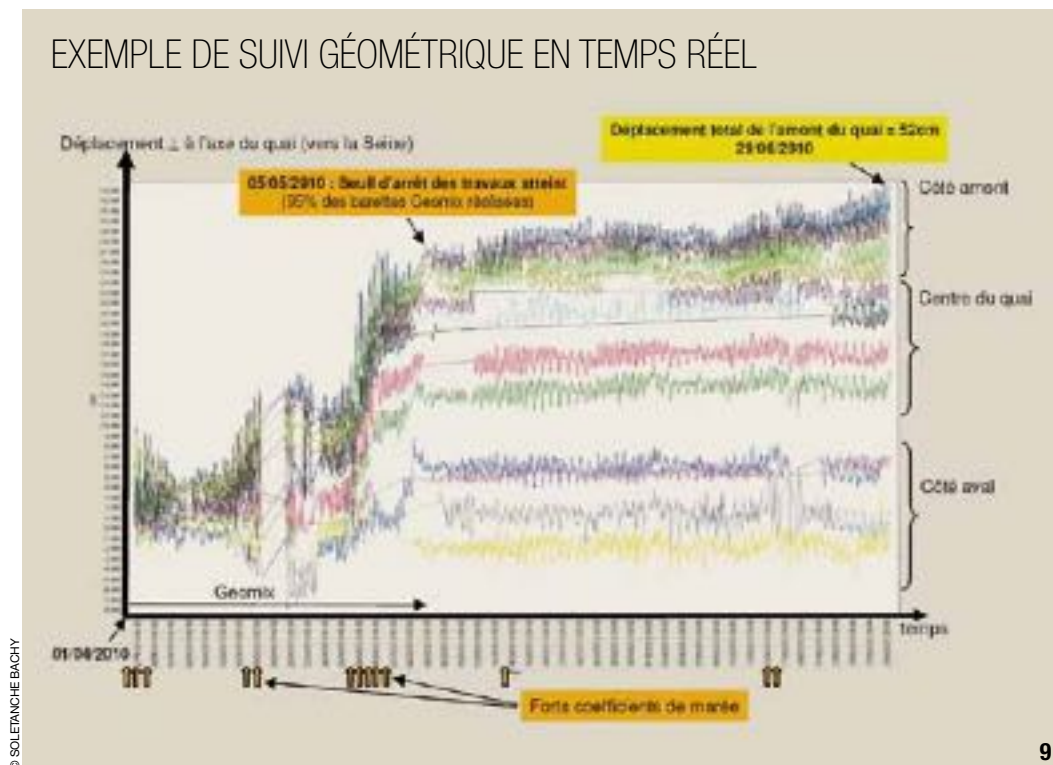
→ Reprise des études avec pour objectif de synthétiser les données et d'analyser les reconnaissances de sols complémentaires, d'expliquer les phénomènes constatés, d'évaluer les évolutions futures avant le confortement effectif, proposer un nouveau diagnostic et un nouveau projet permettant l'achèvement de l'ouvrage.

AUSCULTATIONS - EXPERTISES

Dans le but d'obtenir des informations sur le fonctionnement du quai en phase post-Xynthia et assurer la sécurité des travaux, un suivi topographique en temps réel du quai (X, Y, Z) est mis en place par SolData à partir du 1^{er} Avril 2010. Ce suivi automatique est associé à la définition de seuils de vigilance et d'arrêt (photo 8).

Un des principaux constats qui a pu être tiré du suivi géométrique est que pour chaque cycle de marée, le quai

EXEMPLE DE SUIVI GÉOMÉTRIQUE EN TEMPS RÉEL



© SOLETANCHE BACHY

9

avance à marée basse et recule à marée haute. On peut ainsi parler d'une certaine « respiration » du quai.

Par contre, lorsque les coefficients de marée sont élevés (coef. > 95 à 100), le quai change de comportement et subit alors un déplacement majoré vers l'avant qui n'est pas compensé par le recul. Après analyse, Arcadis ESG a pu montrer que ce phénomène était lié à un déjaugage du tablier du quai lors des forts coefficients de marée.

De par ses phénomènes de déplacements cycliques, le 5 mai 2010, le seuil d'arrêt des travaux est franchi alors que la paroi arrière et 95 % des barrettes Geomix sont réalisés (figure 9).

Devant cette urgence, les services techniques du Grand Port Maritime de Rouen en charge de la maîtrise d'œuvre d'exécution (DEO et AOR) ajournent les travaux et complètent les clapages devant le quai pour augmenter la butée du rideau avant et limiter ainsi les effets des marées sur le quai. En parallèle de ces travaux, différentes mesures sont entreprises sur le quai pour permettre d'évaluer la situation et estimer les évolutions du quai.

Sont ainsi entreprises :

→ Des mesures de la déformée des palplanches à l'avant du quai sont effectuées par le Grand Port maritime de Rouen : mesures au sonar multifaisceaux avec traitement spécifique et original des données et expérimentation d'un Echoscope® ainsi que des

9- Exemple de suivi géométrique en temps réel.

9- Exemple of real-time geometric monitoring.

mesures par scaphandriers qui ont mis en avant des allures de déformées s'écartant du résultat des modélisations initiales ;

→ Une campagne de reconnaissances géotechniques complémentaires (sondages carottés avec prélèvements d'échantillons pour essais laboratoire, pressiomètres, capteurs de pression interstitielle, diagraphies RAN, pose d'inclinomètres).

REPRISE DES ÉTUDES

Dans le cadre de la reprise des études, le bureau d'études Arcadis ESG, titulaire du marché de maîtrise d'œuvre études (DIA, AVP, PRO, ACT et VISA) de réhabilitation du quai a été chargé de suivre, de synthétiser, d'expliquer les phénomènes constatés et d'établir un nouvel Avant-projet permettant l'achèvement de l'ouvrage. Ces études complémentaires ont permis de conclure à :

→ L'absence de modifications des

hypothèses d'ordre géotechnique. La stratigraphie et les paramètres géotechniques initiaux ont ainsi été globalement confirmés par la campagne de reconnaissance complémentaire réalisée par la société Soletanche Bachy.

→ L'absence d'un mouvement d'ensemble de type instabilité par cercle de grand glissement. Les inclinomètres posés à cet effet n'ont ainsi pas mis en évidence de zones de cisaillement alors que les mouvements du rideau avant se poursuivaient.

→ Une sensibilité accrue du quai, du fait de la dégradation des pieux, aux phénomènes des marées ;

→ La présence de surpressions interstitielles « piégées » derrière le rideau ;

→ Une inaptitude du rideau de palplanches avant à la reprise d'efforts verticaux (risque d'instabilité de type flambement) du fait des déplacements accumulés ;

→ La forte probabilité que des zones du rideau de palplanches avant du quai sont plastifiées ou proches de l'être (rotules plastiques).

Au vu de ces conclusions ne permettant plus l'achèvement des travaux avec la solution initiale, il a semblé préférable de retenir une solution de confortement par « l'extérieur » consistant à substituer fonctionnellement un nouveau rideau mixte complet au rideau avant du quai déficient. La difficulté principale résidant alors au niveau du phasage des travaux qui serait s'adapter à la

structure fragilisée du quai et aux évolutions imprévisibles de celui-ci tout en permettant une mise en œuvre rapide vu l'instabilité de la structure.

Sur la base de l'Avant-projet établi par ARCADIS ESG, une adaptation du projet du marché a été négociée entre le Groupement d'Entreprises et le Grand Port maritime de Rouen.

REDÉMARRAGE ET FIN DES TRAVAUX

Pendant la durée de mise au point de la solution technique, le suivi géométrique en temps réel est poursuivi. Il montre que le quai continue à se déplacer et un pic est atteint à de l'amont du quai, le 22/02/2011, avec un déplacement cumulé de l'ordre de 55 cm (depuis la construction en 1974).

Après notification de l'avenant les travaux reprennent en février 2011, l'urgence est d'assurer la stabilisation du quai par la mise en place de tirants provisoires entre la poutre du rideau parafoille et la paroi Geomix. Ces travaux, réalisés par la société Bouygues TP RF, sont réalisés dans des délais assez courts permettant la « fixation » du quai avant les grandes marées. L'action des tirants est tout de suite visible sur les déplacements horizontaux et le quai est stabilisé (donc sauvé !), le suivi géométrique peut être stoppé après quelques semaines.

Les travaux peuvent être repris de manière plus sereine :

→ Réalisation des micropieux (Ø 177,8 - ép. de 12,5 à 17,5 mm en extrémité) sur une hauteur de 30 m à 35 m. La difficulté de ces micropieux réside dans le forage dans le talus de granulométrie très hétérogène (bloc pluri-décimétrique voir métrique dans une matrice sableuse). Après avoir validé cette méthode par un plot d'essai sur 3 unités, il a été proposé de réaliser les micropieux avec la méthode « sonic drilling » avec outil perdu. Malgré le scellement en pied de talus d'un tube de chemisage qui remonte jusqu'à la dalle où est installée la foreuse, les pertes de boue bentonitique sont importantes (influence des vibrations ?) et les cadences restent faibles. Le groupement achève donc les travaux de micropieux en rotation simple avec 2 foreuses : une machine fore, la deuxième équipe et scelle le micropieu (photo 10).

→ La fin du traitement de terrain, interrompu en mai 2010 par l'ajournement, est réalisée par des colonnes de coulis de ciment.

→ Après réalisation de la poutre de ▷



10

© SOLETANCHE BACHY

couronnement au dessus des micropieux et mise en œuvre des tirants définitifs, l'entreprise Bouygues TP RF peut entreprendre le battage du rideau mixte à l'avant du quai.

→ De nouveaux rideaux de palplanches sont battus sur les retours, et les jonctions mécaniques entre anciens et nouveaux rideaux peuvent même être réalisées, redonnant une enceinte complètement étanche à l'ensemble.

→ Une série de colonnes de jet-grouting (jet simple) d'étanchéité est réalisée dans le terre-plein au niveau du rideau

para-fouille pour compléter la réhabilitation et éviter toute fuite de matériaux ultérieure. Le jet conduit à proximité du rideau para-fouille et des rideaux retours est menée à cadence et pression faibles pour éviter tout risque de déformation sur les ouvrages.

→ La réhabilitation de la structure est achevée avec la réalisation de la nouvelle dalle de quai.

La réhabilitation est achevée par la pose de tous les équipements nécessaires à l'accueil des navires par l'entreprise CESM.

10- Réalisation des micropieux.

10- Execution of micropiles.

LIVRAISON

Malgré les nombreux aléas rencontrés sur ce chantier, les travaux ont permis de terminer la réhabilitation de l'ouvrage en fin d'année 2011.

Pour conclure, bien que le quai se soit retrouvé dans une situation critique en cumulant des déplacements de plus de 50 cm depuis sa construction en 1974, le travail d'équipe réalisé entre les différents intervenants du GPMR, Arcadis ESG et le groupement Bouygues TP RF/ Soletanche Bachy a permis de réaliser la réhabilitation du Quai en Seine N°1. □

ABSTRACT

HONFLEUR, CONSOLIDATION OF THE QUAY WHICH WAS GRADUALLY SLIPPING TOWARD THE SEINE

VALÉRIE DORÉ, SOLETANCHE BACHY - PATRICE MONANGE, ARCADIS ESG - JEAN-PASCAL FAROUX, PORT MARITIME DE ROUEN

The first QSH1 quay of Grand Port Maritime de Rouen (GPMR), operational since 1974, has in 37 years slid 50 cm toward the Seine, as a result of numerous geotechnical and structural disorders. In 2006, a study performed by GPMR's departments and Arcadis ESG established a diagnostic of the quay and proposed a consolidation project employing various techniques to treat the varied soil- and structure-related instabilities. New maritime berthing and mooring equipment was also designed.

At the end of 2009, following a negotiated procedure with preliminary competitive tendering for renovation work on the structure as part of a project for development of the logistics function in Honfleur, Grand Port Maritime de Rouen chose the Quille/Soletanche Bachy consortium for consolidation of this quay. □

HONFLEUR, CONSOLIDACIÓN DEL MUELLE QUE SE DESPLAZABA LENTAMENTE HACIA EL SENA

VALÉRIE DORÉ, SOLETANCHE BACHY - PATRICE MONANGE, ARCADIS ESG - JEAN-PASCAL FAROUX, PORT MARITIME DE ROUEN

El primer muelle QSH1 del Grand Port Maritime de Rouen (GPMR), operativo desde 1974, se ha desplazado 50 cm hacia el Sena en 37 años, debido a numerosas alteraciones geotécnicas y estructurales. En 2006, un estudio realizado por los servicios del GPMR y Arcadis ESG estableció un diagnóstico del muelle y propuso un proyecto de consolidación aplicando diferentes técnicas para el tratamiento de las distintas inestabilidades relacionadas con el suelo y las estructuras. También se diseñaron nuevos equipos marítimos de atraque y amarre.

A finales de 2009, al término de un procedimiento negociado con convocatoria de licitación previa para las obras de rehabilitación de la estructura en el marco de una operación de desarrollo de la función logística en Honfleur, el Grand Port Maritime de Rouen seleccionó a la agrupación de empresas Quille/Soletanche Bachy para la consolidación de este muelle. □

16 - 21 avril 2012

Paris-Nord Villepinte - France

INTERMAT

Exposition Internationale de Matériels et Techniques
pour les Industries de la Construction et des Matériaux

Ensemble, construisons l'avenir

1 500 exposants
200 000 visiteurs
375 000 m² d'exposition



Connectez-vous avec



votre smartphone

Pour lire le QR code, téléchargez l'application compatible avec votre mobile.



Votre badge gratuit sur
www.intermat.fr

CODE :
PROMOFR

UNE NOUVELLE USINE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA CÔTE NORD-EST DU SRI LANKA

AUTEURS : GEOFFROY DESPORTES, DIRECTEUR DE PROJET, KANTALE WTP & PS, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS (SRI LANKA) - JULIEN RAYSSIGUIER, DIRECTEUR HYDRAULIQUE INTERNATIONALE, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS (FRANCE)

PRÈS DE TRENTE ANS APRÈS LA MISE EN SERVICE DE LA STATION DE TRAITEMENT D'EAU DE KANTALE, VINCI CONSTRUCTION REVIENT AU SRI LANKA POUR LA RÉHABILITATION ET L'EXTENSION DE CETTE MÊME STATION. SOBEA HIER, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS AUJOURD'HUI, UN MÊME ENJEU : L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA RÉGION DE TRINCOMALEE, SUR LA CÔTE NORD-EST DE L'ÎLE, QUI COMPTE DÉSORMAIS PRÈS DE 300 000 HABITANTS.



Dans une province qui a subi 30 ans de guerre civile et un tsunami, les infrastructures sont aujourd'hui sous-dimensionnées et ont souffert d'un manque constant d'investissement et de maintenance.

L'Agence nationale de l'eau potable et de l'assainissement du Sri Lanka (National Water Supply and Drainage Board), aidée du Ministère des Finances français ainsi que de l'Agence Française de Développement (AFD), a entrepris un vaste projet « intégré » visant à améliorer et étendre le service de production et de distribution d'eau dans la région.

L'assistance à la maîtrise d'œuvre de l'ensemble du projet est confiée à la Société du Canal de Provence (SCP).

LE PROJET

Les deux contrats signés par VINCI Construction Grands Projets s'inscrivent dans le cadre d'un projet général comprenant la construction d'une nouvelle prise d'eau en rivière, la pose de conduites d'adduction, la réhabilitation de réservoirs et la construction d'un château d'eau. Ils concernent, pour le premier contrat, la réhabilitation et l'extension de la station de traitement d'eau de Kantale, pour le second contrat, la fourniture et la pose de l'ensemble

1- Vue 3D de la station de traitement de Kantale (livraison : mai 2012).

1- 3D view of the Kantale treatment station (delivery: May 2012).

des équipements de deux prises d'eau (l'une existante et l'autre neuve) et d'une station de pompage d'eau traitée. La localisation du projet est visible en figure 2.

La station de Kantale verra ainsi sa capacité de production d'eau potable augmentée de 50% en mai 2012, passant de 36 000 m³/jour à 55 000 m³/jour. Son aspect final est illustré sur la simulation 3D donnée en figure 1.

La filière de traitement de l'eau est conventionnelle. Elle est constituée :

- D'une pré-chloration réalisée dans un nouveau réservoir tampon de 1 500 m³ ;
- D'une aération ;



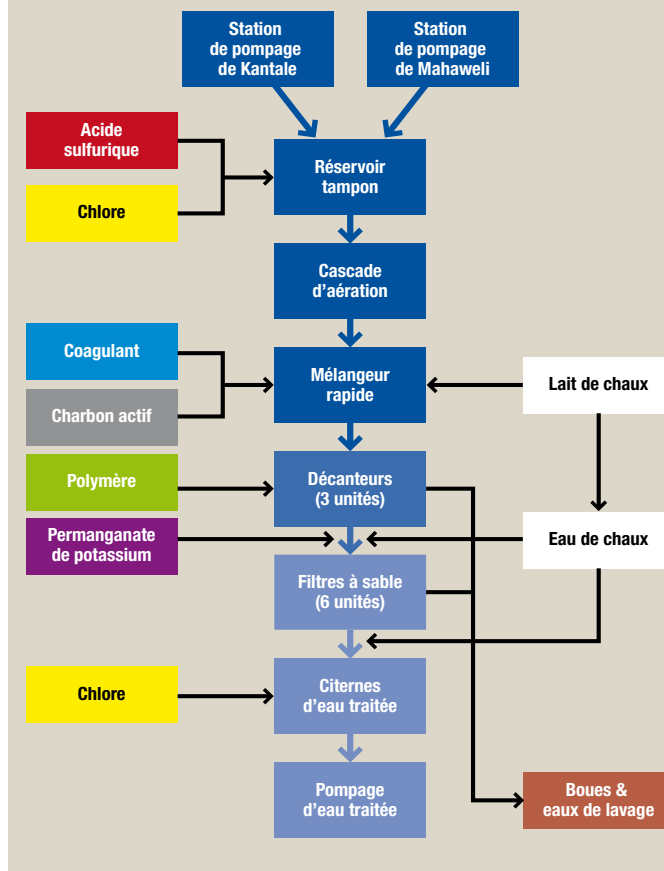
2- Localisation et vue générale du projet intégré d'alimentation en eau potable du Grand Trincomalee.

3- Schéma du process de traitement de la station.

2- Location and general view of the Greater Trincomalee integrated potable water supply project.
3- Diagram of the station's treatment process.

→ D'une coagulation dans un mélangeur rapide (cette opération consiste en l'ajout de sels métallique qui se lient aux colloïdes, particules ultra-fines en suspension, de façon à supprimer la répulsion électrostatique ce qui permet aux colloïdes de se rencontrer) ;
→ D'une floculation/décantation (opération qui consiste à ajouter un polymère favorisant l'agglomération des colloïdes ce qui permet leur décantation) ;
→ D'une filtration rapide sur sable ;
→ Et enfin une désinfection (post-chloration) dans une nouvelle citerne d'eau traitée de 1 500 m³.
Toute la filière de préparation et de dosage des réactifs est redimensionnée et entièrement réhabilitée et rééquipée. La filière finale de traitement est illustrée en figure 3.
L'équipement complet des deux stations de pompage d'eaux brutes et de la station de pompage d'eau traitée comprend la fourniture et l'installation de 10 pompes de 160 à 630 kW unitaire et équipées de variateurs de vitesse, la chaudronnerie et la robi-

SCHÉMA DU PROCESS DE TRAITEMENT DE LA STATION



L'IMBRICATION DES TÂCHES DE GÉNIE CIVIL ET D'ÉLECTROMÉCANIQUE NÉCESSAIRES À LA RÉALISATION DES FILTRES À SABLE (FIGURE 6) :

- Réalisation du génie civil de l'ensemble de l'ouvrage à l'exception du plancher perforé de filtration (qui est lui-même composé de dalles préfabriquées).
- Installation des inserts par l'électromécanicien (sections de tuyaux acier traversant les voiles des ouvrages) puis scellement de ces inserts par les équipes de génie civil.
- Essais en eau de l'ouvrage dont tests d'étanchéité (équipes de génie civil).
- Pose des dalles préfabriquées en fond de filtre par les équipes de génie civil.
- Installation par l'électromécanicien de tous les éléments de robinetterie (vannes) et de chaudronnerie (façades de filtres : tuyaux aciers, siphons, boîtes de partialisation, etc.). Câblage des équipements et installation du réseau d'air comprimé pour les vannes pneumatiques. Fixation des buselures de filtration sur le plancher perforé installé préalablement par les équipes de génie civil.
- Remplissage de l'ouvrage et test de rétro-lavage à l'air (par l'électromécanicien) : vérification de la bonne répartition des bulles d'air sur tout le miroir d'eau du filtre.
- Installation du sable (couche de 1,45 m de hauteur) sur le plancher perforé par les équipes de génie civil.
- Test final et mise en route des nouveaux filtres par l'électromécanicien en coopération avec le metteur en route.

netterie correspondante, la protection anti-bélier ainsi que d'autres équipements électromécaniques annexes. Une automatisation et un système de supervision générale de type « SCADA » coordonneront l'ensemble des installations, depuis le pompage d'eaux brutes jusqu'aux réservoirs d'eau traitée de la ville (figure 5).

Les deux contrats sont de type « clefs en main » (conception-construction) et incluent une période d'assistance à la maintenance et à l'exploitation d'un an.

L'ÉTENDUE DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION

La plupart des bétons des ouvrages existants apparaissent comme étant tout à fait sains, ce qui, pour une station âgée de 30 ans, démontre la qualité du travail effectué par les équipes de Sobeau au début des années 80.

Seule la citerne d'eau traitée présente des bétons très dégradés à cause notamment de l'injection de chlore et d'une ventilation insuffisante.

Le constat pour les installations électriques, les équipements électromécaniques, les tuyauteries apparentes et la robinetterie, est tout autre : la maintenance ayant été déficiente, la majeure partie de ces équipements doit être remplacée.

Les bâtiments d'exploitation ont également souffert d'un entretien insuffisant et sont dans un état général proche du délabrement, notamment pour les installations de préparation des réactifs. Les travaux de réhabilitation à effectuer sont donc très complets, depuis la réfection des carrelages des laboratoires jusqu'au changement des pompes principales.

LES DIFFÉRENTS MÉTIERS DU CHANTIER

L'équipe est aujourd'hui répartie entre génie civil et électromécanique. Seront ensuite mobilisés les électriciens et automatismes pour finalement laisser place à l'équipe de mise en route de la station.

Si l'on ne considère que le génie civil, les métiers sont déjà très divers : terrassements, maçonnerie, construction béton, pose de canalisations, charpente métallique, etc.

Comme bien souvent, les problèmes les plus complexes se situent aux interfaces entre le génie civil et l'électromécanique qui sont particulièrement nombreuses pour ce projet. Il faut donc les anticiper lors de la conception, de la définition du planning et des achats et importations de fournitures.



4

Les différentes activités du chantier doivent par ailleurs être coordonnées en fonction des arrivages des équipements, sachant que l'ensemble des fournitures sont importées de France voire d'Europe (y compris le sable de filtration). Ainsi, la livraison des inserts par le chaudronnier français a dû être anticipée afin de ne pas gêner l'avancement du génie civil et de ne pas retarder les tests en eau des nouveaux ouvrages.

Le rôle du coordinateur technique chargé de faire le lien entre les équipes de design, de génie civil, de travaux électromécaniques et même l'acheteur pour s'assurer de la bonne articulation des interfaces, est donc un rôle primordial. Il doit pouvoir s'appuyer sur des conducteurs de travaux de génie civil et électromécaniques ayant une expérience conséquente en travaux hydrauliques (indifféremment eau potable ou eaux usées). Il est également parfois nécessaire de faire intervenir directement les équipes des fournisseurs pour des travaux spécifiques, comme la mise en route des groupes de pompage principaux (techniciens spécialisés) ou bien la mise en place du système de supervision SCADA (automaticien).

Enfin, la culture de la sécurité et de la qualité de VINCI Construction Grands Projets est transmise aux acteurs locaux tels que les sous-traitants et les tâcherons intervenant dans le cadre du chantier. Tous les métiers sont concernés et mobilisés. Cela passe en particulier par l'amélioration et l'optimisation des techniques utilisées localement, par exemple les coffrages traditionnels utilisés par nos sous-traitants de génie civil ont été revus et repensés selon les méthodes de nos conducteurs de travaux expatriés, tout en respectant les exigences de manutention manuelle et facilité de montage/démontage.

UN PHASAGE DE TRAVAUX COMPLEXE

Le projet de conception-construction s'étend sur 18 mois, 6 mois de

conception et de préparation (déviation de conduites, déplacement d'ouvrages, etc.) et 12 mois de réalisation. La continuité de service constitue la contrainte principale du chantier. Une capacité de production minimale de 25 000 m³/jour doit être assurée pendant toute la durée du projet sans diminution de la qualité de l'eau potable produite.

La nouvelle filière de traitement doit donc être entièrement construite, équipée et mise en service avant de pouvoir entamer les travaux de réhabilitation des deux anciennes filières.

4- Vue aérienne du chantier de Kantale.

5- Extrait du système de supervision SCADA.

4- Aerial view of the Kantale site.

5- Excerpt from the SCADA supervision system.



5

PRINCIPALES QUANTITÉS ET PRODUITS MIS EN ŒUVRE

- **Construction et équipement de 2 nouveaux réservoirs de 1 500 m³ chacun, d'un nouvel ouvrage de floculation-décantation et de 2 filtres à sable, soit environ 2 000 m³ de béton.**
- **Réhabilitation de 2 décanteurs, 4 filtres à sable et de 5 bâtiments d'exploitation.**
- **Remplacement de 2 groupes de surpression d'air, 2 pompes de rétro-lavage, 4 compresseurs d'air, 14 pompes doseuses de réactifs, 10 agitateurs.**
- **Fourniture et installation de 10 pompes de 160 à 630 kW avec variation de vitesse, 2 ballons anti-bélier de 17 m³, 2 crépines de prise d'eau.**
- **Instrumentation, automatisation et système SCADA.**
- **Coût total des installations clés en main : 10,3 millions €.**
- **Durée du projet : 18 mois de conception-construction, puis 12 mois d'assistance à l'exploitation et à la maintenance.**

De même, les stations de pompage existantes d'eaux brutes et d'eaux traitées doivent être rééquipées sans interruption de service, ce qui impose de changer les pompes de manière successive. Les installations électriques doivent, elles aussi, suivre ce phasage : les anciennes armoires électriques côtoieront ainsi les nouvelles armoires avec variateurs de fréquence pendant la durée des travaux d'installation de pompes (figure 7).

Même si les dispositions du contrat prévoient des interruptions de service pouvant aller jusqu'à 72 heures continues, le contexte local rend très difficile leur application effective de disposition car l'approvisionnement en eau de la région est déjà très tendu du fait d'une ressource bien inférieure aux besoins. De plus, certains usagers (hôpitaux, administrations, camps militaires, etc.) n'envisagent pas de coupure d'eau supérieure à 12 heures et le contexte politique interdit pour le moment d'aller à l'encontre de ces exigences.

Les travaux de connexion entre ouvrages neufs et ouvrages existants (ou même de réhabilitation d'ouvrages existants) en sont d'autant plus compliqués. Ainsi certaines structures comme les filtres à sable sont réalisées « autour » des conduites existantes, qui seront ensuite découpées et retirées lors de la connexion finale. Les réhabilitations de réservoirs nécessitent de jongler avec des batardeaux temporaires et des tuyaux souples de by-pass à l'intérieur des ouvrages, le tout en espace confiné et en mettant en œuvre des précautions drastiques pour éviter toute contamination de l'eau produite par la station de traitement.

Il faut aussi compter avec la saison des pluies qui s'étend d'octobre à mars et qui est extrêmement marquée dans la région : les précipitations y sont abondantes et parfois ininterrompues sur plusieurs jours, ce qui perturbe les enchaînements de tâches. La société en charge du génie civil de la prise



d'eau dans la rivière Mahaweli a vu ainsi ses caissons et palplanches noyés par la montée rapide des eaux dès le mois de novembre dernier. Elle n'a donc pas pu achever l'ouvrage de prise d'eau ni la pose des conduites dans le lit de la rivière, ce qui a eu un impact direct sur notre activité. Notre entreprise ne peut toujours pas intervenir sur l'ouvrage pour y installer les crépines servant à la filtration de l'eau de rivière.

Les pluies de mousson empêchent aussi tous travaux de terrassement et compliquent les opérations de bétonnage. Elles compromettent les travaux de pose de conduites et obligent à prendre davantage de mesures pour la protection des remblais ou le blindage des tranchées.

UN CHANTIER ISOLÉ

Le site de Kantale est situé à 7 heures de route environ de la capitale, Colombo. Toute importation de matériel ou d'équipement doit impérativement transiter par le port de Colombo puis être acheminée par voie routière.

En effet, le port de Trincomalee, qui est pourtant un port naturel en eau profonde exceptionnel, ne peut pas être utilisé pour l'importation des équipements car il n'est pas équipé pour la manutention des containers. Le cabotage par barges depuis Colombo est

interdit en outre pour des raisons de surveillance militaire.

Il en résulte une logistique complexe : les importations d'équipements depuis la France ou l'Europe prennent en moyenne 2 mois. Les pièces de chaudronnerie doivent être préfabriquées dans l'optique d'un montage simple avec brides ou sur-longueurs, et tous les manchons et raccords sont identifiés, commandés et étiquetés. En bref, toutes les pièces jusqu'à la boulonnerie doivent être livrées de France ou d'Europe. Il est donc crucial de coordonner et de préparer les importations de fournitures et d'équipements afin d'éviter le recours au fret aérien pour les éventuelles pièces manquantes. Il faut par exemple savoir que même le sable qui sera installé dans les filtres est importé de France car la qualité requise est difficile à obtenir au Sri Lanka ou dans la région.

De même, la faible disponibilité de ressources locales dans la région de Trincomalee impose de faire venir de Colombo la grande majorité des fournitures, engins et autres approvisionnements du chantier. Pour s'affranchir de ces difficultés, une centrale à béton a été montée sur site ; cependant, même l'approvisionnement du chantier en granulats est soumis aux aléas des disponibilités des carrières environnantes.

UNE STATION À LA FOIS RUSTIQUE ET MODERNE

La conception de la station est un mariage entre rusticité et modernité : il s'agit d'une station automatisée avec la possibilité laissée à l'exploitant de pouvoir la gérer en mode manuel et même en mode forcé en cas de panne de l'automate. Les équipements sont sélectionnés en France ou en Europe pour leur robustesse et leur adaptation aux conditions locales (90% d'humidité en saison humide et 40°C en saison sèche). Une part importante des fournitures est dédiée aux pièces de rechange.

L'exploitant aura ainsi entre les mains un outil solide et fiable dont l'exploitation sera simplifiée par un système de supervision accessible et efficace.

Les « anciens » de la ville de Trincomalee utilisent le terme « SOBEA water » pour désigner l'eau potable du réseau de distribution. C'est dire si le projet initial a marqué les esprits depuis les années 1980. Le chantier actuel est tout aussi ambitieux et aura un impact positif sur la vie quotidienne de dizaines de milliers de personnes qui attendent avec impatience la mise en service des nouvelles installations. Comme il y a trente ans, nous serons fiers de voir le nom de notre société associé à ce projet. □

6- Vue des anciens et nouveaux filtres à sable.

7- Vue de la station de pompage de Mahaweli en cours d'équipement.

6- View of the old and new sand filters.

7- View of the Mahaweli pumping station undergoing equipment.

LES INTERVENANTS DU PROJET

CLIENT : National Water Supply and Drainage Board – Agence nationale de l'eau potable et de l'assainissement (Sri Lanka)

ORGANISME FINANCEUR : Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (France)

ASSISTANCE À LA MAÎTRISE D'ŒUVRE : Société du Canal de Provence (France)

ENTREPRISE GÉNÉRALE : VINCI Construction Grands Projets (France)

ABSTRACT

A NEW PLANT TO SUPPLY POTABLE WATER FOR THE NORTHEASTERN COAST OF SRI LANKA

GEOFFROY DESPORTES, VINCI - JULIEN RAYSSIGUIER, VINCI

Nearly thirty years after commissioning of the Kantale water treatment station, VINCI Construction returns to Sri Lanka for the renovation and extension of the same station. Yesterday called SOBEA, now called VINCI Construction Grands Projets, but the challenge is the same: supply potable water for the region of Trincomalee, on the northeastern coast of the island, which now has almost 300,000 inhabitants. □

LA NUEVA PLANTA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COSTA NORDESTE DE SRI LANKA

GEOFFROY DESPORTES, VINCI - JULIEN RAYSSIGUIER, VINCI

Cerca de treinta años después de la puesta en servicio de la planta de tratamiento de agua de Kantale, VINCI Construction vuelve a Sri Lanka para su rehabilitación y ampliación. SOBEA ayer y VINCI Construction Grands Projets hoy, un mismo reto: el abastecimiento de agua potable de la región de Trincomalee, en la costa nordeste de la isla, que cuenta con cerca de 300.000 habitantes. □

VIADUCS DU PREMIER TRACÉ LGV AU MAROC : PRÉSERVER LA QUALITÉ DES EAUX

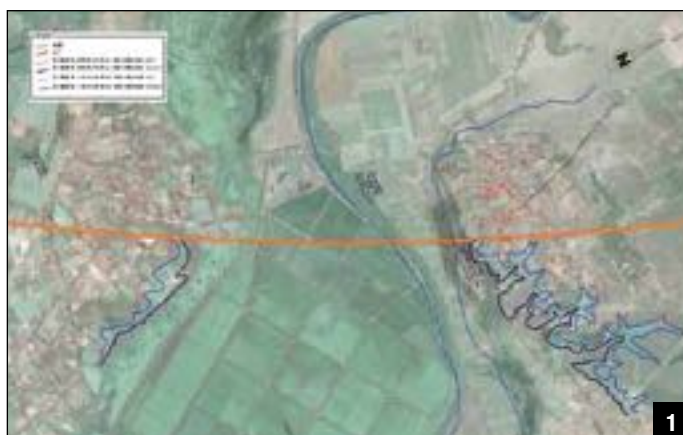
AUTEURS : FADWA OUGRIRANE, EXPERTE D'ÉTUDES EN INGÉNIERIE À L'OFFICE NATIONAL DES CHEMINS DE FER (ONCF), DOCTORANT À L'ÉCOLE MOHAMMADIA DES INGÉNIEURS (EMI) - LAHCEN BAHİ, PROFESSEUR ET DOCTEUR, ET DIRECTEUR DU CENTRE DES ÉTUDES DOCTORALES À L'EMI

LA PRÉSERVATION DE LA QUALITÉ DES EAUX EST AU CŒUR DU PROJET DE LA LIAISON FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE ENTRE TANGER ET KÉNİTRA, AU MAROC. LE TRACÉ PRÉVOIT LA CONSTRUCTION DE DEUX VIADUCS POUR FRANCHIR LES DEUX PRINCIPAUX COURS D'EAU, L'OUED SEBOU ET L'OUED LOUKKOS. LE PRÉSENT ARTICLE FAIT LE POINT SUR LES DISPOSITIONS MISES EN ŒUVRE POUR PRÉSERVER LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES DU SITE.

La construction de la liaison à grande vitesse (LGV) reliant Tanger à Kénitra, au Maroc, constitue la première étape du schéma directeur de développement du réseau ferroviaire à grande vitesse du pays. Le tracé retenu pour ce tronçon traverse des forêts, des sites d'intérêt écologique, une dizaine de cours d'eau secondaires et deux cours d'eau principaux : l'oued Sebou et l'oued Loukkos, patrimoine hydrologique national important en matière d'eaux souterraines et superficielles.

Le Maroc s'est engagé dans un choix de développement durable, un choix dicté aussi bien par la rationalisation de la gestion des ressources, gage du développement socio-économique futur du pays, que par un souci d'amélioration continue de la qualité de vie du citoyen marocain. Dans le cadre de ce projet, des mesures environnementales sont donc nécessaires dans le but d'atténuer et/ou de compenser les impacts négatifs engendrés par le tracé de la liaison à grande vitesse, surtout en période de construction, considérée comme la plus significative en termes d'impact.

Dans ce contexte, la solution adoptée pour franchir l'oued Sebou et l'oued Loukkos est la construction de deux viaducs, respectivement de 250 mètres et 2 200 mètres de longueur. Le présent article concerne la définition et la mise en œuvre de mesures préventives pour la préservation de la qualité des eaux, notamment en phase de travaux.



LA LOCALISATION DES VIADUCS

La LGV traverse l'oued Sebou entre le PK 182+958 et le PK 183+208 (figure 2). Le franchissement de cette contrainte hydraulique sera assuré par un viaduc localisé à environ 30 kilomètres à l'aval de Sebou. Il est voisin et parallèle au viaduc autoroutier franchissant le même oued. Entre le PR 333.3 et le PR 335.4, la LGV traverse l'oued Loukkos. Le franchissement de cette deuxième contrainte hydraulique sera assuré par un viaduc de 2 200 m de longueur (figure 1).

L'ÉTAT INITIAL DES SITES RÉCEPTEURS

Prenant source au Moyen Atlas et se déversant dans l'océan Atlantique au niveau de Mehdiya près de Kénitra, l'oued Sebou s'étend sur une longueur

1- Localisation du viaduc de franchissement de l'oued Loukkos.

1- Location of the viaduct crossing Wadi Loukkos.

de 614 kilomètres. Il traverse les zones pré-rifaines et la plaine du Gharb, et reçoit les affluents de plusieurs oueds de ces zones, comme l'oued Lebène et l'oued Ouargha situé en aval du projet. Son débit annuel moyen est de 137 m³/s environ. Le débit du Sebou varie selon les saisons et selon l'emplacement du point de mesure. À certains

endroits, ce débit s'élève à 350 m³/s environ. En 2010, un pic de débit de 2 700 m³/s environ est enregistré dans la zone. Cette valeur est dès lors choisie comme référence pour le dimensionnement du viaduc, avec l'application d'un coefficient de sécurité adapté au niveau des enjeux sécuritaires du projet.

Quant à l'oued Loukkos, il présente un régime hydraulique pluvial d'une forte irrégularité interannuelle. Ce cours d'eau est régularisé à travers le barrage El-Makhazine d'une capacité de 773.106 m³ susceptibles d'irriguer près de 85 000 hectares. Plus en aval de l'oued Loukkos, à moins d'un kilomètre à l'Est du projet de la LGV, un barrage de garde, de 4.10 m³ de capacité, a été construit afin de protéger la basse vallée contre les remontées des eaux de mer, et de garantir une source d'eau suffisante pour l'irrigation. Le bassin du Bas-Loukkos est classé comme Site d'Intérêt Biologique et Écologique et comme site Ramsar (Convention internationale relative à la préservation des zones humides).

LA PRÉSERVATION DES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES

ANALYSE QUALITATIVE DES IMPACTS

Plusieurs impacts potentiels des futurs travaux ont été analysés. Tout d'abord, l'altération de la qualité des eaux souterraines et superficielles, car les terrassements génèrent des matières fines, qui sont ensuite entraînées vers l'aval

lors des pluies. Le nettoyage et l'entretien des engins de travaux (vidanges notamment) ou encore les eaux usées, les produits dangereux et les déchets de chantier constituent d'autres risques potentiels pour la qualité des eaux.

On note aussi un risque de pollution des oueds en phase de construction des ouvrages d'art.

Les mesures de protection consistent à mettre en place, en phase de préparation de chantier, une procédure et des moyens d'intervention d'urgence en cas de pollution accidentelle.

Elles recouvrent aussi le positionnement des sites d'installation de chantier à distance des secteurs sensibles. En fin de chantier, la remise en état de ces sites, avec nettoyage complet pour ne laisser aucune trace de déchets ou de stocks de matériaux.

Ces mesures prévoient également l'interdiction de stockage de produits polluants à proximité des oueds, et en particulier lorsqu'il existe un puits en aval. Des dispositifs particuliers seront mis en place pour stocker ces produits afin de limiter les risques pour l'environnement : les substances polluantes seront collectées en fûts étanches, sur des aires étanches et couvertes, et évacuées en cours ou en fin de chantier par des entreprises spécialisées en vue de leur traitement ou élimination.

Ces mesures comprennent aussi l'entretien et le nettoyage des engins de chantier sur des aires spécifiquement aménagées pour limiter les risques de dégradation de la qualité des eaux, ainsi que leur ravitaillement en carburant et en huile à réaliser hors des « zones sensibles ». Celles-ci seront localisées et matérialisées sur le site avant le début des travaux. Par ailleurs, des sanitaires raccordés à une fosse étanche seront installés, dont les eaux usées seront régulièrement évacuées vers un site de traitement ou vers un dispositif de traitement autonome.

En ce qui concerne la récupération et l'évacuation régulière des déchets de chantier, les entreprises devront inclure un plan de gestion. La destination des différents déchets générés par le chantier, notamment des huiles de vidange et des filtres à huile sera précisée.

Le principe d'un recyclage maximal de ces déchets sera recherché. On procédera au nettoyage des toupies à béton dans des fosses spécifiques, creusées à distance du lit des oueds.

Des dispositifs d'assainissement provisoires (fossés, bassins de décantation et filtres rustiques) sont également prévus à proximité des oueds et des



2- Localisation du viaduc de franchissement de l'oued Sebou.

3- Localisations des piézomètres et points de contrôle de la qualité des eaux à l'oued Sebou.

2- Location of the viaduct crossing Wadi Sebou.

3- Locations of the piezometers and water quality monitoring points at Wadi Sebou.

principaux puits de captage des eaux souterraines. De plus, un réseau de piézomètres sera installé pour surveiller la qualité des eaux souterraines (points de captage d'eau potable situés en aval hydrogéologique du chantier).

Aucun produit ou matériau ne sera rejeté dans les eaux superficielles. En particulier, les coulures de laitance de béton, des huiles de coffrage, etc. sont à éviter. Il est prévu de balayer et de récupérer les poussières de béton pour éviter leur rejet dans les oueds. Les mesures passent aussi par l'aménagement des sites de pompage pour les besoins en eau du chantier.

ANALYSE QUANTITATIVE DES IMPACTS

En ce qui concerne l'aspect quantitatif, différents impacts sont examinés concernant les risques de modification des écoulements superficiels au cours du chantier. Les besoins en eau pourraient pénaliser les usages actuels de cette dernière (adduction d'eau potable, irrigation, abreuvement du bétail). La construction de la liaison à grande vitesse pourrait nécessiter la destruction de puits ou de châteaux d'eau. Afin d'éviter ces impacts, des zones de stockage ou de dépôt de matériaux seront choisies en tenant compte de l'écoulement des oueds et des risques d'inondation. Il sera interdit de déposer,

même provisoirement, des matériaux, du matériel ou des déchets dans des secteurs où ils seraient susceptibles de représenter un obstacle à l'écoulement des eaux.

Les pistes de chantier seront conçues pour ne pas entraver l'écoulement des eaux au droit des écoulements naturels, même peu marqués. Ces pistes seront démantelées en fin de travaux ou aménagées afin de favoriser la libre circulation des eaux pour celles qui devront être conservées à la fin de la construction. Les puits et châteaux d'eau seront reconstruits ou bien les propriétaires seront indemnisés au titre des dégâts de surface.

LES DISPOSITIONS MISES EN ŒUVRE POUR L'OUED SEBOU

Avant toute exploitation des eaux superficielles de l'oued Sebou, l'entrepreneur a la responsabilité de suivre les démarches administratives nécessaires à l'obtention des autorisations de l'exploitation des eaux du Domaine Public Hydraulique auprès de l'agence du bassin hydraulique. Il lui appartient de mettre en place les piézomètres nécessaires au suivi du niveau de la nappe, ainsi que de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux. Il doit réaliser les forages avant le début des travaux, les maintenir fonctionnels pendant la durée du chantier et les céder opérationnels à la fin des travaux. L'entrepreneur doit effectuer des analyses de la qualité des eaux au niveau de points bien spécifiés (figure 3). Les localisations en coordonnées Lambert (X, Y) des piézomètres de la surveillance de la qualité des eaux superficielles et souterraines sont indiquées respectivement dans les tableaux 1 et 2, la liste des indicateurs et paramètres à mesurer est explicitée dans le tableau 3.

L'entrepreneur a l'obligation de réaliser des mesures mensuelles de la qualité des eaux superficielles. Il doit également effectuer six mesures de la qualité des eaux souterraines (niveau piézométrique et indicateurs proposés) par année selon un calendrier à respecter : en janvier, février, mars, juin, septembre et décembre.

POUR L'OUED LOUKKOS

Dans le cadre de la construction du franchissement de l'oued Loukkos, les piles du viaduc nécessitent la réalisation de fondations profondes. Des pieux seront forés à la bentonite sur tous les appuis, générant des boues susceptibles de polluer les eaux superficielles. ▽

TABEAU 1 : LOCALISATION DES POINTS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES

Points de contrôle	Coordonnées		Emplacement
	X	Y	
Pc1	398345.21	415528.94	200 m en amont du viaduc
Pc2	397950.70	415586.26	150 m à l'aval du viaduc

TABEAU 2 : LOCALISATION DES POINTS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Piézomètres	Coordonnées	
	X	Y
Pi1	398322.07	415222.16
Pi2	397962.64	415271.12
Pi3	398252.42	415839.69
Pi4	397947.98	415882.62

TABEAU 3 : LISTE DES INDICATEURS ET PARAMÈTRES À MESURER POUR CONTRÔLER LA QUALITÉ DES EAUX

Indicateurs à suivre
Teneur en hydrocarbures
Teneur en composés organiques de chlore
Teneur en composés organiques de phosphore
Teneur en coliformes totaux
Teneur en coliformes fécaux
Teneur en streptocoques fécaux
Teneur en turbidité
Oxygène dissous
Teneur en nitrate
Teneur en nitrite
Teneur en phosphates
Teneur en sulfates
pH
Température de l'eau
Bilan ionique (pour l'état initial)

D'autres risques de pollution existent, engendrée par les laitances de béton, les peintures, etc. Il est donc primordial de mettre en place un dispositif d'assainissement provisoire des chantiers à proximité des cours d'eau. Les eaux de rejet des chantiers seront recueillies dans des fossés spécifiques et traitées par un système de décantation efficace, avant rejet dans le milieu naturel. Concernant les travaux de construction du viaduc, des mesures précises seront à respecter : la récupération et l'évacuation des boues de forage vers un lieu de dépôt autorisé par le maître d'œuvre ; l'aménagement d'une aire étanche pour le lavage des toupies à béton avec fossé et bassin spécifique de décantation, ainsi que l'utilisation préférentielle d'huiles naturelles ou de cires pour le décoffrage.

CONCLUSION

L'objectif principal des mesures de protection est de préserver la vie biologique et la qualité des eaux à l'aval des viaducs franchissant les oueds Loukkos

et Sebou, et aussi d'éviter que des produits nuisibles ne soient acheminés vers l'océan. Les mesures de neutralisation, de réduction et de compensation des impacts dus à la construction du tracé de liaison à grande vitesse sont introduites dès la conception des deux ouvrages. Elles permettent de minimiser, en amont des travaux, les impacts résiduels sur l'environnement physique, biologique et paysager. Les études préalables s'appuient sur la rationalisation et l'optimisation, les valeurs du développement durable et de la protection des ressources qui portent sur la nature des mesures. Ensuite, en phase de la construction, c'est la conformité aux recommandations des études environnementales et à la réglementation en vigueur, notamment la loi 10-95 sur l'eau et ses textes d'application, ainsi que la bonne gestion des imprévus qui permettront de réduire les impacts sur le milieu récepteur. Ces mesures de protection des eaux et des zones marécageuses et aqua-

tiques seront intégrées dans une Notice du Respect de l'Environnement pour servir d'engagements contractuels aux entreprises de construction du viaduc de Loukkos et de celui de Sebou. La surveillance environnementale du projet permettra de suivre, pendant et après les travaux, le respect des entreprises à leurs engagements ainsi que l'ampleur des impacts environnementaux résiduels, et de prendre les mesures correctives nécessaires. □

[Repères et bibliographie]

- [1] « Description of the Selected Non-EU River Basin Sebou (Morocco) State of the Art of the Sebou Basin in the Frame of Pilot Establishment of WFD Tools », 2007. « Science-Policy Interfacing in Support of the Water Framework Directive Implementation ». Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006).
- [2] El Aghani (M.-A.), Dakki (M.), Benhoussa (A.), Hammada (S.), Bennig (O.), 2003. « Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR) / Catégories approuvées dans la Recommandation 4.7 modifiée par la Résolution VIII.13 de la Conférence des Parties contractantes ».
- [3] El Bliidi (S.), Fekhaoui (M.), 2003. « Hydrologie et dynamique marégraphique de l'estuaire du Sebou (Gharb, Maroc) ». *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2003, n° 25, p. 57-65.
- [4] Haffane (M.), 2005. « Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (Aewa) / Rapport national du Royaume du Maroc sur l'application de l'Aewa ». Haut-Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification. Maroc.
- [5] Hammada (S.), 2007. « Études sur la végétation des zones humides du Maroc / Catalogue et Analyse de la biodiversité floristique et identification des principaux groupements végétaux ». Thèse de doctorat : Université Mohammed V – Agdal, Faculté des sciences, Rabat.
- [6] Harbouse (R.), 2009. « Efficacité et Efficience économiques comparées des systèmes de production dans différentes situations d'accès à la ressource en eau : application dans le périmètre du Gharb (Maroc) ». Thèse de *Master of Science*. Institut agronomique méditerranéen de Montpellier (France).
- [7] Office régional de mise en valeur agricole du Loukkos (Ormvval), [2005].
- [8] Rouchati (M.), Khachani (H.), Hiba (S.), Afif (K.), Maknin (N.), Idrissi (A.), Jemmal (H.), Azariah (A.), Oualliti (H.), Alami (M.-H.), 2011. « Lignes directrices en appui à la stratégie de la région pour la coopération internationale région de Tanger / Tétouan ». Mission Conseil, Région de Tanger / Tétouan, Maroc.
- [9] Smouni (M.), 2011. « Projet de ligne à grande vitesse Casablanca / Kénitra ». UIC. *Fourth ONCF / UIC International Seminar on Railway Safety and Security*, 20-22 April 2011, Ifrane, Morocco.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Office National des Chemins de Fer (ONCF) : Direction projet LGV

VIADUC LOUKKOS

ENTREPRENEUR : Claudio Salini/Matarrese

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Egis Rail/Novac

VIADUC SEBOU

ENTREPRENEUR : SGTM

MAÎTRISE D'ŒUVRE : Systra/Systra Maroc/CID/Team Maroc

ABSTRACT

VIADUCTS OF THE FIRST HIGH-SPEED RAIL LINE IN MOROCCO: PROTECTING WATER QUALITY

FADWA OUGRIRANE - LAHCEN BAH

Protecting water quality is a key aspect of the high-speed rail link project between Tangier and Kenitra, in Morocco. Two viaducts are planned to be constructed on the route to cross the two main watercourses, Wadi Sebou and Wadi Loukkos. This article reviews the measures taken to protect the quality of groundwater and surface water on the site. □

VIADUCTOS DEL PRIMER TRAZADO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD EN MARRUECOS: PRESERVAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS

FADWA OUGRIRANE - LAHCEN BAH

La preservación de la calidad de las aguas es una de las prioridades del proyecto del enlace ferroviario de alta velocidad entre Tánger y Kenitra (Marruecos). El trazado prevé la construcción de dos viaductos para atravesar los dos principales ríos, el Sebú y el Lucus. Este artículo hace balance de las disposiciones aplicadas para preservar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales del lugar. □



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

Le STRRES est le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures.

Il rassemble 60 entreprises qui exercent, à titre principal ou secondaire, une activité d'entretien, de réparation et de réhabilitation des structures de Génie civil.

Le STRRES est adhérent de la FNTP.

Retrouvez sur **www.strres.org** :

Les guides



Pour mieux connaître et appliquer les règles de l'art en matière de réparation et de renforcement d'ouvrages, **consultez ou téléchargez gratuitement 12 guides techniques du STRRES.**

Les entreprises



Trouver une entreprise **par domaine d'activité, par région et/ou par identification professionnelle.**

SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS SPÉCIALISTES DE TRAVAUX
DE RÉPARATION ET RENFORCEMENT DE STRUCTURES

3 rue de Berri 75008 Paris • Tél. : 01 44 13 31 82 • Fax : 01 44 13 32 44 •
strres@strres.org • www.strres.org

ABS • ADS ouvrages d'art • AFGC • AGTP • ARREBA • ATS • AXIMUM • BASF CC France • BAUDIN-CHATEAUNEUF • BEC • BEKAERT France • BERTHOLD SA • BTPS • CHANTIERS MODERNES SUD • COFEX Ile-de-France • COFEX LITTORAL • COFEX REGIONS • COLAS RAIL • CTICM • CROBAM • DEMATHEU ET BARD • ECM • EGM TNC • EIFFAGE TP/ Département GCN • EIFFEL CONSTRUCTION MÉTALLIQUE • ENTREPRISE BONNET • ETANDEX • ETPO • EUROVA BÉTON • FAURE SILVA • FAYAT • HOLCIM • FREYSSINET France • FREYSSINET International & Cie • GAUTHIER • GTS/ Département ELITE • LAFARGE • LETESSIER • MAPI • MOCF • NOUVETRA • OUEST ACRD SA • PAGEL SAS • PAREX/ ENKO • PERRIER SAS • POA • RAZEL • RCA • RENOFORS • RESINA • RESIREP • SNC • RICHERT • SAINT GOBAIN WEBER France • SARL ROMOUEUF • SEFI-INTRAFOR • Sika • SIRCOTRAVAUX SPÉCIAUX • SNCTP • SOFRARES • SOLETANCHE BACHY • SOTEM • SORREBA TECHNOLOGIE • SOTRAIB EAU • SPIE BATHIGNOLLES TECHNOLOGIES • STPL • TEMSOL • TSV • VIA PONTIS • VINCI CONSTRUCTION France • VSL France

STRRES



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT



Ammann France - ZI Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Cliché Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com



BOBCAT/SPV - S.P.3 - 27320 NONANCOURT
N° Vert 0 825 01 43 87



FRANCE
Tous les services techniques
des Equipements en TP, R,
Lavage et Manutention
T : 00 33 (0)3 23 04 00 88
F : 00 33 (0)3 23 68 33 80
Mail : sodinog@wanadoo.fr
DEPOTS 02 ET 74

■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

BOBCAT EUROPE
J. Huysmanslaan 59 B
1651 Lot - Belgique
Tél. 00 32 2 371 68 11
Fax 00 32 2 371 69 00

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ MINI-PELLE

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

ONE -TP.COM
1 Place du 8 Mai 1945
60119 Neuville Bosc
Tél. 01 30 37 06 26
Fax 01 34 40 01 44

MATERIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRI ME ET TRAVAUX D'ABATTAGE

■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

**ATLAS COPCO FORAGE
ET DÉMOLITION SA**
ZI du Vert Galant - 2, av. de l'Éguillette
BP 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION



Coffrages et Etaisements
PERI S.A.S.
Z.I. Nord - 34/36, rue des Frères Lumière
77109 Meaux cedex
Tél. : 01 64 35 24 40 - Fax : 01 64 35 24 50
peri.sas@peri.fr
www.peri.fr

MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES



Ammann France - ZI Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Cliché Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com



2, avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60
www.bomag.com



WIRTGEN FRANCE
WIRTGEN
Fraiseuses sur roues et sur chenilles
Recycleurs à froid / Stabilisatrices de sol
Machines à coffrage glissant / Mineurs de surface
Outils au carbure Betek/Sitek
VÖGELE
Finisseurs sur pneus et sur chenilles / Alimentateurs
HAMM
Rouleaux tandem vibrants
Compacteurs à pneus
Compacteurs monocylindre vibrants
KLEEMANN
Installations de concassage mobiles et fixes / cribles
Distributeur exclusif pour la France des épandeurs
de liants pulvérulents
STREUMASTER série SW
WIRTGEN FRANCE
BP 31633 - 7, rue Marc Seguin
95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49
E-mail : contact@wirtgen.fr
www.wirtgen.fr

METALLIANCE
ZI de la Saule - BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

RABAUD
Bellevue - 85110 Sainte-Cécile
Tél. : 02 51 48 51 58
Fax 02 51 40 22 97
www.rabaud.com
info@rabaud.com

MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

■ TRAVAUX SOUTERRAINS



AUSCULTATIONS - Automatiques
Tél. 01 41 42 06 30
Fax 01 41 42 00 31
www.miretopo.com

■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE



Bureau d'Etude
Bathymétrie - Topographie
Suivi de travaux & Suivi d'Ouvrages
Tél : 06 67 79 05 16 - 06 99 48 45 27
www.bathys.fr - contact@bathys.fr

CE GUIDE RENSEIGNE SUR LES PRODUCTIONS DES FOURNISSEURS DE MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT OU SERVICES. SI VOUS DÉSIREZ ÊTRE RÉPERTORIÉS DANS CES RUBRIQUES, ADRESSEZ-VOUS À : RÉGIE PUBLICITÉ INDUSTRIELLE - 9, BD MENDÈS FRANCE - 77600 BUSSY-SAINT-GEORGES - TÉL. : 01 60 94 22 20 - TARIF : 100 € HT PAR LIGNE ET PAR RUBRIQUE OU 230 € HT LE CM COLONNE POUR UNE ANNÉE DE PARUTION.

MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE



Concassage, broyage, criblage, manutention

Matériels et installations fixes et mobiles
Installations de recyclage
Transporteurs et accessoires
Pièces d'usure et de rechange
Produits anti-usure, blindages, capotages
Pompes
(Nordberg-Svedala-Trolex-Lindemann)

Metso Minerals (France)
41, rue de la République - 71009 Mâcon Cedex
Tél. : 03 85 39 62 00 - Fax : 03 85 39 63 49
www.metso.com

POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE

GRAVEL

1 Chemin de Villers à Combault
94420 Le Plessis Trevisé
Tél. 01 45 94 59 53
Fax 01 45 94 59 83

MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGEE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE

LEDUC T.P

1, rue de Folenrue
27202 VERNON cedex
Tél. 02 32 51 74 97
Fax 02 32 51 57 18

MATERIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION



G-OCTOPUS

www.g-octopus.com
Tél. : +33 01 47 32 48 30

DÉSABLEUR DE BOUES

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

POMPES À BOUES

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

PRESSE D'INJECTION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS



MARAIS

Marais Contracting Services
1, rue Pierre et Marie Curie
49430 DURTAL
Tél. : 02 41 96 16 90 - Fax : 02 41 96 16 99
Email : info@marais.com - Web : www.marais.com

TRANCHEUSE

MARAIS CONTRACTING SERVICES

1, rue Pierre et Marie Curie
ZA "Les portes d'Anjou" - BP 20
49430 DURTAL
Tél. 02 41 96 16 90
Fax 02 41 96 16 99

MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS



ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION S.A.S.
Z.I. du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette
B.P. 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise cedex

Tél. : 33 (0) 1 39 09 32 22
Fax : 33 (0) 1 39 09 32 49
www.atlascopco.fr



Ducrocq
Ingénierie Process

24 Esplanade Louis MONTROUILLET
W : 03 25 96 02 50 - Fax : 03 25 96 48 44
E-mail : ducrocq-industries@wanadoo.fr
Site Internet : www.ducrocq-ingenierie-process.com

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

BERLINE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

TECHNICRIBLE

Zone industrielle
81150 LAGRAVE
Tél. 05 63 81 41 57
Fax 05 63 81 41 56

LOCOTRACTEUR DE MANŒUVRE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

ENGIN DE BOULONNAGE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

ENGIN DE FORATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE



Lhoist France
Une société du Groupe Lhoist

100, Rue de la République - 71009 Mâcon Cedex 01
Tél. : +33 (0) 3 85 39 62 00 - Fax : +33 (0) 3 85 39 63 49
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES



Rincenbtbp
26 agences en France

www.rincenbtbp.fr
Tél. +33 (1) 60 87 21 25
direction.technique@rincenbtbp.fr



CATHIE ASSOCIATES

www.cathie-associates.com
Tél. : +33 1 47 32 48 30

MATERIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

SDMO INDUSTRIE

12 Bis, rue de la Villeneuve BP 241
29272 Brest cedex
Tél. 02 98 41 41 41
Fax 02 98 41 13 10

MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

CHOISISSEZ VOS RUBRIQUES ET SOYEZ PRÉSENT PENDANT 1 AN DANS TOUS LES NUMÉROS DE TRAVAUX. POUR TOUT CONTACT, APPELEZ : RÉGIE PUBLICITÉ INDUSTRIELLE, 9, BD MENDÈS FRANCE - 77600 BUSSY-SAINT-GEORGES - XAVIER BERTRAND - TÉL. : 01 60 94 22 20

MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

- POMPE À DIAPHRAGME
- POMPE BASSE PRESSION POUR EAUX CHARGÉES
- POMPE HAUTE PRESSION, LAVAGE, LANÇAGE
- ALIMENTATION GRANDE HAUTEUR
- POMPE POUR RABATTEMENT DE NAPPE
- POMPE SUBMERSIBLE

MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

- MARTEAU
- MOUTON
- VIBRATEUR DE FONÇAGE ET D'ARRACHAGE

MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ ET TRAVAUX D'ABATTAGE

- CHARIOT DE FORAGE (WAGON DRILL)
- COMPRESSEUR À VIS SUR ROUES - INSONORISÉ
- ELECTRO-COMPRESSEUR, SEMI-FIXE - INSONORISÉ
- MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE
- PINCE ET CISAILLE DE DÉMOLITION

MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

- CHARGEUSE SUR CHENILLES
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES
- CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LEADER)
- DÉCAPEUSE AUTOMOTRICE AVEC OU SANS AUTOCHARGEUR (MOTORSCRAPER)
- MINI-PELLE
- MOTO-BASCULEUR
- NIVELEUSE AUTOMOTRICE
- PELLE À CÂBLES SUR CHENILLES
- PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES
- PELLE SPÉCIALE AVANCEMENT AU PAS
- TOMBREAU AUTOMOTEUR À CHÂSSIS RIGIDE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ
- TRACTEUR INDUSTRIEL ET FORESTIER 4 X 4
- TRACTEUR SUR CHENILLES (BOUTEUR, BULLDOZER)
- TRACTEUR SUR PNEUMATIQUES

MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

- CAMIONNETTE TOUTS CHEMINS 4 X 4 < 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 4 X 4 > 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 6 X 4 - 6 X 6 - 8 X 6
- REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- SEMI-REMORQUE À BENNE
- SEMI-REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 4 X 4
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 6 X 4 - 6 X 6

MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

- ASCENSEUR MIXTE (MATÉRIAUX ET PERSONNEL)
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE FIXE
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE VARIABLE

- ELÉVATEUR HYDRAULIQUE À NACELLE
- GRUE AUTOMOTRICE SUR PNEUMATIQUES
- GRUE AUXILIAIRE DE VÉHICULE
- GRUE ROUTIÈRE
- GRUE SUR CHENILLES
- GRUE À TOUR (MONTAGE PAR ÉLÉMENTS)
- GRUE À TOUR (DÉPLIAGE AUTOMONTABLE)
- PLATE-FORME ÉLÉVATRICE

MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

- ALIMENTATEUR DE FINISSEUR
- BALAYEUSE PORTÉE OU SEMI-PORTÉE
- BALAYEUSE RAMASSEUSE AUTOMOTRICE
- BALAYEUSE TRACTÉE
- CITERNE MOBILE DE STOCKAGE ET DE CHAUFFAGE DES LIANTS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PIEDS DAMEURS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PNEUS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR MIXTE
- COMPACTEUR STATIQUE AUTOMOTEUR TANDEM
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOBILE, MONOCYLINDRE VIBRANT - LISSE ET PIEDS DAMEURS - LIGNE MOTRICE À 2 PNEUS
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOTEUR TANDEM - 1 ET 2 CYLINDRES VIBRANTS
- COMPACTEUR VIBRANT, GUIDAGE À MAIN ET DUPLEX
- COMPACTEUR VIBRANT TRACTÉ, MONOCYLINDRE, LISSE OU PIEDS DAMEURS
- DÉPOUSSIÉREUR À TISSU FILTRANT
- DÉPOUSSIÉREUR À VOIE HUMIDE
- DOSEUR À PULVÉRULENTS
- ÉPANDÉUR LATÉRAL (ÉLARGISSEUR DE ROUTE)
- FINISSEUR
- FRAISEUSE AUTOMOTRICE ET RETRAITEMENT DE CHAUSSÉES
- GRAVILLONNEUR AUTOMOTEUR
- GRAVILLONNEUR PORTÉ
- MACHINE À COULIS BITUMINEUX À FROID
- MACHINE POUR FABRICATION DE BORDURES ET CANIVEAUX
- MALAXEUR CONTINU À FROID
- MALAXEUR DISCONTINU D'ENROBAGE
- MATÉRIEL DE RÉPANDAGE ET GRAVILLONNAGE INTÉGRÉ
- PILONNEUSE
- PLAQUE VIBRANTE
- PULVÉRISATEUR MÉLANGEUR (RETRAIEMENT DE CHAUSSÉE)
- RÉPANDÉUR DOSEUR DE PULVÉRULENTS
- RÉPANDÉUSE DE LIANTS (ÉQUIPEMENT)
- SABLEUSE-SALEUSE
- SÉCHEUR
- TAMBOUR SÉCHEUR AVEC TAMBOUR ENROBEUR SÉPARÉ
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À CONTRE COURANT
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À FLUX PARALLÈLES
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À ENROBAGE SÉPARÉ DOUBLE TAMBOUR CONCENTRIQUE
- TRÉMIE DE STOCKAGE D'ENROBÉS
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE PRODUITS STABILISÉS
- TRÉMIE PRÉDOSEUSE À GRANULATS
- VIBREUSE SURFACEUSE DE BÉTON À COFFRAGE GLISSANT (SLIP FORM PAVER)

MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

- ALIMENTATEUR À MOUVEMENT ALTERNATIF
- ALIMENTATEUR À TABLIER MÉTALLIQUE
- ALIMENTATEUR VIBRANT
- BROYEUR À BARRES
- BROYEUR À PERCUSSION À AXE VERTICAL
- BROYEUR À PERCUSSION À MARTEAUX
- CONCASSEUR À MÂCHOIRES
- CONCASSEUR À PERCUSSION À BATTOIRS
- CONCASSEUR À TAMBOUR DE FRAPPE
- CONCASSEUR GIRATOIRE (PRIMAIRE, SECONDAIRE)
- CONCASSEUR GIRATOIRE (SECONDAIRE, TERTIAIRE)
- CONCASSEUR MOBILE SUR CHENILLES
- CRIBLE VIBRANT
- DÉCANTEUR ÉGOUTTEUR À AUBES
- DÉTECTEUR DE MÉTAUX
- LAVEUR DÉBOURBEUR
- MALAXEUR À TAMBOUR
- POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE
- SÉPARATEUR EXTRACTEUR MAGNÉTIQUE
- TRANSPORTEUR, CRIBLEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE-CRIBLEUSE)
- TRANSPORTEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE)

MATÉRIEL POUR LA FABRICATION, LE TRANSPORT ET LA MISE EN PLACE DES BÉTONS, MORTIERS ET ENDUITS

- AUTOBÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE PORTÉE (TRUCK MIXER)
- CENTRALE MOBILE ET SEMI-MOBILE
- COFFRAGE (BANCHE)
- DESSACHEUSE AUTOMATIQUE
- DRAGLINE
- ECHAFAUDAGE AUTO-ÉLÉVATEUR
- MACHINE À PROJETER LE BÉTON
- MALAXEUR À AXES HORIZONTAUX
- MALAXEUR À AXE VERTICAL
- POMPE À BÉTON DE CHANTIER
- POMPE À BÉTON SUR PORTEUR
- SIDE-BOOM : VOIR TRACTEUR SUR CHENILLES, POSEUR DE CANALISATIONS
- TAPIS DISTRIBUTEUR DE BÉTON
- TRANSPORTEUR À AIR COMPRIMÉ
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON SIMPLE
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON RELEVABLE

MATÉRIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

- GROUPE ÉLECTROGÈNE À MOTEUR DIESEL
- POSTE MOBILE DE LIVRAISON TYPE EXTÉRIEUR
- POSTE MOBILE DE TRANSFORMATION TYPE EXTÉRIEUR
- TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR CABINE

BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

- CHALAND MÉTALLIQUE AUTOMOTEUR
- DRAGUE À CUILLÈRE (DIPPER-DREDGE)
- DRAGUE À GODETS, STATIONNAIRE
- DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE
- DRAGUE SUCEUSE REFOULEUSE STATIONNAIRE AVEC DÉSAGRÉGATEUR
- MOTO-PROPULSEUR AMOVIBLE
- PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- PONTON DE SERVITUDE
- REMORQUEUR

MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

- BENNE POUR PAROIS MOULÉES
- DÉSABLEUR POUR BOUES
- FOREUSE TARIÈRE SUR PORTEUR
- FOREUSE TARIÈRE (MONTAGE SUR GRUE)
- FOREUSE TARIÈRE POUR POSE DE POTEAUX
- POMPE À BOUES
- POMPE POUR JET-GROUTING
- PRESSE D'INJECTION
- SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

- CINTREUSE HYDRAULIQUE
- CLAMP INTÉRIEUR AVEC AVANCE AUTOMATIQUE
- FONCEUR À PERCUSSION, FUSÉE
- FONDOIR À BRAI
- FORAGE DIRIGÉ (INSTALLATION)
- FOREUSE HORIZONTALE À TARIÈRE
- GROUPE AUTONOME DE SOUDAGE
- MANDRIN DE CINTRAGE
- REMORQUE PORTE-TOURET
- TRACTEUR SUR CHENILLES POSEUR DE CANALISATIONS (PIPETAYER - SIDE-BOOM)
- TRANCHEUSE
- TREUIL À CABESTAN

MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

- BERLINE
- CHARGEUSE À ACTION CONTINUE, À BRAS DE RAMASSAGE OU GODET
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES CHARGE ET ROULE, ARTICULÉE MOTEUR DIESEL
- ENGIN DE BOULONNAGE
- ENGIN DE FORATION
- ERECTEUR DE CINTRE
- FOREUSE ALÈSEUSE
- LOCOTRACTEUR DIESEL
- LOCOTRACTEUR ÉLECTRIQUE
- MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)
- MICROTUNNELIER
- ROBOT DE BÉTONNAGE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR POUR TRAVAUX SOUTERRAINS
- TRANSPORTEUR MALAXEUR
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE DÉBLAIS
- TUNNELIER
- WAGON AUTOREMPLISSEUR ENCASTRABLE

CONSULTEZ
TRAVAUX
SUR INTERNET

revue-travaux.com

Vous pourrez

→ télécharger gratuitement l'article du mois

→ vous abonner en ligne

→ accéder à la présentation de la revue

SON HISTOIRE, SON PUBLIC, SA VOCATION, SON LECTORAT

→ consulter 12 ans d'archives de la revue

→ compléter votre collection

PLUS DE 100 NUMÉROS ET 1000 ARTICLES

THÈMES DES PROCHAINS NUMÉROS

- *Ouvrages d'art*
- *Sols & Fondations*
- *Bétons : Rétrospective
et Perspectives*



Notre engagement :
votre succès



Œuvrer pour une qualité
de vie durable

ARCADIS est un groupe international qui fournit des prestations de gestion de projet, de conseils et d'ingénierie pour améliorer la mobilité, le développement durable et la qualité de vie.

Infrastructure - Eau - Environnement - Bâtiment sont les domaines où ARCADIS développe, étudie, met en oeuvre et gère des projets. Avec plus de 19 000 personnes, ARCADIS apporte à ses clients une expertise et une expérience globale.

En France ARCADIS se développe à partir de 10 agences régionales qui lui permettent de répondre aux besoins de ses clients en prenant en compte les contraintes locales.

ARCADIS s'engage pour le développement durable et la qualité de vie :

- Travaux maritimes & fluviaux
- Matériaux recyclables
- Gestion de l'eau
- Énergies vertes
- Economie d'énergie
- Infrastructures responsables
- Villes durables
- Bâtiments HQE

9, avenue Réaumur - 92354 Le Plessis-Robinson Cedex
Tél : +33 1 46 23 77 77 - adresse mail : arcadis@arcadis-fr.com
www.arcadis-fr.com
www.arcadis-global.com



Infrastructure · Eau · Environnement · Bâtiment

Imagine the result