

g é o t e c h n i q u e , f o r a g e e t f o n d a t i o n s

SOLSCOPE

MG



CHANTIERS À CREUSER

OUVRAGES SOUTERRAINS
POUR LES DÉCHETS
RADIOACTIFS

page 64

NUITS BLANCHES SUR LE
PÉRIPHÉRIQUE LYONNAIS

page 70

UN CHANTIER EXEMPLAIRE
DE MICROPIEUX À VANVES

page 68

EXTENSION DU PORT
D'AGUADULCE EN
COLOMBIE

page 72



DOSSIER LE GRAND PARIS EXPRESS

Le rendez-vous
de la géotechnique

FORMATION

VAE « Sondeur » :
une grande avancée
pour la profession

page 24



Surélévation
Projet de réhabilitation
Traitement de désordres



LES PROJETS C'EST VOUS, LA PORTANCE C'EST URETEK® ! L'alternative aux micropieux

ADAPTÉE À TOUT TYPE D'OUVRAGES



- Rapide et économique
- Propre et sans nuisance
- Intervention sans aucune interruption d'activités

- Respectueux de l'environnement
- Expertise et accompagnement durant le chantier
- Garantie décennale



URETEK TV
Intervention
sur un immeuble
Haussmannien

www.uretek.fr

N° Vert 0 800 312 312



Contactez
un conseiller
URETEK
près de
chez vous !



LA RÉFÉRENCE



RPI

« Le Millenium » - 9, bd Mendès-France
77600 Bussy-Saint-Georges
Tél : +33(0)1 60 94 22 20
Fax : +33(0)1 64 77 51 82

Parution : semestrielle
Publication gratuite

Date de parution : novembre 2016

Solscope mag
ISSN 2417-6508

Directeurs de la publication :

Jérôme Aubry et Dominique Rousseau

Comité de rédaction :

Aline Quenez, CFGI (Arcadis) ; Pascal Chassagne, USG (Alfos) ; Jean-Paul Volcke, CFMS (Franki Fondation) ; Stéphane Monleau, SOFFONS (Soletanche Bachy) ; Michel Khatib, Syntec Ingénierie (Ginger CEBTP) ; Eric Garrouset, SFEG (Costrasol) ; Pascal Sauvage, UFCMF (Socomafor) ; Frédéric Pellet, CFMR (INSA-Lyon), Jean-Marc Gallet de Saint Aurin, CINOV (SEMOfI).

Rédactrice en chef :

Aude Moutarlier
+33(0)6 60 99 98 23
audemoutarlier@hotmail.com

Journalistes :

Claire Janis-Mazarguil
+33(0)6 50 54 71 68
clairejanis@yahoo.fr

Philippe Morelli
pha.morelli@gmail.com

Coordinatrice et publicité :

Anne-Sophie Cuvillier
+33(0)1 60 94 22 23
cuvillier@rpi.fr

Service technique :

Hélène Fabris
+33(0)1 60 94 22 25
fabris@rpi.fr

Correction-Révision :

Philippe Loffredo
+ 33 (0)6 63 68 90 98
loffredo@noos.fr

Service abonnements :

RPI « Le Millenium »
9, bd Mendès-France
77600 Bussy-Saint-Georges
+33(0)1 60 94 22 20
cuvillier@rpi.fr

Conception graphique :

Singulier - Sandra Odin
www.singulier-communication.com

Impression :

Imprimerie Rochelaise
Rue du Pont-des-Salines
BP 197 - 17006 LA ROCHELLE CEDEX 1

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, faite sans le consentement de l'éditeur est illicite. (article L.122-4 du code de la propriété intellectuelle) toute copie doit avoir l'accord de l'éditeur et du Centre français d'exploitation du droit de copie, Paris.

Revue éditée par RPI - SARL

Gérant : Jérôme Aubry

Associé : Jean-François Narcy



Credit photo couverture :
Botte Fondations

ÉDITO

INGÉNIERIE PUBLIC-PRIVÉ : UN DIALOGUE NÉCESSAIRE

L'Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF) que j'ai l'honneur de présider est très heureuse d'apporter son soutien à Solscope.

En effet, notre association est la plus importante organisation professionnelle de la fonction publique territoriale. Elle regroupe environ 5 000 membres, ingénieurs territoriaux répartis dans tout le territoire national et dans toutes les strates des collectivités. Elle fonctionne comme une communauté de pratiques et d'expertises avec 19 groupes de travail national balayant l'ensemble des métiers de l'ingénierie territoriale. Par son action, elle œuvre à diffuser les bonnes pratiques et à renforcer la capacité en maîtrise d'ouvrage de nos membres, et, indirectement, de nos collectivités.

La mise en œuvre de politiques publiques et d'aménagement du territoire, se traduisant par la création ou la rénovation de bâtiments et d'infrastructures, demande des diagnostics poussés et une grande vigilance dans l'expression de la commande. Cette nécessité est d'autant plus forte aujourd'hui que l'environnement s'est complexifié : intégration des approches environnementales et durables, reconstruction de la ville sur la ville, renforcement des normes de sécurité, développement des nouvelles technologies, augmentation de la demande sociale et baisse générale des capacités financières des collectivités.

Pour affronter cette complexité, l'ingénieur territorial, plutôt de profil généraliste, doit s'appuyer sur un réseau de bureaux d'études en assistance à maîtrise d'ouvrage ou en assistance à maîtrise d'œuvre de qualité, capables de se moderniser en permanence afin de répondre, à leur niveau, à l'évolution de l'expression de la commande publique. La construction d'une infrastructure portuaire par une région, d'un ouvrage d'art par un département ou une intercommunalité, d'un bâtiment par une commune, nécessite souvent des études géotechniques et hydrogéologiques en amont. De nombreuses entreprises adhérentes de Solscope répondent ainsi aux appels d'offres des collectivités, directement ou indirectement, dans le cadre de groupement de commande ou de sous-traitance.

Le partenariat que l'AITF a lié avec CINOV et Solscope répond donc à cette nécessité de renforcer le dialogue entre ingénierie publique et privée afin que la qualité et la sécurité ne soient pas sacrifiées sur l'autel de la rigueur budgétaire. La participation de l'AITF au jury du Trophée de l'innovation Solscope est aussi une réponse à notre obligation, privé et public, de faire évoluer en permanence nos modes opératoires et nos outils. Les quatre thématiques retenues pour le colloque de Solscope, les 14 et 15 juin 2017 à Eurexpo Lyon, – « Géotechnique et sécurité », « Géotechnique et transition numérique », « Géotechnique et hydrogéologie », « Géotechnique et développement » – font parfaitement écho aux préoccupations des ingénieurs territoriaux qui, de leur côté, ont choisi pour leurs Rencontres nationales de l'ingénierie territoriale des 1^{er} et 2 juin 2017, au Havre, le thème de la résilience territoriale.

En attendant, je vous laisse découvrir le sommaire et les articles de ce nouveau numéro de Solscope Mag, toujours aussi riche et passionnant.



Patrick BERGER

Président national de l'AITF

LES PARRAINS DU SALON SOLSCOPE

USG : Union syndicale géotechnique

CFMS : Comité français de mécanique des sols et de géotechnique

SOFFONS : Syndicat des entrepreneurs de sondages, forages et fondations spéciales

CINOV : Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du conseil, de l'ingénierie et du numérique

SYNTEC INGÉNIERIE : Fédération professionnelle de l'ingénierie

CGFI : Comité français de géologie de l'ingénieur et de l'environnement

SFEG : Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forages pour l'eau et le géothermie

UFCMF : Union française des constructeurs de machines de forage

AITF : Association des ingénieurs territoriaux de France

CFMR : Comité français de mécanique des roches



SOCOMAFOR



SOCOMAFOR
CONSTRUCTEUR
FRANCAIS DE
MACHINES DE
FORAGE

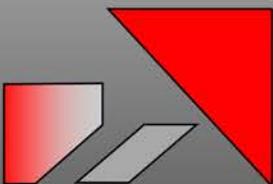
Les cages
immatérielles
peuvent équiper
toutes les
machines
neuves
SOCOMAFOR

Toutes les
SOCOMAFOR sont
conformes à la
« Directive Machi-
nes 2006/42/CE
par respect de
l'EN 16228.



Une maîtrise totale

de nos produits.



SOCOMAFOR



SOCOMAFOR
Sté de Construction de Machines de Forage
11, rue de l'Énergie
67720 HOERDT
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax : 03 88 51 77 80

SOCOMALOC
Sté de Location de Machines de Forage
11, rue de l'Énergie
67720 HOERDT
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax : 03 88 51 77 80

SOCOMAFOR - Ile de France
Entretien-Dépannage-Location
22, rue de la Longue Raie
91220 LE PLESSIS PATE
Tél.: 03 88 68 26 80
Fax : 03 88 51 77 80

www.socomafor.fr



Sommaire

ÉDITORIAL	3	PORTRAIT D'ENTREPRISE	62
		■ CIP : un savoir-faire en matière de mécanique de précision	
AGENDA	6	CHANTIERS France	64
Suivez les prochains rendez-vous de la profession		■ Les déchets nucléaires en question	
ACTUALITÉS	6	■ Le « 41 » à Vanves : un chantier exemplaire de micropieux	
■ ALT'ANCRE élargit son offre aux pieux battus – Fondations de silos de stockage par TPGeo – Le dispositif de suramortissement prolongé – IDETEC en deuil – CEMEX voit haut aux États-Unis – APAGEO lance Club Pressio – TERRASOL se développe au Maroc – URETEK fête ses 20 ans ! – SEFI-INTRAFOR, SOLETANCHE BACHY et FRANKI FONDATION en « avant-première » sur la rive droite bordelaise – RECÉPIEURS décroche un nouveau chantier au Nigéria – Micropieux et béton allégé pour rénover l'hôtel LUTETIA – FORALOC lance un outil vous permettant de répondre à vos besoins... en ligne ! – EUROFOR aujourd'hui distributeur de TESCAR – ECARTIP devient ECARTIP GROUPE FONDASOL – SIREG GEOTECH : succès au Bauma 2016 – Le groupe GINGER CE-TP fait évoluer son identité – G.T.S. mixe 4 techniques sur un chantier de fondations profondes – ABEM France devient GEOREVA – Valérie Bernhardt élue présidente du CFMS – GEOFLUID : le forage continue de faire son show – GROUNDFORCE révèle ses plans d'expansion européens – ICARE, une présence accrue sur le Grand Paris...		■ Nuits blanches sur le périphérique lyonnais pour Soletanche Bachy et Sefi-Intarfor	
ACTUALITÉS / SALON	22	CHANTIERS International	72
■ SOLSCOPE 2017 : rendez-vous les 14 et 15 juin à Lyon		■ Colombie : au port d'Aguadulce, la préfabrication « booste » les délais	
ACTUALITÉS / FORMATION	24	ENVIRONNEMENT	76
■ VAE « Sondeur » : une grande avancée pour la profession		■ Technidril relève un nouveau défi avec la « Techni Bio Grease »	
ZOOM TECHNIQUE	28	GÉOTECHNIQUE / GÉOLOGIE / HYDROGÉOLOGIE	78
■ Contrôle systématique de la portance des micropieux par chargement dynamique à faible contrainte		■ L'hydrogéologie appliquée au génie civil et au bâtiment	
■ « Vibrations et Séismes » : thème mis en avant lors d'une journée technique		■ Quelles fondations pour le théâtre antique de la plaine de l'Arroux, à Autun ?	
■ Technique de carottage dans les sables lâches		■ Arscop : le projet national de recherche mobilise l'ingénierie géotechnique autour du pressiomètre	
DOSSIER	34	FORAGE D'EAU	91
■ Grand Paris Express		■ Géothermie de minime importance : une assurance obligatoire au 1 ^{er} janvier 2017	
		PRODUITS / MATÉRIELS	92
		■ Un nouveau « smart geotextile » sur le marché – Comblement de cavités – Surveillance automatisée des tassements – Pour une meilleure inspection des cavités	
		ANNONCEURS	94
		ABONNEMENT	94

AGENDA

17^E CONGRÈS FRANCO-POLONAIS DE MÉCANIQUE DES SOLS ET DES ROCHES

LODZ (Pologne)

28 – 30 novembre 2016

27^E POLLUTEC 2016

Eurexpo Lyon

(Auvergne-Rhône-Alpes)

29 novembre au 2 décembre 2016

Salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement

11^{ES} RENCONTRES GÉOSYNTHÉTIQUES

LILLE (Nord)

7 – 9 mars 2017

INTERSOL 2017

Lyon (Auvergne-Rhône-Alpes)

14 – 16 mars 2017

Congrès-Exposition International sur les sols, les sédiments et l'eau

SOLSCOPE 2017

EUREXPO Lyon

(Auvergne-Rhône-Alpes)

14 et 15 juin 2017

Salon national de la géotechnique, du forage et des fondations

VILLE SANS TRANCHÉE 2017

Chatou (Yvelines)

20 – 22 juin 2017

EUROCK 2017

Ostrava (République tchèque)

20 – 22 juin 2017

Symposium des roches mécaniques

ICSMGE 2017

19th International Conference on Soil Mechanics Geotechnical Engineering

SÉOUL (Corée)

17 – 22 septembre 2017

ISRM

14th International Congress on Rock Mechanics

Foz do Iguaçu (Brésil)

20 – 27 septembre 2019

Alt'Ancre élargit son offre aux pieux battus

L'immeuble SCCV Margot de 8 logements R + 2 à Ivry-la-Bataille (Eure) reposera sur 29 pieux battus au refus et solidement ancrés dans le substratum crayeux. Les pieux de type BAF 118 millimètres ont été testés statiquement à 2 fois leur charge de service (110 tonnes) avec succès. Les deux pieux battus de réaction de type BE 118 Ø 320 millimètres fichés dans 7 mètres de graves ($p_l = 1,2$ MPa) ont démontré une excellente tenue en traction. L'opération a été menée par le spécialiste Alt'Ancre.



G.T.S. mixe 4 techniques sur un chantier de fondations profondes



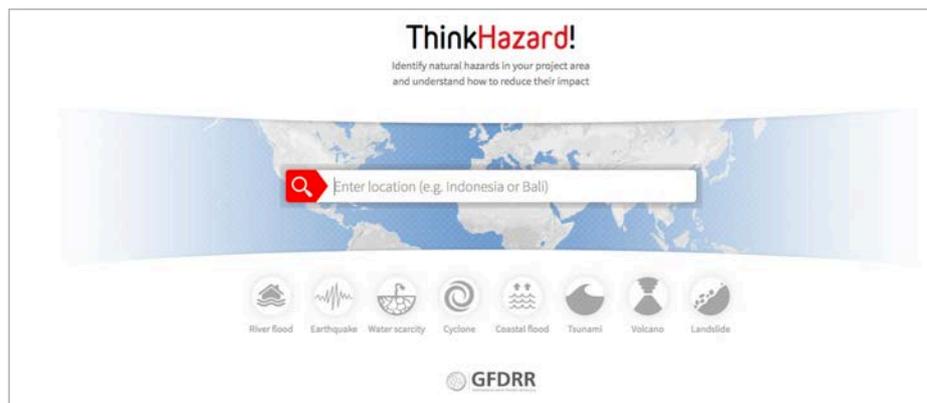
G.T.S. a réalisé son premier chantier de colonnes double module pour la construction d'un centre commercial Auchan, dans un contexte sismique à Neuville-en-Ferrain (Nord). Les caractéristiques exceptionnelles du projet (surface de 60 000 m² à traiter, zone de sismicité 2, catégorie d'importance des bâtiments : 3 accueillant plus de 300 personnes par jour et le traitement d'une zone sprinkler) ont fortement impacté le dimensionnement des fondations impliquant une solution mixte de quatre techniques afin de traiter le sol : sous appuis avec des colonnes double module, sous dallage avec des inclusions rigides, sous semelles filantes avec des colonnes ballastées, et des pieux sous les cuves sprinkler (solution proposée par G.T.S.).

La mise en œuvre de la technique de colonnes double module par G.T.S. a permis d'optimiser de

manière générale le dimensionnement de l'ensemble du projet vis-à-vis du contexte sismique et des contraintes de bâtiment. La colonne double module est constituée en pied d'une inclusion rigide et en tête d'une colonne ballastée. De ce fait, elle apporte la souplesse que ne propose pas l'inclusion rigide, évitant ainsi de rajouter le matelas de répartition. Dans ce projet, l'amélioration de sol par colonnes double module mixées à des inclusions rigides et des colonnes ballastées garantit la portance du sol et limite les tassements de la plateforme.

Pour ce chantier, G.T.S. a déployé les moyens humains et matériels : 2 ateliers d'inclusions rigides, 1 atelier de colonnes ballastées, 1 atelier de pieux, 10 à 15 personnes, 1 700 m³ de béton, 1 600 tonnes de ballast, 3 600 U ou 28 800 ml de colonnes double module, pieux Ø 820 de Lg 12,50 ml et 5,50 ml.

Mieux appréhender les risques naturels avec **ThinkHazard!**



L'application web *ThinkHazard!*, développée par le BRGM et ses partenaires Deltares et CampToCamp pour la Banque mondiale, vise à mieux appréhender les risques naturels.

L'objectif de cette application web est de permettre à des non-spécialistes d'appréhender de manière simple, rapide et synthétique les niveaux de risques naturels et les impacts associés, au niveau

local et partout dans le monde. Ces informations apporteront une aide à la décision, dans le cadre des projets d'aménagement (infrastructures sanitaires, éducatives, énergétiques...). La démarche s'est appuyée sur un important travail de compilation, de retraitement et d'harmonisation des nombreuses et très disparates données « aléa » (rapports, études...) capitalisées depuis des

décennies par la Banque mondiale. L'interface Internet permet, via la localisation du projet (jusqu'à l'échelle départementale), d'accéder à une synthèse du niveau d'aléa (séisme, inondation fluviale, submersion marine, tsunami, cyclone, sécheresse, volcanisme et glissement de terrain) associée à un ensemble de recommandations et d'informations réglementaires.

TenCate, les solutions géosynthétiques pour le renforcement de sols

Nos géosynthétiques haute résistance TenCate Geolon® permettent de renforcer les pistes d'accès et les plateformes de travail. Ils améliorent le transfert de charges dans le renforcement sur inclusions rigides. Ils sont aussi utilisés en solution «parachute» en cas de risque de cavités.

Nos Ingénieurs d'affaires vous aident à trouver la meilleure solution pour votre chantier et vous accompagnent sur toute la durée du projet, jusqu'à sa mise en oeuvre.

Contactez-nous au 01.34.23.53.63 ou bien écrivez-nous à service.fr@tencate.com. Retrouvez toutes nos solutions sur www.tencategeosynthetics.com

NOUVEAU ! 5 produits TenCate Geolon® PET certifiés ASQUAL

TENCATE
Geolon®



Protective Fabrics
Outdoor Fabrics
Advanced Composites
Advanced Armour

Geosynthetics
Grass

TENCATE
materials that make a difference

SEFI-INTRAFOR entame les travaux du prolongement de la ligne 11 sur la boucle de Rosny (Seine-Saint-Denis)



C'est un groupement 100 % Fayat qui a donné les premiers coups de pelle sur l'un des chantiers du Grand Paris : Razel-Bec, pour les TP, et Sefi-Intrafor, pour les fondations, ont en effet commencé en novembre les travaux de génie civil de la boucle de Rosny, portant sur la réalisation d'une station, d'un tunnel de 1 510 mètres, d'un poste de redressement et d'ouvrages annexes. Le tunnel, réalisé entièrement en paroi moulée, aura la particularité de faire une boucle autour du centre commercial Rosny 2, qui reste en activité durant les travaux. Les différentes

phases de travaux (fondations / terrassement – génie civil / voirie) devraient durer quatre ans. Côté fondations, les quelque 500 panneaux seront réalisés à la benne, avec un ou deux ateliers suivant les étapes, à une profondeur moyenne de 15 mètres, pour une épaisseur variant de 62 à 122 centimètres. Cette opération se place dans le cadre du projet de prolongement de la ligne 11 du métro, de Mairie-des-Lilas à Rosny-sous-Bois, supervisé par la RATP et le STIF, pour assurer une meilleure desserte entre Paris et la Seine-Saint-Denis.

Idetec en deuil



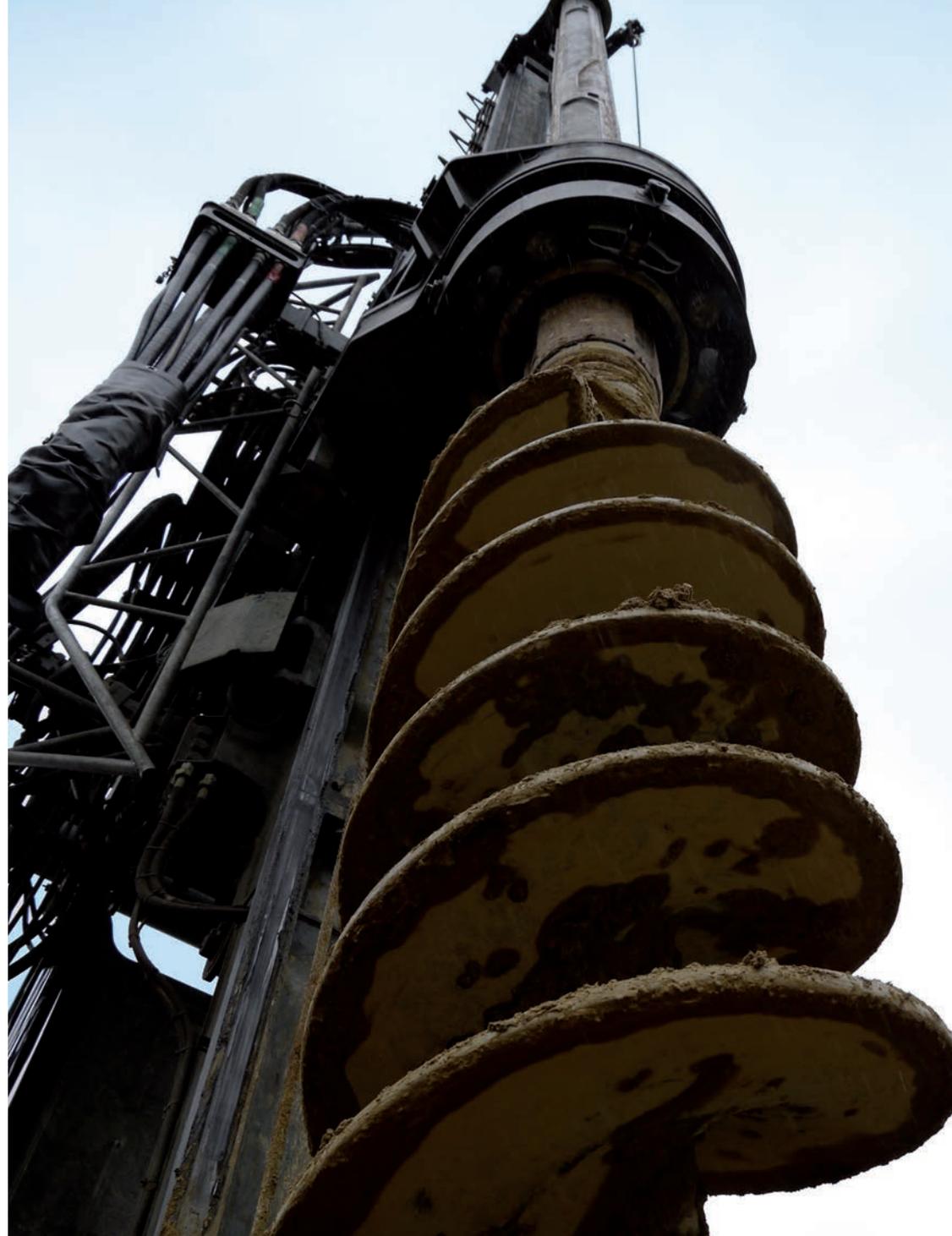
Serge Tollari, gérant de la société Idetec, est décédé brutalement en mai dernier, à l'âge de 65 ans. Ingénieur Supélec, il avait été directeur général de l'entreprise ATA (création du premier taximètre électronique au monde), créée en 1977 et spécialisée en solutions électroniques et métrologiques, avant de fonder Idetec en 1991. Avec une équipe compétente et réactive de spécialistes, son entreprise est devenue le principal fabricant et fournisseur de sismographes en France pour les mesures sismiques en chantiers et carrières. Idetec s'est également construit une solide réputation de prestataire de services, reconnu tant en géophysique qu'en contrôle et expertise de vibrations en minage. Brillant ingénieur, Serge Tollari était empreint d'humanisme, alliant empathie, humour, discrétion et efficacité dans son travail comme dans ses relations. Il a laissé à sa compagne, sa fille et ses trois fils, mais aussi à tous ses proches, amis et collègues, un vide immense. La rédaction de Solscope Mag présente à sa famille, ses proches, ses collègues, ses sincères condoléances.

Cemex voit haut aux États-Unis

Cemex États-Unis contribue à la pose des fondations de deux gratte-ciel figurant parmi les plus grands et les plus innovants du pays. Sur la côte ouest, la « Salesforce Tower » sera le plus haut bâtiment de San Francisco une fois ses 61 étages achevés. Pour ce projet d'environ 130 000 m², plus de 130 camions de béton prêt à l'emploi venus des usines Cemex de la région de San Francisco ont réalisé une coulée de 18 heures pour fournir environ 5 500 m³ de matériau sur les plus de 9 100 m³ nécessaires à l'ouvrage. Cela en fait la deuxième

plus grande coulée de béton dans l'histoire de la ville. Sur la côte est, Cemex États-Unis a fourni le béton des fondations de la nouvelle « Panorama Tower » de Miami, un bâtiment de 83 étages qui deviendra la structure résidentielle la plus élevée de la côte est, au sud de New York. Pour ce projet, Cemex États-Unis a coulé environ 8 800 m³ de béton en 23 heures. Il s'agit de la plus importante coulée unique jamais réalisée à Miami, et qui pose les plus grandes fondations de l'histoire de l'État de Floride.





EXPERTS EN FONDATIONS SPÉCIALES

- **SOUTÈNEMENT**
PAROIS MOULÉES, BERLINOISES, CLOUÉES
- **TIRANTS**
- **PIEUX**
- **MICROPIEUX**
- **INJECTIONS**
- **CONSOLIDATION**
ET AMÉLIORATION DE SOLS

Fort des 4 entreprises de son pôle Fondations, le groupe Fayat dispose d'une gamme complète de solutions techniques pour tous les types de fondations et de travaux de consolidation des sols.

Les 4 sociétés Fayat Fondations apportent ainsi à leurs clients toute leur expertise en fondations spéciales et le savoir-faire de leurs équipes sur des chantiers d'envergure comme sur des travaux de proximité.



Terrasol se développe au Maroc



Terrasol (groupe Setec) intervient au Maroc depuis de nombreuses années (viaduc du Bouregreg, expertises pour ADM...) Forte de cet historique, l'entreprise a choisi d'y développer une activité permanente en géotechnique, en lien étroit avec Semartec (filiale locale du groupe Setec) Elle a recruté le responsable de son activité géotechnique sur place, et les premiers résultats sont là : différentes missions géotechniques ont déjà été menées sur des ouvrages variés (soutènements, renforcement de sol, fondations, confortement de falaise). L'une de ses interventions en cours porte sur la tour « Casablanca Finance City », située dans l'emprise de l'ancien aéroport de Casablanca-Anfa, tour de 25 étages et 6 niveaux de parking enterrés. Les terrains en place sont constitués de formations meubles sur une dizaine de mètres

d'épaisseur, reposant sur un substratum schisteux. L'entreprise Bymaro, en charge des travaux, a, dans un premier temps, confié à Terrasol la réalisation des études géotechniques d'exécution relatives aux soutènements provisoires, au système de drainage et aux phénomènes d'interaction sol-structure ; mission que le géotechnicien sur place a menée avec l'appui d'experts en France. L'entreprise a aussi été amenée à étudier les tassements de la tour et le système de contrôle des sous-pressions sous le radier. Puis Bymaro a de nouveau sollicité Terrasol pour le suivi d'exécution sur site : suivi et validation des essais d'arrachement de clous, contrôles en cours de tassement, levés de fracturation, avis sur les adaptations ponctuelles. Un bel exemple de ce que Terrasol et Semartec peuvent dorénavant apporter à leurs clients au Maroc.

Apageo lance Club Pressio

Apageo lance son tout nouveau journal : Club Pressio.



Cette publication, présentée sous la forme d'une newsletter semestrielle, a pour but de faire découvrir des équipements performants au travers de retours d'expérience d'hommes de terrain ayant éprouvé la qualité de ces produits dans diverses conditions. La première publication, datée de septembre 2016, met en avant le STAF® (Système de tubage autoforeur pour essais pressiométriques). Serge Varaksin, conseiller scientifique d'Apageo, retrace les origines du produit, tandis que l'entreprise Geocentre fait part de son expérience chantiers avec cet équipement utilisé depuis plus de 10 ans.



ABO ERG
GEOTECHNIQUE

**ETUDES ET RECHERCHES
GEOTECHNIQUES**

LILLE - LYON - MARSEILLE - MONTPELLIER - NANCY - NICE - PARIS - TOULON

www.erg-sa.fr



afaq ISO 9001
OPOIBI

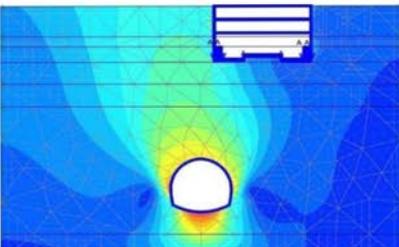


MASE

INVESTIGATIONS



INGENIERIE



MESURES ET CONTROLES



ERG 40 ANS DE PROJETS - L'AVENIR S'ENTREPREND



eurofor
EUROFOR GROUP



technidrill
EUROFOR GROUP

**AVEC VOUS
GRAND PARIS
2017 - 2030**



STOCK DISPONIBLE H24 WISSOUS

ÉQUIPE DE TECHNICIENS DÉDIÉE

- Stock permanent de **pièces détachées** et d'équipements
- Une équipe de **techniciens confirmés** dédiée au Grand Paris
- Des marques reconnues
- **Service H24 sur demande**
- **Conception sur mesure :**
2 bureaux d'étude pour tous vos projets même les plus improbables !



Micropieux et béton allégé pour rénover l'hôtel Lutetia



© Eiffage / Guillaume Maucuil-Lecomte

Construit en 1910, l'hôtel Lutetia est en pleine réhabilitation du (sous-) sol au plafond. Eiffage Construction y réalise des travaux de gros œuvre pour créer sous le bâtiment existant deux niveaux supplémentaires, et rénover toute la structure de l'immeuble. Pour cela, elle utilise des micropieux et du béton allégé. « Il s'agit d'un chantier majeur, unique mais très technique », nous a expliqué, lors d'une visite de chantier, Florent Bonnet, directeur d'exploitation pour tous les travaux de réhabilitation chez Eiffage. En effet, le groupe de BTP doit faire face à des contraintes particulières. Tout d'abord, les immeubles mitoyens et le quartier touristique où se situe l'hôtel. Puis l'accès restreint au chantier, « avec une seule entrée et sortie pour tous les engins et les approvisionnements au lieu de deux ou trois habituellement », ajoute Florent Bonnet. Autre contrainte : le bâtiment est entièrement protégé par une bâche pour éviter que la structure ne se dégrade, ce qui complique l'approvisionnement des matériaux et l'accès aux différents étages de l'immeuble.



URETEK FRANCE - 1996 | 2016

URETEK fête ses 20 ans !

En 2016, la société Uretek célèbre ses 20 ans d'existence, 20 ans d'expérience, 20 ans d'innovation et 20 ans de dynamisme ! C'est avec plus de 12 000 ouvrages déjà stabilisés en France et la récente obtention de l'Avis Technique du

CSTB certifiant son savoir-faire et son expertise que la société peut confirmer aujourd'hui sa position de spécialiste dans le domaine de l'amélioration des sols par injection de résine expansive.

Foraloc lance un outil vous permettant de répondre à vos besoins... en ligne !

Foraloc vous ouvre son nouveau site Internet, innovant, épuré et interactif. Vous disposez d'un outil simple et intuitif qui vous suggère le matériel le plus adapté à vos besoins. Vous renseignez informations et contraintes, et Foraloc vous propose une solution. Identifiés via votre compte client, vous pouvez laisser un avis sur chaque machine. C'est la première fois, dans le monde du forage, qu'une entreprise décide de donner accès aux données de chaque matériel. Parallèlement, Foraloc lance une offre permettant de louer une foreuse à l'heure ! Lors d'études de sols, en particulier pour les essais Pressio, l'utilisation de la foreuse est variable et souvent moindre, comparée aux autres engins. Pour atténuer ces variations et adapter parfaitement votre location à



© Foraloc

vos besoins, Foraloc a mis en place l'offre « Agilité » permettant de louer la foreuse à l'heure d'utilisation. Ne seront donc facturées que les heures où la foreuse sera utilisée !



© EUROFOR

Eurofor aujourd'hui distributeur de Tescar !

C'est officiel : Eurofor distribue les produits de l'italien Tescar, l'un des leaders de conception et fabrication de machines de micropieux.

Le groupe **Ginger CEBTP** fait évoluer son identité



Après l'acquisition de Burgeap en avril 2016, Ginger CEBTP amorce une nouvelle étape de son histoire en capitalisant dorénavant sur sa marque Ginger. Le bureau d'études français dans l'ingénierie des sols, des matériaux de la construction et de l'environnement se dote ainsi d'un nouveau logo axé sur « Ginger ». À travers ces changements, l'ETI française de 1 500 salariés souligne non seulement son nouveau positionnement,

axé sur l'ingénierie de prescription, mais nourrit aussi de fortes ambitions en France et à l'international. Ce changement est un pas de plus pour afficher la volonté du groupe à s'affirmer en tant qu'acteur majeur français de l'ingénierie indépendante. Cette nouvelle identité accompagne une dynamique de développement déjà bien lancée en 2015 par l'acquisition de V-Scan et de Modeliris.

« Le rachat de Burgeap a déclenché un processus d'évolution de notre positionnement métier que nous souhaitons porter autour

d'une marque forte pour toutes les entités composant le groupe. Ginger rassemble toutes nos compétences autour de l'ingénierie des sols, de la santé des ouvrages, et de l'ingénierie de l'eau et de l'air dans les domaines de la construction, de l'énergie et de l'environnement. Cette nouvelle étape de notre histoire fait écho à nos ambitions : doubler notre chiffre d'affaires d'ici 2020 et nous développer à l'international », commente Philippe Margarit, président de Ginger.

Le dispositif de **suramortissement** prolongé

C'est officiel, cette mesure de soutien à l'investissement est prolongée jusqu'au 14 avril 2017. Après de nombreuses annonces, le texte a bel et bien été publié par le ministère, notamment au BOFIP (Bulletin officiel des finances publiques), le 12 avril 2016. Cette mesure sur les investissements industriels permet à une entreprise d'amortir les biens à 140 % de leur valeur.

Abem France devient **Georeva**



L'entreprise Abem, créée en 1994 et spécialisée dans la location et la vente de matériels géophysiques change de nom et devient Georeva. L'adresse de la rue du Puisatier, dans la ZA du Moulin à Cintré (Ille-et-Vilaine), reste inchangée.

www.ischebeckfrance.fr

ANCREZ VOUS !

ISCHEBECK®
FRANCE

ANCRAGES AUTOFORANTS

COFFRAGE HORIZONTAL	MICRO-PIEUX TITANTS CLOUS	ÉTAIEMENT	BLINDAGE DE TRANCHÉES
---------------------	---------------------------	-----------	-----------------------

19-23 rue des Renards - 78500 Sartrouville - Tél. : 01 39 68 30 60 - Fax : 01 39 68 44 64 - com@ischebeckfrance.fr



© DR

Sefi-Intrafor, Soletanche Bachy et Franki Fondation en « avant-première » sur la rive droite bordelaise

À Bordeaux, le quartier de La Bastide est le symbole du renouvellement urbain de la rive droite. Travaillant pour le promoteur Groupe Pichet Immobilier, les entreprises Soletanche Bachy et Sefi-Intrafor, ainsi que Franki Fondation ont réalisé de concert les fondations spéciales du projet « L'Avant-Première », à deux pas du pont de pierre et du cinéma Mégarama. Cet ensemble immobilier se décompose en deux îlots qui comprendront 330 lots résidentiels en R + 5. L'îlot sud aura un parking sur 3 niveaux de sous-sol, réalisé en paroi moulée et barrettes par Soletanche Bachy. L'îlot nord reposera, quant à lui, sur 2 niveaux de sous-sol en paroi moulée réalisée par Sefi-Intrafor. Pour le parking de l'îlot nord, ce sont 34 panneaux de

paroi moulée qui ont été réalisés, avec une épaisseur de 52 centimètres et une profondeur moyenne de 26 mètres. Alors que l'ancrage des panneaux devait se faire d'un mètre dans les marnes du Priabonien à - 18,50 mètres NGF, les couches alluvionnaires supérieures présentaient des dissymétries dans leurs épaisseurs. Ainsi, le toit des marnes a été trouvé à une profondeur supplémentaire de 0,50 à 1,3 mètre. Avec un chantier qui a duré huit semaines, l'été dernier, la phase de production a été réalisée avec deux ateliers de forage en deux postes. Côté pieux, Franki Fondation a réalisé 96 pieux en tarière creuse, avec des diamètres 420 à 920 mm et des longueurs de 21 à 25 mètres.



© DR

Recépieux décroche un nouveau chantier au Nigéria

Recépieux a été sollicité par Bouygues Bâtiment International pour la construction d'une usine située sur l'île de Bonny Island, dans le sud du Nigéria. Il s'agira de procéder au recépage de 540 pieux de Ø 600, 800 et 900 millimètres sur une hauteur de 1,50 mètre. Ce chantier intervient dans le cadre de la construction d'un nouveau bâtiment pour le compte de la société Nigeria Liquefied Natural Gas (NLNG). Le complexe exporte à lui seul près de 7 % de la demande mondiale de gaz liquéfié, ce qui en fait le 4^e exportateur mondial de ce produit. Particulièrement sensible en raison des installations déjà existantes, la sécurité a été le critère déterminant pour sélectionner la technique de recépage des fondations de cette nouvelle usine. Celui-ci devant impérativement être effectué sans le moindre risque d'étincelle, le pré-recépage Recépieux est la solution idéale pour effectuer ce travail dans de telles conditions. L'ensemble des kits de pré-recépage, soit 6 palettes, a été expédié par avion en mai.



GROUPE POISSON
www.groupepoisson.fr

Axel Duval

Travaux de génie civil, fondations, géothermie, assainissement et VRD

Z. I. Ampère
54, rue de Maison Rouge
77220 Gretz-Armainvilliers

01 64 42 59 56






menARD

LE SPÉCIALISTE DE L'AMÉLIORATION DE SOL

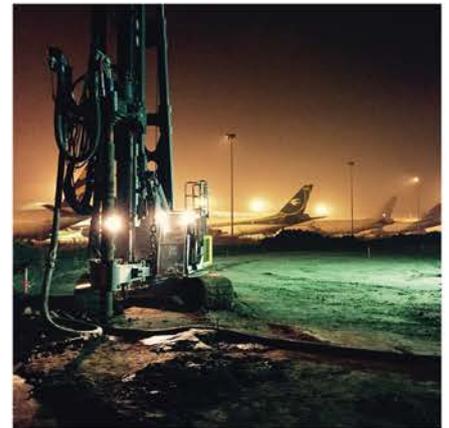
Compactage Dynamique • Substitution Dynamique • Colonnes Ballastées
Colonnes Bi-Modules • Colonnes à Module Contrôlé • Vibro Compactage
Menard Vacuum • Drains Verticaux • Jet Grouting
Paroi Sol Bentonite • Soil Mixing • Injection Solide Refoulante



Réservoirs pétroliers à Raceland
ÉTATS-UNIS



LGV SEA Tours-Bordeaux
FRANCE



Aéroport de Jakarta
INDONÉSIE



Stade de Perth
AUSTRALIE



Raffinerie d'Al-Zour
KOWEÏT



Centre commercial Pos-
nania
POLOGNE

Menard

2, rue Gutenberg · BP 28 · 91620 Nozay | France
Tél. : 01 69 01 37 38 | Fax: 01 69 01 75 05

www.menard-group.com

Ecartip devient Ecartip Groupe Fondasol



Fondasol a réalisé l'acquisition du fonds de commerce de la société Ecartip. Constituée de 35 personnes pour un CA attendu d'environ 3,5 millions d'euros en 2016, la nouvelle société destinée à reprendre les activités d'Ecartip et dénommée « Ecartip Groupe Fondasol », s'appuie sur trois agences régionales situées à Bègles, Lyon et Orange.

Les compétences d'Ecartip Groupe Fondasol se déploient dans la réalisation d'études et travaux dans le domaine de la

topographie, la topographie d'exécution et de contrôle, la réalisation de documents d'étude de projets en phase conception et exécution, la maîtrise d'œuvre et l'assistance à la maîtrise d'œuvre, le positionnement, le guidage d'engins, la cartographie, ainsi que la conception d'aménagements (urbanisme, industries, environnement, habitat, hydraulique...). Par ce rapprochement, les compétences et l'expérience d'Ecartip s'agrègent à celles de Fondasol pour offrir les services d'un groupe de 600 collaborateurs et 60 millions d'euros de chiffre d'affaires. Dès à présent, Ecartip Groupe Fondasol bénéficie du réseau des 25 agences Fondasol sur le territoire national, et d'implantations à l'international au Maroc, au Cameroun, en Belgique et au Luxembourg.



© D.R.

Valérie Bernhardt élue présidente du CFMS

Valérie Bernhardt (Terrasol, groupe Setec), première femme à accéder à cette fonction, succède ainsi à Jacques Robert (Arcadis). Le Comité français de mécanique des sols et de géotechnique (CFMS) (<http://www.cfms-sols.org/>), qui compte environ 600 membres, a vocation à promouvoir la géotechnique et ses métiers, à partager et à faire évoluer les connaissances dans ce domaine, et à représenter la géotechnique française à l'international, notamment au sein de la Société internationale de mécanique des sols et de géotechnique (à laquelle le CFMS est affilié). L'action de Valérie Bernhardt, appuyée par deux vice-présidents, eux aussi nouvellement élus, Nicolas Utter (Soletanche Bachy) et Luc Thorel (Ifsttar), s'inscrit dans la continuité de celle des présidents précédents (organisation de manifestations techniques, soutien à la *Revue Française de Géotechnique*, groupes de travail techniques et scientifiques, francophonie, etc.). Un accent particulier sera mis sur les thématiques telles que le développement des échanges (que ce soit avec les associations ou syndicats « proches » en France ou à l'international), la communication et le partage d'information, ou encore la mise en place d'actions dédiées pour les jeunes géotechniciens.

Travaux du quartier de la Confluence à Lyon



© AMI

Depuis quelques années déjà, la ville de Lyon est en pleine effervescence avec, entre autres, les chantiers du quartier de la Confluence. L'un de ces chantiers en cours a retenu notre attention : il s'agit d'un nouveau parking souterrain, proche de l'hôtel de

Région, du centre commercial et du musée des Confluences, situé à une profondeur de 18 mètres et destiné à accueillir 850 véhicules. Plus de six pelles Hyundai et des foreuses telles que Soilmec s'y activent quotidiennement.



**Résoudre
votre problématique
de sol & de construction**

- Fondations profondes
- Soutènements
- Ecrans étanches
- Reprises en sous-œuvre
- Réhabilitations d'ouvrages
- Comblements de cavités
- Traitements de terrains
- Améliorations de sols
- Ancrages
- Fouilles clés en main

Partenaire-expert

www.spiefondations.com

/ Spie fondations

spie batignolles

Sireg Geotech à Bauma 2016 : un bilan positif

Sireg Geotech, spécialiste dans la conception et la fabrication de produits pour l'infrastructure et le génie civil, a participé pour la première fois au salon Bauma, en avril dernier, démontrant son ouverture à l'international et sa vision globale du marché. 2016 est une année spéciale pour l'entreprise italienne, fondée en 1936, qui a contribué, en 80 ans, à relever de nombreux défis partout dans le monde, offrant à la fois flexibilité des process, assistance technique et innovation. La direction de l'entreprise aussi bien que la force commerciale étaient présentes sur le stand en plein air afin d'accueillir, clients consolidés, acheteurs potentiels, partenaires et distributeurs, en plus des représentants de la presse technique du secteur. Le bilan de l'expérience est très positif, avec plus de cent rencontres informatives et commerciales et la visite

de nombreux visiteurs venant de domaines et d'applications différents. Sireg Geotech a pu montrer à ces derniers les caractéristiques et les applications de ses produits les plus appréciés pour fondations spéciales et pour le creusement de tunnels tels que Durvinil®, Durvinil® Bio System, Durvinil® Bio System RFS, Waterstop Flexvinil®, Durglass®... ainsi que son prototype d'armature en fibre de verre et les tubes de drainage et inclinomètres qui ont rencontré beaucoup de succès. « Je suis très satisfaite et considère le salon comme une expérience gagnante en termes de développement de nouvelles relations. Nous souhaitons étendre nos activités sur les marchés



© SIREG GEOTECH

extra-européens, à commencer par la Colombie où nous possédons déjà une filiale commerciale, Sireg Latinoamerica », a déclaré Sonja Blanc, P-DG de l'entreprise familiale Sireg Geotec.

**Sols
Mesures**
Géotechnique & Agronomie

LE PROFESSIONNEL de l'équipement
pour votre laboratoire d'essais
automatisés de mécanique des sols :

**Triaxial,
Cisaillement direct,
Oedométrie.**

info@sols-mesures.com
01 30 50 34 50

www.sols-mesures.com

Les JNGG 2016 à Nancy

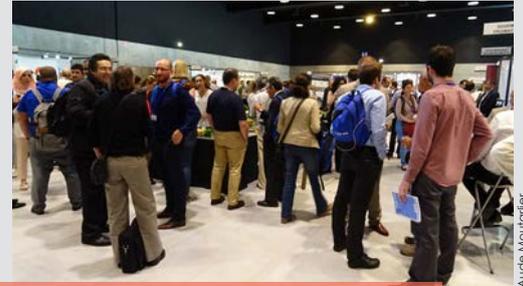
Les 8^{es} JNGG (Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur) se sont déroulées à Nancy, les 6, 7 et 8 juillet 2016. Intitulées « Analyser, concevoir et aménager dans la durée », ces Journées ont été organisées par les laboratoires Lemta et GéoRessources, tous deux UMR CNRS – Université de Lorraine.

Dans les travaux d'aménagement et de construction, le contexte sociétal et économique actuel demande de prendre en compte l'environnement, ses aléas et risques associés, le changement climatique, la préservation des ressources et des patrimoines. La réalisation des ouvrages doit donc s'inscrire dans une perspective de performance, d'adaptabilité et de durabilité. Tels sont les enjeux qui s'imposent aux ingénieurs, aux entreprises, aux bureaux d'études, aux institutions, aux enseignants et aux chercheurs. Ces aspects étaient au cœur de ces 8^{es} JNGG. Un hommage a été rendu au professeur Jean-Paul Tisot,

récemment disparu, qui a été à l'initiative de ces Journées, dont la première édition a eu lieu à Nancy, en 2002.

Ces 8^{es} Journées ont rassemblé plus de 300 conférenciers, représentant plus d'une centaine de sociétés ou d'organismes de recherche différents, ce qui témoigne de leur succès auprès de la profession, succès illustré par un très grand nombre d'articles (172). Une centaine de communications ont été présentées oralement, les autres sous forme de posters. Une exposition technique, organisée pour la première fois, en partenariat avec Solscope a permis de réunir plus de 36 exposants et une centaine de visiteurs issus de l'ingénierie, des entreprises et des bureaux d'études, favorisant ainsi les échanges, en particulier entre le monde scientifique et le monde de l'entreprise.

De nombreux débats ont, de ce fait, animé la zone d'exposition entre fournisseurs, scientifiques et entreprises, les uns s'enrichissant des autres.



Les conférences des JNGG sont consultables sur : <https://jngg2016.sciencesconf.org/browse/session>

Le comité d'organisation tient à remercier l'ensemble des participants, notamment les conférenciers, pour la grande qualité de leurs présentations qui ont contribué à faire de ces JNGG 2016 une réussite.



Fondations de silos de stockage par TPGeo

Terre Comtoise investit dans la construction de quatre nouvelles cellules de stockage de céréales sur le site de Fontenois-lès-Montbozon (Haute-Saône). Les charges de chaque silo sont reportées par l'intermédiaire de 46 pieux battus en fonte ductile ancrés dans le substratum calcaire. La solution mise en œuvre par TPGeo permet, grâce à une longueur de pieu variable, de garantir des capacités portantes élevées tout en s'adaptant aux fortes variations de profondeur du toit rocheux.

LA THP

La technologie haute performance

Fabricant de Sonde Pressiométrique Francis COUR

Courbes d'étalonnage

Courbes d'étalonnage cellule d'eau

ZI du Val d'Argent
6, rue des Indes
95100 Argenteuil

Tél : +33 1 39 80 01 08
Fax : +33 1 39 81 71 27
contact@lathp.fr

> www.lathp.fr

Geofluid : le forage continu de faire son show

En octobre dernier s'est tenue à Piacenza, en Italie, la 21^e édition de Geofluid, exposition internationale spécialisée dans la prospection, l'extraction, le transport de liquides souterrains, le forage géotechnique et géothermique, les fondations spéciales et la technologie sans tranchée.

Cette année encore, ce salon, considéré comme le plus important de l'industrie du forage, a rassemblé sur une surface d'exposition de plus de 23 000 m², plus de 200 exposants directs, 30 exposants internationaux, et plus de 250 marques présentes pendant les quatre jours qu'a duré l'événement. Toutes les sociétés spécialisées dans les secteurs de référence de Geofluid étaient présentes, et parmi elles : G.T.S., Geopro, Groundforce, Hinowa, Idrogeo, Ischebeck, Lim, Mait... Et pour la première fois, Solscope était présent en tant qu'exposant.

Les visiteurs étaient aussi nombreux à avoir fait le déplacement. Pour cette édition, Geofluid a comptabilisé pas moins de 2 500 visiteurs venus du monde entier.

Pour cette nouvelle édition, le salon a été divisé en quatre secteurs correspondant aux quatre domaines thématiques : Geofluid –

L'équipe du salon SOLSCOPE était également présente avec un stand à l'entrée de l'exposition. L'occasion de promouvoir le prochain salon qui se déroulera les 14 et 15 juin 2017 au parc Eurexpo de Lyon, et de mettre en avant la revue Solscope Mag.

les technologies et équipements pour la recherche, l'extraction et le transport des fluides souterrains ; Geotech – machines et équipements pour les enquêtes géologiques et géotechniques, fondations spéciales et de



© DR

forage directionnel ; Geotunnel – machines, équipements et l'instrumentation pour la construction de tunnels ; et Geo – équipements de contrôle, instrumentation et l'analyse, surveillance de l'environnement, l'assainissement des sols et la protection des sols.

Icare, une présence accrue sur le Grand Paris

Icare, le groupement mené par Ingérop, qui assure la maîtrise d'œuvre des infrastructures de la future ligne 18 du Grand Paris, installé depuis peu à Saint-Denis, dans d'anciens ateliers mécaniques réaménagés, a rassemblé plus de 70 collaborateurs du groupement : Ingérop, Artelia, Arcadis pour les ingénieries, et cinq cabinets d'architecture (Dietmar Feichtinger Architectes, Ateliers 2/3/4, Richez Associés, Vezzoni et Associés et Jean-François Schmit Architectes) sur le même site. Seules les équipes du centre d'exploitation et des études environnementales sont restées au siège du groupe, à Rueil-Malmaison. En mars dernier, le groupement s'est vu confier la mission de maîtrise d'œuvre de conception et réalisation de 35 kilomètres de lignes de métro automatique, dont une partie en tunnel et viaduc, de 9 gares, des 24 ouvrages annexes, ainsi que du centre d'exploitation. Les systèmes locaux et une



© DR

partie des études environnementales ont également été confiés à Icare. Ingérop réalise aussi les études préliminaires complémentaires de la ligne 15 est, et assure, en groupement, la maîtrise d'œuvre des infrastructures du tronçon Villejuif – Pont-de-Sèvres de la ligne 15 sud. Dans ce cadre,

le groupe est en charge de la totalité de deux gares souterraines (Pont-de-Sèvres et Issy-RER), ainsi que du tunnel entre l'Île Monsieur et le Fort d'Issy. Ingérop est également en charge, en groupement, de la maîtrise d'œuvre des infrastructures de la ligne 17, entre Le Bourget et Le Mesnil-Amelot.

Groundforce révèle ses plans d'expansion européens

Depuis 30 ans, Groundforce est devenu, sur le marché britannique, le spécialiste de l'offre de location de solutions de capacité de charge élevée, d'étaiyage hydraulique, de soutènement... Plus récemment, Groundforce a fourni des solutions d'étaiyement à de nombreux projets de grande envergure en Europe, parmi lesquels le nouveau musée M9 à Venise, les projets de bassin de navigation Isola Serafini en Italie, une extension du métro de Paris et le projet Barcode à Oslo.

« Je suis enthousiasmé par les possibilités qui existent, sachant que je serai pleinement soutenu par les meilleurs du secteur. Notre défi est d'encourager davantage l'industrie à passer des méthodes d'étaiyement plus traditionnelles à des alternatives plus économes en temps et en argent, et de nous assurer que Groundforce soit l'option

choisie par les entreprises de géotechnique et de génie civil dans ces nouveaux marchés », a expliqué Nigel Robbins, directeur européen des ventes Groundforce, en soulignant la présence de Groundforce en Scandinavie, en Italie, en France et en Allemagne.

Les solutions d'étaiyage hydraulique et de soutènement de Groundforce sont parfaitement adaptées pour de grandes excavations profondes et offrent une alternative rentable et viable à l'acier soudé ou aux solutions d'ancrage traditionnelles. Les étais peuvent couvrir plus de 50 mètres avec des capacités de charge jusqu'à 500 tonnes. Il y a des options flexibles de connexion qui peuvent soutenir tous les types de murs et toutes les formes d'excavation. Le temps d'installation rapide offre des économies importantes sur les grands projets comme cela



a déjà été démontré sur des réalisations à Londres, à Doha, et sur la ligne 14 du Grand Paris Express.

Récemment, Groundforce a lancé son système de télémétrie de pointe intégré aux étais pour fournir l'analyse en temps réel des charges d'étaiyement et l'effet des charges thermiques dans les étais sous contrainte.

IDETEC : L'EXPERIENCE DU TERRAIN...

VIBRATIONS SUR CHANTIER ET EN MILIEU URBAIN

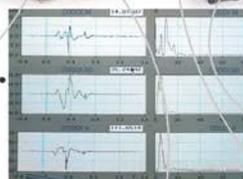
Impact des vibrations sur l'environnement
Etude du comportement dynamique des structures
Définition des critères de sécurité

DIAGRAPHIE : MICROSISMIQUE et R.A.N.

Etude des massifs rocheux
Reconnaissance des sols : carrières, terrassements et ouvrages d'art



un parc unique de plus de 100 appareils



Laboratoire mobile sur 4x4

Des produits et des techniques adaptés à vos besoins, une équipe à votre écoute

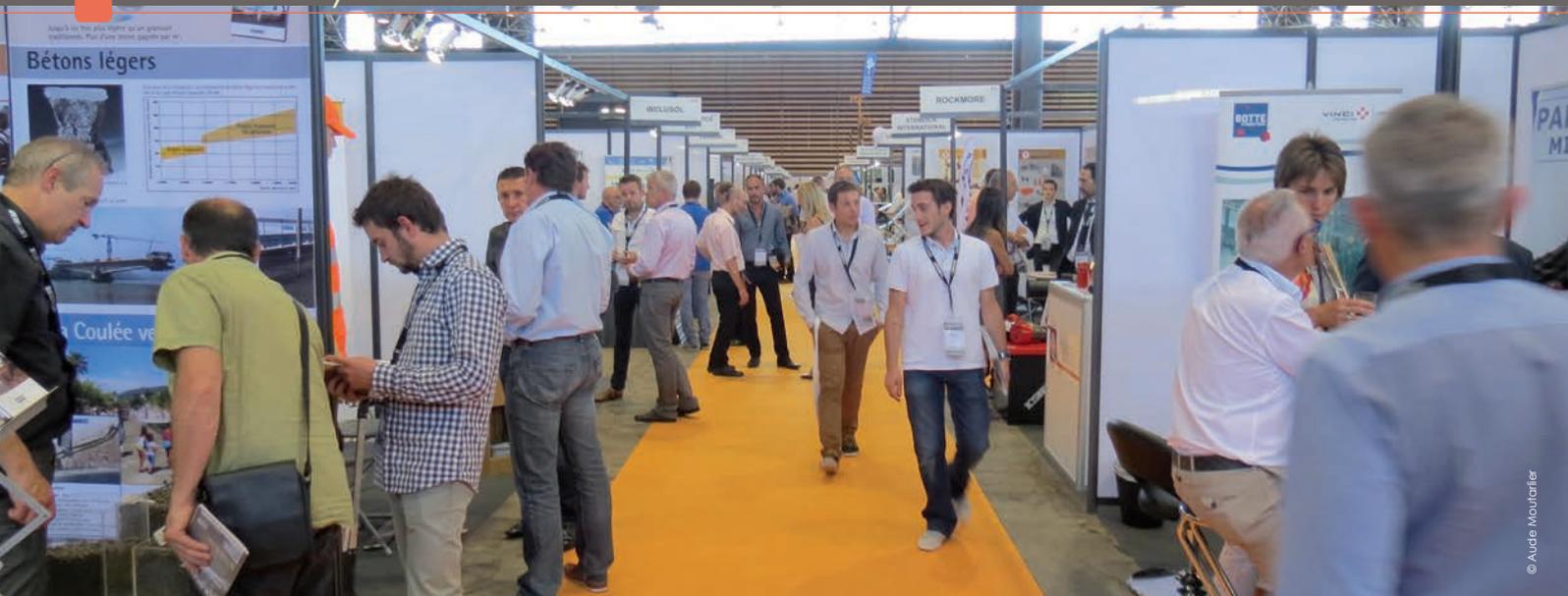
- Des sismographes et des sondes de diagraphe conçus et fabriqués en France pour une maintenance privilégiée (vente ou location).
- Des prestations de service complètes : mesures sur site, rapport d'étude des vibrations (seuils et charges admissibles, loi de propagation), installation de surveillance de vibrations (respect des critères), étalonnage, suivi géologique, suivi de chantiers, élaboration de plans de tirs, dossiers de récolement, contrôle externe ou extérieur de chantier...



15, Lot. Com. Pesquier
13120 GARDANNE - FRANCE
Tél. 04 42 51 57 13 - E-mail : idetec@idetec.eu

Vente - Location - Prestations de service

www.idetec.eu



© Aude Moutarier

SOLSCOPE 2017 : rendez-vous les 14 et 15 juin à Lyon !

Après le record de fréquentation du dernier Solscope, en juin 2015, la 12^e édition se tiendra à nouveau à Eurexpo Lyon. Plus de 1 500 visiteurs sont attendus les 14 et 15 juin 2017 pour ce qui est devenu, depuis son origine, en 1992, le rendez-vous incontournable des professionnels de la géotechnique, du forage et des fondations autour d'une exposition et de conférences.

Grâce au parrainage de l'AITF (Association des ingénieurs territoriaux de France), de nombreux maîtres d'ouvrage représentants des collectivités territoriales seront présents. Ils seront là pour écouter, mais aussi pour apporter leur regard et leurs attentes spécifiques.

Les bureaux d'études, entre autres spécialisés en ingénierie géotechnique, ont été les premiers participants de Solscope. Ils viennent toujours de plus en plus nombreux, et sont très impliqués avec les entreprises de fondations spéciales et les fabricants ou distributeurs de matériels, en particulier au travers du parrainage des organisations professionnelles.

Dix organisations* accompagnent Solscope dans le choix des thèmes,

la désignation des intervenants et l'élaboration du programme, ainsi que dans la promotion de l'événement.

LE COLLOQUE

Anciennement articulé autour d'un thème unique pendant deux jours, le colloque de Solscope 2017 change de format et sera structuré avec quatre thématiques déclinées par demi-journées :

- Géotechnique et Développement (les perspectives d'avenir pour l'ingénierie géotechnique, sensibiliser les jeunes, l'évolution de la relation avec les maîtres d'ouvrages...);
 - Géotechnique et Sécurité (sécurité des chantiers de forage, sécurité des machines et sujétions des réseaux enterrés, DT-DICT...);
 - Géotechnique et Transition numérique;
 - Géotechnique et Hydrogéologie (eau dans le sol, sécheresse...).
- Outre le colloque, l'apport de contenus et d'échanges sera soutenu par les conférences du « Forum exposants » au cours duquel des sujets à caractère



© Aude Moutarier

innovant seront abordés ou des réalisations particulières présentées. Comme ces dernières années, le SFEG (Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forage) abordera l'actualité de la profession dans un atelier « Forage d'eau et géothermie ».

L'ONRN (Observatoire national des risques naturels) proposera également une animation sur ses travaux et sur la nature et l'accès aux informations concernant les aléas de mouvements de terrain, en particulier des cartographies disponibles via son portail, mettant en évidence les communes sensibles à ces aléas.

Une participation sur l'exposition sera proposée à la SGP



* L'intitulé complet des sigles des parrains est à retrouver dans l'ours, en page 3 du magazine.



© Aude Moutarlier

(Société du Grand Paris) qui aura aussi la possibilité d'intervenir à travers le Forum exposants.

Beaucoup d'étudiants, au fil des ans, sont venus participer à Solscope. Des conditions particulières leur ont toujours été proposées :

- l'accès aux ateliers et conférences sera à nouveau libre pour les étudiants ;
- des contacts privilégiés avec les professionnels seront ainsi facilités.

L'EXPOSITION

Solscope continue de croître et proposera des espaces d'exposition encore élargis, avec aussi une large capacité d'accueil extérieur pour des équipements de grand gabarit...

Pour l'édition 2017, 150 exposants devraient être réunis sur plus de 5 000 m².

LE TROPHÉE DE L'INNOVATION

Après les éditions 2013 et 2015, le « Concours de l'innovation Solscope » est reconduit pour cette 12^e édition. Qui succédera à Franki Fondations, lauréat 2013 (procédé FARL de pré-recépage de pieux) et à Soletanche Bachy, lauréat 2015 (procédé Biocalcis de consolidation des sols par voie biologique) ?

La remise du Trophée 2017 aura lieu dans le cadre de la soirée Solscope, le mercredi 14 juin.

Vous pourrez retrouver l'ensemble des informations et détails du programme sur le site Internet solscope.fr

SOLSCOPE

GÉOLOGIE

URBANISME

INGÉNIERIE

OUVRAGE

RESPONSABILITÉS

SÉCURITÉ

**SALON NATIONAL
DE LA GÉOTECHNIQUE,
DU FORAGE ET
DES FONDATIONS**

**14 & 15
JUN 2017**

**LYON
EUREXPO**

12^E ÉDITION

WWW.SOLSCOPE.FR



Jusqu'à présent, les aides-sondeurs étaient généralement formés par les chefs sondeurs

VAE « Sondeur » : une grande avancée pour la profession

Le métier de sondeur, réputé pour sa technicité, ne disposait pas encore de certifications reconnues. Une certification académique de « Sondeur en géotechnique » peut désormais être obtenue par la voie de la VAE (Validation des acquis de l'expérience)* et, prochainement, par la voie de la formation.

Pascal Chassagne,
président de
l'Union syndicale
géotechnique.



Cyril Chapuy,
gérant de la société
A.B.E.Sol et expert
de justice.



Les métiers de foreur et de sondeur étaient jusqu'à présent enseignés sous forme de tutorat. Les aides-sondeurs étaient généralement formés par les chefs sondeurs directement sur le terrain au sein des entreprises. « Bien que ce métier soit maîtrisé dans les bureaux d'études et les entreprises sous-traitantes, il n'existait ni formation structurée ni école sur le territoire national », constate Pascal Chassagne, président de

FOCUS SUR LES ACTIVITÉS DU MÉTIER « SONDEUR EN GÉOTECHNIQUE »

Les activités sont regroupées en trois grandes catégories :

- les activités liées à la gestion opérationnelle du chantier ;
- les activités « cœur de métier » liées à la réalisation de sondages en géotechnique (prélèvements, essais, pose d'équipement,...) ;
- les activités plus transverses sur la contribution du sondeur en géotechnique à l'amélioration continue de la structure employeur, tant en termes de qualité que de performances.

l'Union syndicale géotechnique (USG). Cyril Chapuy, gérant de la société A.B.E.Sol et expert de justice complète : « Il était en effet, étonnant que ce métier ne dispose pas encore de formation diplômante, car le chef sondeur est responsable de la sécurité de ses collègues et d'un matériel coûteux. De plus, son travail est généralement la première étape de dimensionnement des fondations d'un ouvrage d'art ou d'un bâtiment. »

* Toute personne qui justifie d'au moins trois années d'expérience, en rapport direct avec la certification visée, peut prétendre à la VAE. Il est à noter que la loi Travail prévoit de raccourcir ce délai de 3 ans à 1 an.



Eric Lachuries,
chef-sondeur pour
la société Alios
Pyrénées.

ÉRIC LACHURIES : REGARD D'UN CHEF SONDEUR QUI VIENT D'OBTENIR SA VAE

« Sondeur depuis près de vingt ans, je travaille pour la société Alios Pyrénées depuis dix ans. Après avoir suivi des études en carrosserie qui ne m'ont pas convenu, je suis devenu aide-sondeur, puis sondeur, et chef sondeur. Je souhaitais faire valoir mon expérience grâce à la VAE qui m'a été proposée au sein de mon entreprise. J'ai finalisé mon mémoire après quatre mois de préparation, les soirs et week-ends. Celui-ci portait sur un chantier de lotissement réalisé en 2015 en banlieue toulousaine ;



Eric Lachuries sur le terrain.

j'y ai décrit la prise en charge et la préparation du chantier, son implantation et sa mise en œuvre. Lorsque la VAE fut validée, j'étais content et fier d'avoir réussi.

Désormais, j'espère que cette VAE va me permettre de devenir un formateur reconnu afin de diffuser un savoir-faire aux aides-sondeurs de manière officielle. »

Vivre le progrès.



Liebherr-Nenzing Equipements SAS
ZA, Rue Liebherr, F-68127 Niederhergheim
Téléphone: 03 89 86 33 33
info.lpc@liebherr.com
facebook.com/LiebherrConstruction
www.liebherr.com

LIEBHERR



Chantal Burais,
conseillère en
formation
continue et chef
de projet du titre :
« **Sondeur en
géotechnique** ».

20 CERTIFICATIONS ACADÉMIQUES DÉLIVRÉES PAR LA VAE

À l'origine de cette certification académique, plusieurs sociétés motrices (Alios, Hydrogéo, 2GH, Géotech, Fondouest, A.B.E.Sol, Ginger CEBTP, ERG...) ont réfléchi ensemble à une reconnaissance officielle de ce métier de sondeur. Ces entreprises se sont alors retrouvées en compétition : bien que concurrentes, elles se sont



La VAE va mettre en avant les sondeurs, les sociétés qui les emploient et les clients qui les font travailler.

© Service communication Groupe ALIOS / V. Fernandez

Eric Garroustet,
directeur général
de l'entreprise
Cotrasol et
président du Sfeg.



LE CQP « CHEF FOREUR D'EAU » : UNE DÉMARCHE PIONNIÈRE

Alors qu'il n'existait pas de formation diplômante pour les foreurs d'eau, le SFEG (Syndicat national des entrepreneurs de puits et de forages pour l'eau et la géothermie) a créé une qualification dédiée en 2008. Les premiers CQP (Certificat de qualification professionnelle) ont été délivrés deux ans plus tard par la Commission paritaire nationale de l'emploi du bâtiment et des travaux publics. « Le bilan est positif, car les employés sont fiers d'avoir suivi ce cursus de trois jours et rédigé un mémoire. Chaque nouvelle session crée des liens entre professionnels, ce qui contribue à tisser un réseau et une véritable entraide entre les diplômés. Nous serions très intéressés si un centre de formation découlant de la VAE sondeur venait à se créer dans le but de former des jeunes à nos métiers », témoigne Éric Garroustet, directeur général de l'entreprise Cotrasol et président du SFEG.

fédérées autour de ce projet commun. Elles ont choisi comme prestataire le CAFOC (Centre académique de la formation continue) de Toulouse, outil de développement de projet de la formation continue de l'Éducation nationale. Un premier référentiel métier, qui fut le fruit d'un travail collaboratif (associant, entre autres, des sondeurs, des chefs d'entreprise et des ingénieurs), a été présenté en juillet 2015.

Au travers de divers entretiens et ressources documentaires, Chantal Burais, conseillère en formation continue et chef de projet du titre « Sondeur en géotechnique », a ensuite rédigé un référentiel d'activités validé par un groupe de travail et finalisé en février 2016.

Elle témoigne : « Les vingt premiers diplômés ont obtenu leur VAE entre juin et juillet 2016. Ils ont présenté leurs mémoires devant l'un des trois jurys (situés à La Seyne-sur-Mer, Toulouse ou Paris) composés de professionnels ». De nouvelles sessions de VAE seront prévues pour l'année 2016-2017. Dès qu'un groupe de cinq à six candidats sera constitué, une nouvelle session sera mise en place en janvier 2017. « Nous incitons les non-diplômés à participer à cette VAE afin qu'ils ne soient pas dépassés par les futurs diplômés qui arriveront d'ici deux ans. Ils seront ainsi à armes égales », remarque Chantal Burais.

La première phase de ce projet de titre s'est déroulée avec succès. La prochaine étape sera le dépôt d'une demande d'inscription de la certification du titre « Sondeur en géotechnique » au RNCP (Registre national des certifications professionnelles).

UNE VÉRITABLE RECONNAISSANCE POUR LES PROFESSIONNELS

Cette certification académique (titre en projet) est une reconnaissance sociale officielle qui valorise un métier méconnu. Selon Pascal Chassagne, « elle met en avant les sondeurs, les sociétés qui les emploient et les clients qui les font travailler. De plus, elle permet de disposer désormais d'une liste de compétences requises écrites noir sur blanc. »

Actuellement proposée pour obtenir la certification académique, la VAE peut éventuellement permettre aux sondeurs expérimentés d'évoluer au sein de la société et d'être associés à d'autres missions (voir encadré). Toutefois, la VAE n'a pas pour vocation de faciliter le recrutement, mais bien de valoriser et concrétiser l'investissement du technicien dans son métier. « D'autre part, la VAE nécessite un investissement important de la part du candidat, et de nombreuses heures de travail. Il doit écrire et présenter un mémoire devant un jury », souligne Cyril Chapuy.

Puis un entretien de 45 minutes a lieu entre le candidat et le jury. Cet échange se déroule dans un climat de confiance qui permet alors au candidat de replacer son travail dans un contexte plus large et de s'exprimer sur son savoir-faire. Cyril Chapuy, membre du jury de Toulouse, a particulièrement apprécié la lecture des mémoires des candidats. « Les candidats, généralement arrivés par hasard dans cette filière, laissent transparaître une émotion forte et une grande fierté », explique-t-il.

UNE FORMATION « SONDEUR EN PRÉPARATION »

En parallèle, une formation sondeur, qui est une autre voie d'accès à la certification, se met également en place. Elle s'adressera à des sondeurs peu expérimentés ou débutants qui ne peuvent obtenir la VAE. « Une première session de formation pourrait débuter à l'automne 2017. Dans un premier temps, elle sera dispensée par un Greta de la zone toulousaine et donnera ainsi un niveau bac professionnel à celles et ceux

qui seront validés "Sondeur en géotechnique" », précise Chantal Burais. Certaines entreprises souhaiteraient que cette formation soit accessible au niveau BTS dans un second temps. Il s'agit en effet d'un métier qui devient de plus en plus technique avec le déploiement du numérique. « Nous souhaitons que des centres de formation s'approprient ce titre et forment 20 à 30 jeunes annuellement. Ce diplôme va également faciliter le recrutement des futurs sondeurs sur le terrain et les préparer aux conditions difficiles de ce métier », remarque Pascal Chassagne. Il est en effet relativement fréquent que les sondeurs abandonnent leur poste en début de carrière. Un tel diplôme constituera également un gain de temps pour les entreprises. « La formation devrait durer entre 12 et 18 mois au lieu des trois années nécessaires pour qu'un sondeur devienne réellement autonome sur le terrain. En outre, cette formation va créer des emplois et faciliter le recrutement, car aujourd'hui l'offre est supérieure à la demande. Nous pourrions également mettre en



© Service communication Groupe AUCOS / V. Fernandez

Cette certification académique (titre en projet) valorise un métier méconnu.

avant les sondeurs diplômés lors des réponses que nous formulerons aux appels d'offres », conclut Cyril Chapuy.

Gageons que l'Éducation nationale, qui s'est emparée du projet, développera un réseau de formation au service de cette certification académique dans toute la France. Avis aux futurs candidats... En attendant, la remise officielle des premiers diplômés aura lieu au prochain salon Solscope, en juin 2017.

Claire Janis-Mazarguil



FORDIA EUROPE®

SOLUTIONS GLOBALES POUR LE FORAGE ET LA GEOTECHNIQUE





HERO



GEO HAWK





**Carottage, Forage, Essais in-situ,
Laboratoire, Auscultation :
Consultez-nous**



ZI du Chemin Vert • 8, route de St-Hubert • F-78610 Le Perray en Yvelines • France
Tél. : + 33 (0)1 30 46 81 40 – Fax : + 33 (0)1 30 46 81 41
Internet : www.fordia-europe.com • email : info@fordia-europe.com

Contrôle systématique de la portance des micropieux par chargement dynamique à faible contrainte

Une nouvelle méthodologie pour le contrôle systématique de la portance des micropieux par chargement dynamique à faible contrainte vient d'être proposée par SOL SOLUTION.

Explications

En collaboration avec la Fédération nationale des travaux publics et l'université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand, la société Sol Solution a développé une nouvelle méthode, simple, rapide et systématique pour le contrôle de la portance en service de micropieux par chargement dynamique à faible contrainte.

Le principe de l'essai est simple : une fois que la tête du micropieu est instrumentée avec des capteurs spécifiques et mise en œuvre rapidement, on réalise une série d'impacts à énergie de battage variable sur la tête de celui-ci. Pour ce faire, deux types de systèmes de battage sont préconisés : un système manuel, avec une masse de l'ordre de 5 kilos, et un système automatique ou semi-automatique permettant de tester des micropieux ayant une portance de l'ordre de 60 tonnes et nécessitant une masse de battage de l'ordre de 200 kilos.

Pour chaque impact, la déformation, la force, l'accélération et la vitesse des ondes de choc induites au sein du micropieu sont mesurées et calculées par le biais des différents capteurs installés. À partir des enregistrements réalisés, et grâce à une chaîne de conditionnement, de traitement et d'analyse de signaux spécialement conçue, le déplacement élastique maximum (S_{max}) et la force statique équivalente (F_{stat}) de l'élément de fondation sont calculés pour chaque impact.

Installation des capteurs directement sur la tête du micropieu.

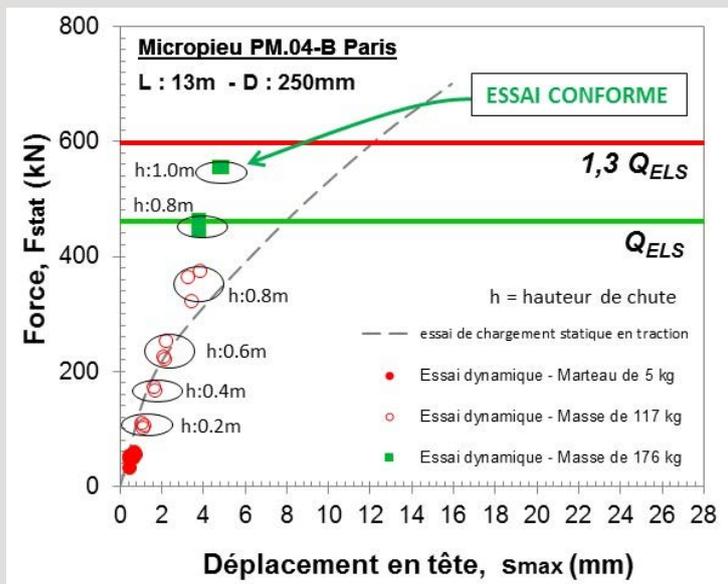


Contrôle de micropieu avec machine de battage à énergie variable. Les capteurs de mesure sont installés dans la tête de battage.

Le couple des valeurs (S_{max} , F_{stat}) est ensuite tracé dans un graphique. En augmentant l'énergie de battage (E_b), d'autres points (S_{max} , F_{stat}) sont obtenus, et la courbe de chargement est tracée sur le graphique (p. 29). L'affichage de ces résultats permet de suivre en temps réel la sollicitation du micropieu, et ainsi de contrôler l'évolution de l'énergie appliquée en tête de celui-ci, afin de déterminer la conformité de la fondation. En parallèle, le déplacement plastique est contrôlé à partir d'un théodolite afin d'observer le déplacement final du micropieu dans le but de ne pas endommager la fondation. Les impacts sollicitent l'élément principalement dans le domaine

élastique. Cette technique permet de fournir une énergie d'impact beaucoup moins importante ($0,2 - 0,5 \% Q_{ELU}$) que dans le cas des essais de chargement dynamique classiques, tout en conservant leurs avantages (rapidité de mise en œuvre et de réalisation, faible coût...) et en évitant de porter atteinte à l'intégrité des micropieux par la création des contraintes de traction trop importantes. Actuellement, cette méthode est applicable aux micropieux de type I, II, III et IV ayant une capacité portante de 60 tonnes et une longueur d'une quinzaine de mètres. Comme pour un contrôle de micropieu par essai de traction, les essais peuvent être réalisés à partir

Courbe de charge/déplacement en tête du micropieu obtenu à partir d'un essai dynamique.



Contrôle de micropieu avec tripode et masses modulables. Les capteurs de mesure sont installés sur la tête du micropieu.

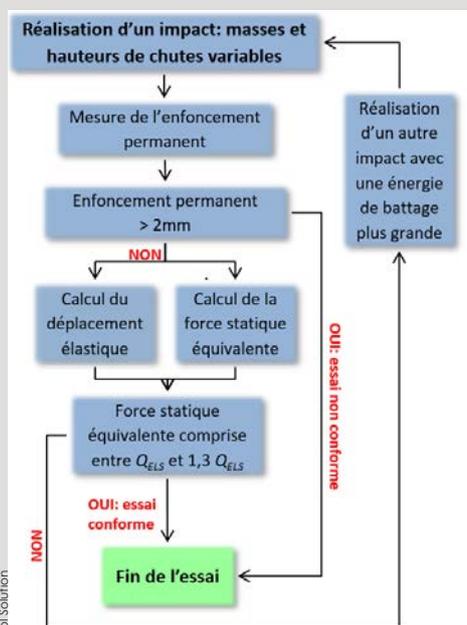
d'une semaine après la réalisation des micropieux sur le chantier.

L'appareillage d'essai comporte les éléments suivants :

- une tête de battage, adaptable aux micropieux, instrumentée de différents capteurs d'accélération et de déformation ;
- un système d'acquisition, de conditionnement, de traitement, de stockage et d'affichage en temps réel des signaux de déformation, de force, d'accélération et de vitesse mesurés lors d'un impact ;
- une enclume en acier, un casque de battage et un amortisseur de chocs ;
- une masse de battage manuel de 5 kilos et un mouton modulable de masse et de géométrie variables entre 20 et 200 kilos ;
- un système de battage manuel, semi-automatique ou automatique (colonne de battage trépied, machine de battage...).

La machine de battage, sur chenilles, développée par Sol Solution, permet d'effectuer des contrôles sur tout type de terrain. Il est également possible d'intervenir sur des chantiers de reprise en sous-œuvre, en utilisant une méthode de battage plus compacte et plus modulable grâce à un système de trépied associé à des masses modulables, et ainsi intervenir à l'intérieur d'un bâtiment.

Le protocole d'essai est caractérisé par plusieurs paliers de chargement dynamique croissants définis en fonction de la capacité portante de l'élément à contrôler. Pour chaque palier, au moins



Logigramme du protocole mis en place pour la réalisation d'un essai de contrôle.

5 impacts sont mesurés. Sur le terrain, une fois que le micropieu est préparé pour le contrôle (préparation de la tête, barre, tube...), l'essai consiste à :

- installer la tête de battage, les capteurs et le système d'acquisition ;
- saisir sur PC toute information relative au chantier et au micropieu contrôlé ;
- installer l'enclume en acier et le casque de battage manuel ;
- réaliser et enregistrer plusieurs impacts à l'aide de la masse de 5 kilos ;
- remplacer le casque de battage manuel par l'amortisseur de chocs ;
- mettre en station le système de battage ;

- réaliser et enregistrer 5 impacts par paliers croissants jusqu'à la fin du contrôle ;
- replier le matériel.

La réalisation de l'essai est très rapide. Une trentaine de minutes suffisent en mode semi-automatique, permettant ainsi de contrôler plusieurs micropieux dans une même journée. Ce rendement peut être augmenté en mode automatique si la configuration du chantier s'y prête.

L'essai est achevé lorsque l'une des deux conditions suivantes est satisfaite :

a/ La force statique équivalente (F_{stat}) atteint une valeur comprise entre Q_{ELS} et $1,3 Q_{ELS}$, avec Q_{ELS} la capacité portante à l'état limite de service, et $1,3 Q_{ELS}$ la charge de fluage (NF P 94-262), et l'enfoncement plastique permanent est < 2 mm ; et/ou

b/ L'enfoncement plastique permanent est > 2 mm et la F_{stat} reste inférieure à $1,3 Q_{ELS}$.

Pour conclure, les avantages de cette méthode sont les suivants :

- méthode non destructive ;
- simple et « tout-terrain » ;
- facilement transportable ;
- systématique ;
- rapide ;
- économiquement intéressante.

Pour toutes ces raisons, la méthode présentée tend à être démocratisée pour le contrôle de micropieux.

Jonathan Gallier

Chargé d'affaires Innovation & Diagnostic d'ouvrage

Journée technique : les vibrations et séismes mis en avant

« Vibrations et Séismes », tel a été le thème d'une journée technique qui s'est déroulée au Conservatoire national des arts et métiers de Paris (Cnam), sous le patronage du Comité français de mécanique des sols (CFMS) et de l'Association française du génie parasismique (AFPS). L'occasion de rappeler, entre autres, le rôle actif des géotechniciens dans les instances internationales, et d'insister sur l'importance d'avoir une représentation française par l'intermédiaire de communications techniques et scientifiques.

La journée technique sur les vibrations et les séismes a permis d'accueillir entre 150 et 200 personnes venues assister aux présentations du Comité français de mécanique des sols et de l'Association française du génie parasismique qui se sont tenues à Paris, le 5 avril 2016, dans l'amphithéâtre mis à disposition par le Cnam. Cette journée entre, en effet, dans le cadre des sessions organisées par le comité technique du CFMS, dont l'un des rôles est de promouvoir les métiers de la géotechnique grâce au développement du « porter à connaissance ».

SESSION SUR LES VIBRATIONS ET LES SÉISMES

Ainsi, chaque année, trois ou quatre journées techniques sont programmées, à Paris ou en province, au cours desquelles des intervenants sont invités à présenter des sujets en relation avec un thème défini. Le 4 février 2016, une première séance sur « La recherche et les entreprises de travaux publics » avait été organisée à Paris par Jean-Paul Volcke (Franki Fondation), Philippe Gotteland (FNTP) et Fabrice Emeriault (UGA), et, pour le dernier trimestre, une journée sur les « Retours d'expérience ASIRI » a été programmée en septembre.

Présidé par Bruno Demay, le comité technique avait décidé d'organiser une session sur les vibrations et séismes, structurée en deux demi-journées. Toutes les présentations sont accessibles sur le site du CFMS <http://www.cfms-sols.org/>

La séance a donné l'occasion de rappeler le rôle actif des géotechniciens français dans les

instances internationales, comme les Technical Committees (TC) de la Société internationale de mécanique des sols et d'ingénierie géotechnique (ISSMGE), dont la présidence est assurée par le Français Roger Frank jusqu'en 2017. Jean-François Semblat a rappelé que, dans le TC 203 « *Geotechnical Earthquake Engineering and Associated Problems* », plusieurs dates étaient programmées pour de grands rendez-vous, tels que la 7^e Conférence internationale sur l'ingénierie géotechnique des séismes (7th ICEGE) prévue à Rome en 2019.

Dans le cadre du rappel de ces événements en lien avec les métiers de la géotechnique, Bruno Demay a insisté sur l'importance d'avoir une représentation française par l'intermédiaire de communications techniques et scientifiques. À ce titre, pour valoriser la communication du travail des chercheurs, la *Revue Française de Géotechnique*, parrainée par le CFMS et animée par sa rédactrice en chef, Farimah Masrouri, a souhaité offrir à ses lecteurs une nouvelle formule papier, parue en 2016, ainsi que des supports numériques accessibles sur le site <http://www.geotechnique-journal.org/>.

ZOOM SUR LES VIBRATIONS

La première demi-journée a été dédiée aux vibrations, plutôt de nature anthropique, générées par certains types de travaux en zones urbaines et périurbaines. Les enjeux sont notamment la caractérisation de ces vibrations et la clarification du référentiel technique et réglementaire auxquels se référer dans

le cadre de situations de chantier. Parmi les thèmes abordés, notons le *monitoring*, la prévision des vibrations sur chantier ainsi que leur auscultation lors de travaux de fondations spéciales (Julien Morel, Soldata) et d'amélioration des sols par compactage dynamique (Gillian Erbeja, Menard). Un rappel précis des textes de référence était très attendu lors de l'intervention du Cerema, en la personne de Jean-Jacques Leblond.



Compactage dynamique avec atelier à impacts rapides.

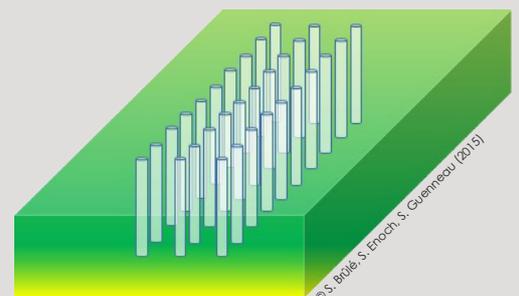


Schéma de l'anisotropie artificielle des sols au moyen d'inclusions verticales, pour l'application de barrières antivibratiles.

En raison de l'actualité sur les sols structurés, notamment dans un usage de barrières antivibratiles, un sujet d'ouverture a été développé par Sébastien Guenneau, de l'Institut Fresnel, sur les applications que l'optique et l'acoustique peuvent apporter à l'interaction des ondes avec les infrastructures. Dans l'approche du dimensionnement des fondations supportant des machines vibrantes, mais aussi dans le contexte du suivi des travaux sur site, Bruno Bemay a accepté de nous faire partager son expérience d'un chantier de terminal d'importation de gaz naturel liquéfié en Chine.

ZOOM SUR LES SÉISMES

La seconde demi-journée a permis de développer des sujets en relation avec la caractérisation des séismes et leur prise en compte pour le dimensionnement des ouvrages.

Ainsi, Luis-Fabian Bonilla (Ifsttar) a présenté le projet international PRENOLIN, dont l'objectif est de soumettre à des équipes de sismologie, réparties sur l'ensemble de la planète, une comparaison de caractérisation de l'effet de site lithologique sur un modèle, une dimension en condition non linéaire, puis de comparer ces prédictions sur des cas réels. L'effet de site lithologique est une notion très importante en ingénierie parasismique et se manifeste lors de séismes. Pour un séisme de magnitude donnée, le mouvement du sol est généralement maximal à l'épicentre et décroît avec la distance. Cependant, le mouvement du sol peut augmenter localement en raison de la constitution géologique du sous-sol. Ainsi on peut souvent constater, après un séisme, des dégâts plus importants dans les bâtiments construits sur des alluvions accumulées sur de grandes épaisseurs (plaines alluviales) que dans les bâtiments se trouvant sur du sol rocheux. Ces effets d'amplification du mouvement sismique par la nature du sous-sol sont appelés « effets de site lithologiques ». (BRGM, <http://www.planseisme.fr/>). Les présentations ont ensuite illustré ce principe en proposant



Rupture du barrage de Fujinuma par surverse, le 11 mars 2011, à 15 h 10, suite à d'importants déplacements irréversibles (> 1,5 mètre), provoquée par le grand séisme du Tohoku au Japon (magnitude 9). Première rupture de grand barrage due à un séisme causant la perte de vies humaines (8 personnes).

© JCOLD (Comité Japonais sur les Barrages)

des travaux de recherche fondamentale et appliquée (Youssef Abboud, Ifsttar) et des exemples de dimensionnement des fondations (Serge Lambert, Keller) ou de digues et barrages sous sollicitations sismiques (Jean-Jacques Fry, EDF). Avec l'effet de site lithologique, un autre concept majeur de l'ingénierie parasismique repose sur la notion d'interaction sol-structure (ISS). Cette notion peut se résumer ainsi, selon la norme NF EN 1998 : sous une même sollicitation sismique, la réponse d'une structure sur appuis flexibles, c'est-à-dire fondée sur un terrain déformable, diffère de celle fondée sur un terrain rigide (base fixe). Cette réponse peut ou doit être prise en considération dans le dimensionnement des ouvrages, et c'est Fahd Cuira (Terrasol) qui rappelle ce concept et montré des exemples précis dans sa présentation.

Pour finir la session, Jean-François Semblat (Ifsttar) a eu l'opportunité de convier Philippe Bisch (EGIS), président d'honneur de l'AFPS, qui a bien voulu accepter cette invitation pour présenter le projet AFPS 2020 (<http://www.afps-seisme.org/Activites/Recommandations-2020>).

Cette présentation a permis de rappeler le rôle précurseur et actif de l'Association française du génie parasismique (AFPS) en matière de propositions de recommandations pour le dimensionnement des ouvrages en zones sismiques. Bien avant l'avènement de la norme NF EN 1998 ou Eurocode 8, citons les textes des PS 69, ceux de l'AFPS 90 ayant servi de base à la rédaction de la norme NF P 06-013 de 1995,

appelés « Règles de construction parasismique applicables aux bâtiments », connues sous le nom de Règles PS 92.

Ainsi, l'AFPS a programmé le projet « AFPS 2020 » pour notamment remplir son rôle qui est d'établir l'état de l'art et de le diffuser, d'accroître sa compétence globale, de servir de relais aux nouvelles générations pour assurer la pérennité de l'association sur le long terme, de proposer des recommandations scientifiquement mises à jour et à l'usage des praticiens.

Aude Moutarlier

en collaboration avec Stéphane Brûlé (Menard), responsable région Auvergne-Rhône-Alpes

* Cette session a été co-organisée par Stéphane Brûlé (Menard), Bruno Demay (Geotun), président du comité technique du CFMS et Jean-François Semblat (Ifsttar), membre du comité technique du CFMS et du Conseil de l'AFPS.



Désordres sur le bâti après le séisme de L'Aquila (2009) en Italie.

© Stéphane Brûlé



© Sondador

Vue carottier intérieur après prise d'échantillon.

Technique de carottage dans les sables lâches

Situé en partie dans le département de la Drôme, le piémont alpin (Vercors) se caractérise par un gisement de sables et graviers siliceux d'une grande épaisseur. Le gisement de sable est positionné entre les calcaires urgoniens et les molasses miocènes. Son pendage est généralement voisin de 70°, mais certaines zones comportent des chevauchements, et le calcaire se trouve au-dessus des sables. Dans le but de répertorier et de quantifier les ressources exploitables, une campagne de sondages de délimitation et d'échantillonnages par carottage fut programmée.

Basées sur un cahier des charges complexe, comprenant notamment la prise d'échantillons intacts dans des environnements géologiques et topographiques difficiles en vue de réaliser un ensemble d'analyses physico-chimiques, toutes les méthodes de forage ont été investiguées *in situ* (foration au marteau simple, méthode inverse, tubage à l'avancement, carottage classique). Ces méthodes ont démontré que les caractéristiques du sable étaient modifiées, car les grains de sable subissaient des dégradations dues à l'utilisation de ces différentes méthodes, et les courbes granulométriques en étaient faussées. La seule méthode présentant des résultats satisfaisants est la méthode du carottage à câble.

Grâce à sa polyvalence et sa réactivité, l'entreprise Sondador a été retenue. La campagne de sondages s'est déroulée sur plus de deux mois, les sondages ayant été répartis sur deux zones géographiques distinctes – l'une située dans le périmètre rapproché du site de



© DATC

production, la seconde en zone boisée nécessitant la réalisation en interne de plusieurs kilomètres de piste d'accès. Dans le but de préserver les ressources forestières, certaines pistes ont été réalisées perpendiculairement à la pente naturelle du terrain, et ce, malgré des pendages d'environ 45 %.

Sondador a dû composer avec ces difficultés locales en proposant des solutions de carottages verticaux

mais aussi horizontaux. L'emploi de sondages horizontaux (carottés ou destructifs) permet en effet d'accéder latéralement à des gisements sur lesquels la mise en place de la logistique est impossible (pendage trop important, obstacles). Par ailleurs, dans certaines configurations, l'utilisation de sondages inclinés permet d'éviter des profondeurs d'ouvrages verticaux trop importantes.

Face à l'hétérogénéité des couches géologiques et la forte variation de leurs caractéristiques (matrice, dureté), l'élaboration d'une couronne polyvalente s'est révélée incontournable.

Sondafor s'est rapproché du groupe DATC, spécialiste en produits de carottage et de forage, afin d'élaborer et de produire un outil polyvalent permettant de maintenir un taux de récupération

élevé malgré de nombreuses alternances géologiques et des variations de propriétés importantes. C'est au sein du bureau d'études intégré du groupe DATC situé à Besançon que la couronne a été élaborée et produite grâce à une collaboration étroite entre les deux entités.

Sondafor, afin de répondre au cahier des charges, a décidé d'utiliser un carottier Geobor S 146 millimètres triple, permettant une prise d'échantillon intact d'un diamètre de 102 millimètres. Dans le but de réduire les délais, Sondafor a utilisé la méthode *wire line*. L'ensemble des échantillons a été mis en sac conformément aux protocoles préalablement définis (lieu de sondage, date, profondeur...).

Dans le but de ne pas polluer les échantillons, l'ensemble des carottages a été réalisé à l'air, sans fluide de forage.

Sur l'ensemble de la campagne, soit plus de 330 mètres linéaires de carottage, Sondafor a maintenu



Atelier de sondage incliné.

un taux de récupération supérieur à 95 %. Les rares échecs ont été causés par la présence de venues d'eau dans les ouvrages (passage d'eau, nappe perchée).

Au final, malgré les modifications en cours de réalisation (lieu de sondage, angle de foration, azimuth), Sondafor a su s'adapter et répondre aux attentes du client.

Benjamin MOUNIER
Dirigeant Sondafor

Vue échantillon.



© Sondafor

© Sondafor

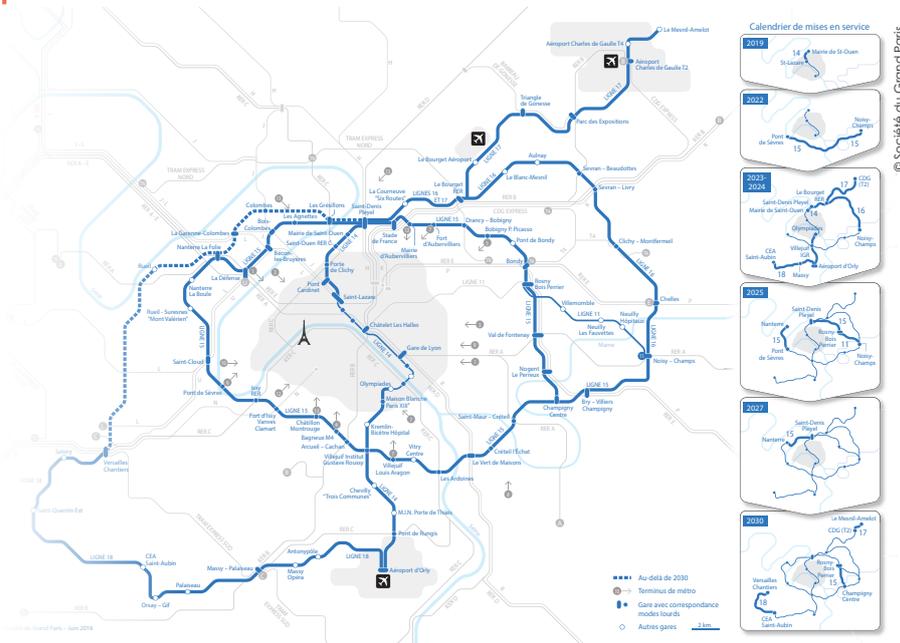


PIEUX BATTUS EN FONTE DUCTILE TUBES PLUG&DRIVE® DE 5,0 M : RAPIDE, SIMPLE, SÛR !

Sarl COULON PIEUX BATTUS | 179 avenue de Paris, 71100 Chalon-sur-Saône, France | Tél. +33 (0)7 85 11 11 85 | contact@pieux-battus.fr | www.pieux-battus.fr

Enjeux géotechniques pour la construction du métro automatique Grand Paris Express

Le Nouveau Grand Paris Le projet du Grand Paris Express



© Société du Grand Paris

Le projet du Nouveau Grand Paris est d'abord un projet d'aménagement du territoire. L'État a affirmé par là sa volonté de valoriser les territoires de l'Île-de-France et d'améliorer la capacité de logement. Ce projet répond à trois enjeux majeurs : améliorer la vie quotidienne des Franciliens (enjeu de qualité de vie), favoriser le désenclavement des territoires (enjeu de solidarité) et leur développement économique (enjeu d'attractivité et d'emploi).

Le Grand Paris Express contribue à structurer ce grand projet d'aménagement de par l'amélioration à court terme du service offert aux voyageurs, la modernisation et l'extension du réseau existant, mais également par la création d'un réseau de transport public automatique qui concerne l'ensemble de l'Île-de-France. Il vise à desservir de nouveaux territoires et à apporter une réponse satisfaisante aux très nombreux voyageurs qui vont quotidiennement de banlieue à banlieue, et qui sont, à ce jour, obligés de transiter par Paris. Il a aussi vocation à relier les différents aéroports à l'ensemble des activités de la région.

Il comporte :

- une rocade de grande capacité, la ligne 15, pour dessaturer la zone dense ;
- des transports automatiques à capacité adaptée pour la

desserte des territoires en développement : ligne 16, ligne 17, ligne 18 ;

- des prolongements de lignes de métro existantes : ligne 14 au nord et au sud ; ligne 11 vers l'est, de Mairie-des-Lilas à Noisy-Champs via Rosny-Bois-Perrier.

Ces lignes représentent 200 kilomètres et 68 gares, découpées en 8 tronçons. L'ensemble, le Grand Paris Express, constitue un réseau très maillé avec les infrastructures de transport existantes (métro, RER, Transilien) afin de fluidifier les échanges à l'échelle de l'Île-de-France. Le schéma d'ensemble de ce projet a fait l'objet d'un décret en Conseil d'État, en août 2011.

Les procédures d'enquêtes publiques sur l'ensemble des lignes ont été validées. Les premières mises en service sont attendues à l'horizon 2022. Trois marchés de génie

civil ont été attribués sur la ligne 15 sud. Les travaux de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart ont démarré avec la réalisation en cours des parois moulées. Les prochains marchés de la ligne 15 sud seront attribués début 2017. La procédure de consultation sera engagée pour la ligne 16 tout au long de l'année 2017, avec pour objectif une attribution des marchés de génie civil pour fin 2017.

Cet article vise à détailler la mission du maître d'ouvrage durant les phases études, au niveau de l'acquisition des données d'entrée géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, et comment ces données ont été ou vont être utilisées, et par quel acteur.

La géologie du Bassin parisien est plutôt bien connue, et, dès les premières études du projet, le MOA disposait d'une base



LOCATION ET ASSISTANCE D'EXCELLENCE.

NOTRE GAMME DE MATÉRIEL: ÉNERGIE - AIR COMPRIMÉ - ÉLÉVATION - MACHINE DE FORAGE.

LYON

15, rue de la Poudrerie
69320 - Feyzin
Tel. +33 (0)437253571
Fax +33 (0)437253572

PARIS

37 Route de Dourdan
91650 - Breuillet
Tel. +33 (0) 781909641

info@giulloc.fr
www.giulloc.fr

Contactez-nous au

N° Indigo 0 820 31 30 64

0,12 € TTC /MN

Phase d'études « Loi MOP »	Phase d'études géotechniques (NF P 94-500)	Natures de la donnée	Dossier à remettre
Études préliminaires	Mission G1	Reconnaisances sur site	Première identification des risques.
Phase d'avant-projet	Mission G2-AVP	Reconnaisances sur site	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences
Phase projet	Mission G2 -PRO	Reconnaisances sur site	Identifications des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences

Tableau récapitulatif des caractéristiques de chacune des phases.

documentaire sérieuse et étoffée sur les formations géologiques intéressées par le projet (BRGM). Mais cette base n'était pas suffisante : des campagnes de reconnaissances ont dû être mises en place, dont certaines toujours en cours de réalisation.

S'ils servent d'abord à définir les paramètres des calculs de dimensionnement des ouvrages, ces résultats doivent permettre aussi d'apprécier le comportement des terrains lors de l'exécution des travaux et les conséquences sur l'environnement, et sur le bâti.

La typologie et l'état de ce bâti sont déterminants pour juger des conséquences des travaux. Des enquêtes détaillées du bâti ont été entreprises, et, pour certaines, sont toujours en cours. Cette partie ne fait pas l'objet du présent article, mais constitue une composante tout à fait prépondérante dans la conception du projet en parallèle de la définition des conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques.

LA GÉOLOGIE, L'HYDROGÉOLOGIE ET LA GÉOTECHNIQUE

But des investigations géotechniques entreprises

Un projet de transport en souterrain est, par essence, en forte interaction avec le sous-sol. De ce fait, afin de réaliser des études de qualité, la meilleure connaissance du sous-sol au sens large est nécessaire. Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires ont donc pour objectif :

- d'établir le modèle géologique du projet ;
- d'établir un modèle hydrogéologique ;
- de caractériser les horizons et faciès rencontrés d'un point de vue tant mécanique qu'environnemental.

Le but est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes » afin d'adapter tant la conception des ouvrages que les méthodes constructives associées à chacune d'entre elles.

ORGANISATION DES ÉTUDES GÉOTECHNIQUES

Les études géotechniques sont régies par la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques. Ces missions sont à mettre en regard des phases d'études de conception définies par la loi relative à la maîtrise d'ouvrage publique, dite « loi MOP ».

C'est toujours au travers d'une organisation rigoureuse, permettant divers niveaux d'expertise, que la Société du Grand Paris compte maîtriser les risques techniques, les coûts et les délais.

À cet effet, elle s'est adjoint, pour chacun des tronçons, les conseils d'assistants à maîtrise d'ouvrage en géotechnique qui ont plusieurs missions : définir et superviser les investigations géotechniques ; interpréter et établir pour le compte de la Société du Grand Paris les missions G1 ; et accompagner la maîtrise d'ouvrage dans ses discussions avec les maîtres d'œuvre vis-à-vis des missions G2. Les résultats factuels de ces investigations géotechniques sont transmis aux maîtres d'œuvre pour une analyse et une interprétation qui lui sont propres.

G1 ET G2 : DOUBLE REGARD SUR CES DEUX MISSIONS

Le but de cette organisation est d'avoir un regard partagé sur l'interprétation des données de sols entre les spécialistes des maîtres d'œuvre et des assistants à maîtrise d'ouvrage géotechnique, afin de concevoir un projet adapté au contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique par une adéquation des méthodes constructives retenues. Par ailleurs, la Société du Grand Paris a mis



© Société du Grand Paris

Injection de sol depuis juin 2016 au Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

en place un comité des travaux souterrains, constitués d'experts indépendants, qui est consulté, en phase conception, dans tous les grands choix techniques liés à la géotechnique et aux méthodes constructives.

DISPOSITIONS MISES EN PLACE EN PHASE TRAVAUX

La norme NF P 94-500 régit aussi la phase de réalisation, et l'impose pour deux missions G3 et G4.

La SGP a prévu d'être accompagnée de spécialistes dans le domaine de la géotechnique via des missions de conseil, assurées par les assistants à maîtrise d'ouvrage en géotechnique, ayant pour objectif de maintenir la vision partagée sur les données géotechniques et les méthodes constructives qu'elle a initiées dès les phases études du projet. De plus, le comité des travaux souterrains pourra être consulté lors de grands choix techniques qui sont liés à la géotechnique et les méthodes constructives.

PRINCIPAUX ENJEUX GÉOLOGIQUES, HYDROGÉOLOGIQUES ET GÉOTECHNIQUES

Le projet de réalisation du réseau Grand Paris Express s'insère majoritairement en souterrain. Des études et des sondages sont entrepris dans ce cadre, avec des enjeux géologiques, hydrogéologiques et géotechniques tels que :

- prendre en compte les cavités d'origine anthropique que sont les anciennes carrières. Le projet passe sous des anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert. Cet enjeu représente l'une des priorités auxquelles les études de conception se sont attachées à répondre.
- éviter au maximum tout impact sur les nappes d'eau souterraine, que ce soit en termes de pollution des eaux, de modification du niveau des nappes, ou de modification de la circulation des eaux.
- identifier et prendre en compte les zones marquées par la

présence de sols évolutifs, dans lesquels des phénomènes de dissolution peuvent avoir eu lieu ou avoir lieu. Cet enjeu est principalement localisé au nord et au nord-est du réseau.

- prendre en compte la présence d'argiles et, par conséquent, un phénomène éventuel de retrait ou de gonflement des argiles.

ENJEUX D'UN PROJET DE TYPE MÉTRO SOUTERRAIN LIÉS À LA PRÉSENCE DE CARRIÈRES

Dès la fin de leur exploitation, ces carrières ont été le siège de mouvements verticaux pouvant entraîner des cloches de décompressions dans les terrains sus-jacents, voire la formation de fontis.

Les carrières à ciel ouvert sont souvent remblayées par des matériaux de mauvaise qualité et présentent l'inconvénient de constituer des terrains de consistance médiocre, sous-consolidés pour la réalisation d'un projet de type métro souterrain. D'une part, la traversée de



CRÉATEURS DE SOLUTIONS

PAROIS MOULÉES / SOUTÈNEMENTS

PIEUX DE FONDATIONS / MICROPIEUX

CLOUS / TIRANTS D'ANCRAGE

REPRISE EN SOUS-CŒUVRE

COMBLEMENT DE CARRIÈRES

TRAITEMENT DE TERRAINS

SONDAGES DE RECONNAISSANCE

JET GROUTING

CONGÉLATION DE SOL

FONDATIONS DE PYLÔNES / ÉOLIENNES

BOTTE Fondations
ZAC du Petit Leroy - 5 rue Ernest Flammarion
94659 RUNGIS Cedex
Tél. : 01.49.61.48.00
bottefondations@vinci-construction.fr // www.botte-fondations.fr



ces terrains meubles peut perturber le bon avancement du tunnelier, et ensuite son passage dans des terrains sous-consolidés peut engendrer des tassements en surface difficilement compatibles avec la présence de bâtis de surface.

Les anciennes carrières souterraines constituent des ouvrages fragiles. Le passage du tunnelier ou la réalisation de travaux à proximité de ces dernières, et donc la modification du milieu en termes de contraintes, dans le sol notamment, peut engendrer la remise en cause de l'équilibre parfois précaire des carrières. Ainsi, la réalisation d'un projet de type métro souterrain à proximité d'anciennes carrières souterraines est susceptible de créer des désordres sur ces dernières, engendrant des décompressions dans le sol, et donc des tassements pouvant remonter en surface et impacter le bâti situé à l'aplomb des zones concernées. Il est important de souligner que le risque lié aux carrières sur un chantier de type métro provient essentiellement de carrières qui n'auraient pas été identifiées préalablement au chantier.

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX DÈS LA CONCEPTION

De façon générale, le tracé en plan du projet a cherché autant que possible à éviter la traversée de zones de carrières en s'en éloignant au maximum, lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée :

Pour les carrières à ciel ouvert remblayées, le profil en long du tunnel est adapté afin que l'épaisseur de terrain au-dessus de la voûte du tunnel soit suffisante pour que les tassements soient non significatifs concernant le bâti sus-jacent. En cas de remblaiement très médiocre de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains peuvent être mis en place. Les études ont permis pour les tronçons les plus avancés à d'identifier et à caractériser ces remblais afin d'adapter au mieux le passage du tunnelier dans ces zones.

Pour les carrières souterraines, le profil en long du tunnel est



© Société du Grand Paris
Déviations de réseaux à Villejuif Louis Aragon de juillet 2016 à mi-2017.

ajusté afin de le faire passer sur la majorité des zones concernées en dessous de ces dernières. En effet, le passage au travers d'une carrière souterraine est délicat, du fait de son équilibre précaire, du manque d'homogénéité des terrains traversés et de leur mauvaise qualité. Il doit donc se cantonner à des linéaires très faibles nécessitant, de ce fait, des confortements préalables lourds. D'autre part, pour une grande partie du tracé l'épaisseur de terrain n'est pas suffisante pour faire passer le tunnel au-dessus de la zone de carrières souterraines.

MESURES MISES EN ŒUVRE

Les mesures mises en œuvre, ou à mettre en œuvre selon la phase, pour supprimer le risque de désordre sur les bâtis et les ouvrages souterrains dans la zone d'influence du projet et des carrières, sont les suivantes :

- en phase études : investigations des anciennes carrières avant le chantier afin de reconnaître leurs limites, leurs épaisseurs, la nature des remblais de comblement et de définir l'état de la carrière.
- par ailleurs, un suivi avec instrumentation sera mis en place, déclenchant en fonction de seuils de pilotage des mesures correctives ; pour certains ouvrages, une méthode observationnelle pourra être mise en place.

Deux grandes techniques existent : injection depuis la surface grâce à des forages afin de combler les carrières avant la réalisation du tunnel ; et traitement à pied d'œuvre.

Et afin de vérifier l'efficacité du renforcement des carrières, des sondages de contrôle des traitements des carrières seront réalisés.

NAPPES ET CIRCULATIONS SOUTERRAINES

Le projet Grand Paris Express, de par sa profondeur, va se situer majoritairement sous nappe. Sa réalisation est donc susceptible de générer différents phénomènes tels que la modification du niveau de la (des) nappe(s) ; modification des écoulements : « effet barrage » et la pollution d'une nappe par mise en communication, du fait de la réalisation de l'infrastructure, avec une nappe polluée. Le projet Grand Paris Express va traverser différents aquifères ayant leur propre système hydrogéologique : sens d'écoulement, puissance de l'aquifère, perméabilité. Chaque aquifère ne répondra pas de la même façon à la réalisation de ce projet.

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX DÈS LA CONCEPTION

Modification du niveau de la (des) nappe(s)

Le tunnel n'impacte pas (ou peu) le niveau des eaux souterraines. En effet, la technique du tunnelier permet de contrecarrer la pression hydrostatique au front, limitant grandement les venues d'eau. Pour les gares et tranchées couvertes, la méthode constructive « enceinte étanche » en parois moulées est majoritairement retenue, ce qui limite les venues d'eau horizontales. En fonction des conditions géologiques, de la sensibilité de la zone en termes environnementaux, il peut également s'avérer nécessaire de limiter au maximum les venues d'eau par le fond de l'enceinte étanche. Pour cela, un bouchon injecté en sous-face du radier serait réalisé. Dans le cas de terrain imperméable en fond de fouille, ou de bouchon injecté, l'eau extraite en phase chantier se limite

au volume d'eau contenu dans la gare (vidange de l'enceinte), ainsi que des venues d'eau résiduelles ; l'évacuation de ces dernières est toutefois non significative au regard du niveau de la nappe baignant l'ouvrage.

Certaines gares peuvent être réalisées en technique mixte, associant la réalisation d'un puits en parois moulées, présentant les mêmes caractéristiques que présentées plus haut, et le reste réalisé en souterrain, en méthode traditionnelle. Cette technique est utilisée lorsque des contraintes de surface ne permettent pas de réaliser la gare à ciel ouvert.

La partie puits est similaire au cas d'une enceinte étanche. Lorsque la partie souterraine est sous nappe, un traitement de terrain ou des pompages en phase chantier pourront s'avérer nécessaires ; aussi, quand le contexte géologique ou environnemental ne permettra pas d'abaisser le niveau de la nappe pour le creusement, un traitement d'étanchéité des terrains sera mis en place par injection ou *jet grouting*, voire de congélation, afin de limiter au maximum l'impact des travaux sur le niveau piézométrique de la nappe en présence.

EFFET BARRAGE

L'effet barrage induit par la réalisation de l'infrastructure est fonction du sens d'écoulement de la nappe dans laquelle s'insère cette dernière. Cet effet se manifeste par l'abaissement du niveau piézométrique en aval de l'obstacle à l'écoulement, et une augmentation du niveau piézométrique en amont de ce dernier. Certaines gares ou tranchées couvertes peuvent induire un effet barrage non négligeable, qui nécessite la mise en œuvre de mesures spécifiques. Des modélisations hydrogéologiques ont permis d'identifier les ouvrages ou portions d'infrastructures concernés, de quantifier cet effet, et d'estimer le réel impact des ouvrages du métro souterrain sur le niveau des nappes afin de prendre d'éventuelles dispositions pour limiter ce phénomène. Il existe différents dispositifs permettant de lutter contre cet

effet de barrage parmi lesquels : recépage des têtes de parois moulées, tranchées drainantes, siphons...

PHÉNOMÈNE DE DISSOLUTION DU GYPSE ANTÉLUDIEN

Le gypse, sulfate de calcium dihydraté, est présent, en quantité plus ou moins importante dans certaines formations sédimentaires présentes sur le tracé du Grand Paris Express.

Ce minéral, selon sa forme, peut être affecté par un mécanisme de dissolution en présence d'eau non saturée. Ce phénomène peut ainsi entraîner soit une dégradation diffuse des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, soit la création de vides de dissolution accompagnés de décompressions des terrains sus-jacents et/ou dans le cas extrême, d'apparition de fontis en surface. Ce phénomène fait l'objet de plusieurs plans de prévention des risques sur l'ensemble de la région Île-de-France.

ENJEUX D'UN PROJET DE TYPE MÉTRO SOUTERRAIN LIÉS À LA DISSOLUTION DU GYPSE

Les enjeux sont de deux natures : La présence préexistante de zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol est potentiellement à l'origine des mêmes enjeux que les carrières souterraines d'origine anthropique.

Dans ce cas particulier, la réalisation d'un projet de type métro souterrain est susceptible, de par la modification éventuelle du régime d'écoulement des nappes d'eau souterraine, d'activer ou de réactiver le mécanisme de dissolution du gypse dans les zones marquées au sein desquelles le sol en contient. La création de ces vides pouvant avoir des impacts à court terme sur les travaux en cours de réalisation, nécessitant une adaptation des méthodes constructives au niveau des gares, ainsi qu'à long terme sur le bâti situé dans la zone d'influence hydrogéologique du projet.

Une difficulté réside, pour l'appréciation et la maîtrise des risques liés à l'aléa, dans le caractère diffus du gypse dans les formations géologiques. La Société du Grand

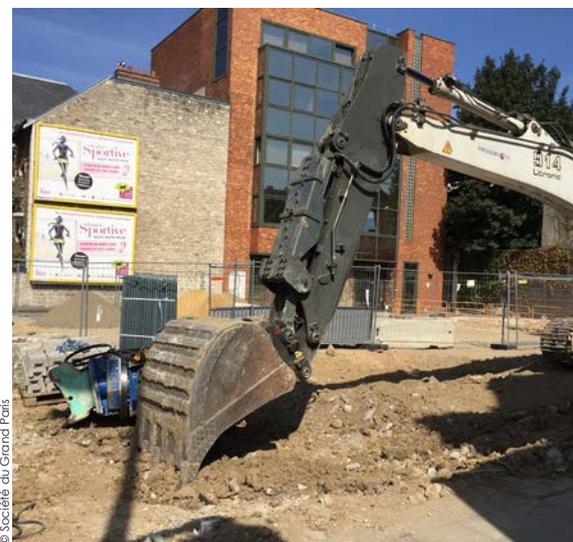
Paris a initié un projet de recherche, avec le CEREMA et l'INERIS, en partenariat avec l'IGC et la DRIEE, visant à améliorer la connaissance du mécanisme géochimique de dissolution.

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX DÈS LA CONCEPTION

Dans un premier temps, afin de maîtriser les effets de la présence de gypse, les mesures suivantes ont été mises en œuvre dans les zones concernées :

- reconnaissances adaptées avant le chantier, en phase études : le but est de caractériser le massif et de repérer la présence de gypse ainsi que d'éventuelles décompressions ou vides. Si des anomalies sont repérées, il pourrait être nécessaire de traiter les vides par injection, selon leur taille et la sensibilité de la zone d'influence du creusement.
- dans un deuxième temps, afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet Grand Paris Express prévoit de limiter au maximum l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes dans les zones susceptibles de développer ce phénomène.

La conception et les mesures adoptées pour limiter cet impact sont donc celles décrites en début d'article, récapitulant les méthodes constructives à mettre en œuvre pour ne pas perturber le niveau piézométrique et les sens d'écoulement des nappes.



© Société du Grand Paris

Travaux sur Châtillon-Montrouge.

RETRAIT ET GONFLEMENT DES ARGILES

Certaines argiles voient leur consistance se modifier en fonction de leur teneur en eau. Ces variations de consistance s'accompagnent de variations de volume, dont l'amplitude peut s'avérer très importante.

Les variations de volume générées par le retrait des argiles provoquent des tassements qui se manifestent par des désordres sur les ouvrages. *A contrario*, le phénomène de gonflement peut provoquer des soulèvements ou des surcontraintes.

En général, ces phénomènes se produisent à proximité de la surface, où la teneur en eau des argiles est soumise à de fortes variations liées à la météorologie, mais aussi à la végétation ou à l'activité humaine.

Ce phénomène fait l'objet de plans de prévention des risques en Île-de-France.

LES IMPACTS D'UN PROJET DE TYPE MÉTRO SOUTERRAIN SUR LE RETRAIT/GONFLEMENT DES ARGILES

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de retrait/gonflement des argiles en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraine.

Par ailleurs, la réalisation de terrassements à ciel ouvert est susceptible d'exposer des argiles aux aléas météorologiques, alors qu'elles étaient jusqu'à présent protégées, favorisant également leur retrait/gonflement. Le projet du Grand Paris Express recoupe

plusieurs formations géologiques argileuses considérées comme fortement sensibles (argiles vertes, argiles plastiques...).

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX DÈS LA CONCEPTION

Le projet du Grand Paris Express traverse les argiles vertes à l'est de Paris ; les gares traversent cette couche et s'ancrent plus bas. Par conséquent, du fait des méthodes constructives retenues (parois moulées), les argiles vertes ne sont jamais exposées aux intempéries. L'impact lié au retrait/gonflement des argiles vertes est donc quasi nul. Quant à la partie courante, le tunnel s'inscrit systématiquement sous cette couche, l'impact est donc nul, lui aussi.

Pour la partie en section courante située entre Arcueil, Cachan et Fort d'Issy, le tunnel s'inscrit partiellement dans la couche d'argiles plastiques qui se situe en profondeur. Comme mentionné précédemment, la réalisation du tunnel au tunnelier perturbe peu les conditions hydriques des argiles plastiques : le phénomène de retrait/gonflement des argiles plastiques est donc quasi nul pour cette partie.

Concernant les gares ancrées dans les argiles plastiques, lors des terrassements en phase chantier, des précautions particulières pourront être mises en place en cas d'intempéries, le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des argiles.

Pour la phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour faire face au potentiel

retrait des argiles/marnes du fait de l'isolement hydrique des argiles/marnes encagées entre les fiches de parois moulées et le radier ; les radiers seront également dimensionnés pour reprendre le potentiel « gonflement » des argiles, principalement dû à une décompression différée des argiles du fait des terrassements.

CAMPAGNES DE RECONNAISSANCES

Les campagnes de reconnaissances G1 sont terminées sur l'ensemble du Grand Paris Express, tout comme les campagnes G2 phase avant-projet (excepté pour la ligne 15 est qui démarre les travaux de sondages). Les campagnes G2 phase projet sont, pour certains tronçons, terminées (ligne 15 sud) ou en cours. Ce sont les problématiques rencontrées le long du tracé qui ont dicté le type de reconnaissances à effectuer.

Au total, pour un tracé de 200 kilomètres et comprenant 68 gares (partie sous maîtrise d'ouvrage SGP), la campagne d'investigations géotechnique a compris :

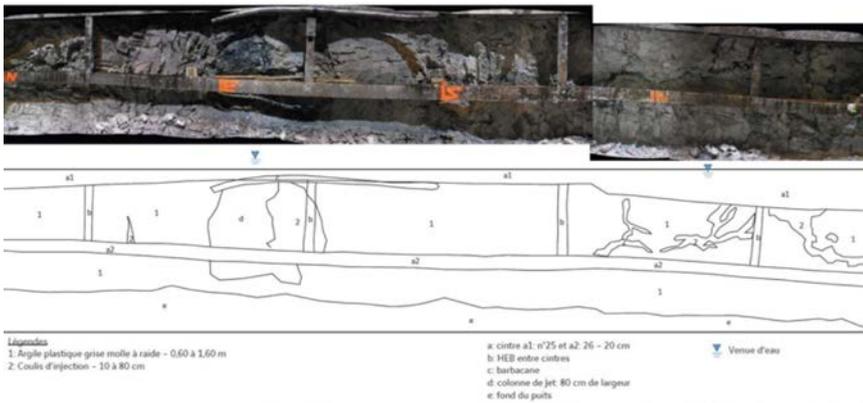
- 1 695 sondages carottés dans lesquels ont été prélevés un grand nombre d'échantillons intacts pour la réalisation d'essais en laboratoire ;
- 1 545 sondages pressiométriques avec un essai pressiométrique tous les 1,50 mètre ; des essais cycliques ont également été réalisés pour certaines formations, ainsi que des essais dilatométriques ;
- 1 205 forages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage ;
- 315 sondages à la tarière ;
- 75 sondages CPT ont également été réalisés ;
- 1 066 piézomètres ont été posés pour suivre les niveaux de nappes ; certains piézomètres sont posés depuis 4 ans ;
- 35 essais de pompages ont à ce jour été réalisés ;
- 3 puits de reconnaissances grandeur nature ont été réalisés sur la ligne 15 sud ; un autre va démarrer sur la ligne 16, courant 2017.

La profondeur des sondages varie de 20 à 95 mètres de profondeur, avec une profondeur moyenne s'établissant aux alentours de 45 mètres.



© Société du Grand Paris

Sondages en Seine au Pont de Sèvres en 2015.



© Société du Grand Paris
Coupe géologique du puits – Argiles plastiques – Puits Arcueil - Cachan.

L'espacement moyen entre sondages, à la fin de l'ensemble des phases de sondages, s'établit à environ 70-100 mètres hors ouvrages annexes, en zone courante pouvant être réduite en zone singulière. Au niveau des gares, le nombre de sondages est compris entre 15 à 25 sondages.

Le projet Grand Paris Express ayant un développé important en termes de tracé, et un planning d'études contraint, six entreprises de travaux de forages ont mené et mènent encore à bien ces investigations, avec en moyenne 20 à 30 machines par mois le long des 200 kilomètres de tracé. Ces inves-

tigations font l'objet d'un contrôle réalisé par l'assistant à maîtrise d'ouvrage géotechnique de la SGP afin de garantir la qualité et l'homogénéité de ces dernières.

Le but de ces reconnaissances conséquentes menées dès la phase G1 et poursuivies en phase G2, est de permettre de stabiliser au plus tôt le modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique le long du tracé afin de statuer sur les méthodes constructives.

Il est reconnu que l'occurrence de désordres et accidents graves en travaux souterrains est inversement proportionnelle à la quantité et à la qualité de reconnaissances

engagées lors des phases d'études. La Société du Grand Paris a donc, au vu de l'échelle du réseau, décidé d'engager d'importantes investigations géotechniques dès les phases amont, ceci dans le but de maîtriser les risques.

Cette maîtrise des risques est au cœur de l'organisation des études via de multiples regards partagés sur les sujets techniques majeurs (bâti, géotechnique, méthodes constructives). La Société du Grand Paris a l'objectif d'étendre cette culture de la maîtrise des risques à l'ensemble de ses partenaires (conduite d'opération, maîtres d'œuvre, entreprises).

Le Grand Paris Express est donc un projet d'envergure de par de nombreux aspects : les investigations géotechniques entreprises en sont un ; elles sont à la hauteur de la volonté de la Société du Grand Paris de maîtriser les risques techniques.

Vincente Fluteaux

Société du Grand Paris
 Unité infrastructures et
 méthodes constructives

NOUVEAU!

APAFOR® 120

Légère et compacte, idéale pour travailler en zones confinées

Essais préssiométriques : (h)

Echantillonnages : (h)

Micro-pieux : (h)



APAGEO

MATÉRIELS & SERVICES

pour la géotechnique, le forage et le laboratoire



900 KG

5 rue Salvador Allende 78114 Magny-les-Hameaux - Tel: 01 30 52 35 42 - Fax : 01 30 52 30 28 - www.apageo.com



ERG a monté ses équipements sur barge afin de reconnaître les fondations de l'ancien pont de Sèvres.

Grand Paris Express : le grand rendez-vous de la géotechnique

Le projet pharaonique est d'abord le terrain d'expression des géotechniciens : sondages, mesures, essais, caractérisations mécaniques et chimiques, élaboration des synthèses géotechniques, ils sont en première ligne sur tous les fronts. La profession, grandement représentée au sein du bureau géotechnique de SYNTEC INGENIERIE, s'est d'ailleurs mobilisée comme jamais peut-être auparavant pour relever les défis de ce qui s'affirme comme le plus grand chantier géotechnique mené en France.

Le Grand Paris Express est sans doute le projet du siècle. Imaginez ! Il s'agit ni plus ni moins que d'impulser un nouvel urbanisme pour la première région française, en s'appuyant sur un réseau de transport performant desservant Paris, mais aussi la proche banlieue, et certains pôles prioritaires du développement régional. Le Grand Paris Express n'est rien de moins que le chaînon manquant d'un réseau ferroviaire qui, majoritairement, arrive et part de Paris.

Le futur métro automatique adopte une logique de boucles. La première (la ligne 15) déborde

au près des limites de la ville de Paris, telle qu'elle est actuellement définie, pour relier La Défense à Saint-Denis, Rosny-Sous-Bois, Champigny, Villejuif et au pont de Sèvres, avant de refermer la boucle jusqu'à La Défense. Deux autres boucles, plus éloignées, développent le tracé en « grande banlieue », au nord et à l'est, ainsi qu'au sud et à l'ouest. Ces deux boucles intègrent les aéroports de Roissy (ligne 17) et d'Orly (ligne 14), ou les villes de Sevrans, Noisy-le-Grand (ligne 16), d'un côté, et Orsay ou Versailles (ligne 18), de l'autre. Et ce ne sont que quelques

exemples des communes concernées. Les 200 kilomètres de voies nouvelles – créées en souterrain à près de 85 % – seront desservies par 68 nouvelles gares, elles aussi essentiellement enterrées.

ÉTUDES ET TRAVAUX MENÉS DE CONCERT

Le Grand Paris Express ne se construira pas en un jour. La mise en service de la totalité des tronçons est prévue à l'horizon 2030. L'échéance semble ambitieuse au vu de l'importance du projet et de son état d'avancement : les procédures préliminaires s'achèvent

tout juste. Début septembre, lors d'une conférence de presse, Philippe Yvin, président de la Société du Grand Paris (SGP), chargée de la concrétisation du Grand Paris Express, annonçait que le cycle des enquêtes publiques avait pris fin en juin 2016. Au printemps 2017, ce sera au tour des déclarations d'utilité publique (DUP) d'être toutes bouclées.

En parallèle, les chantiers débutent. Les premiers travaux préparatoires sont lancés, notamment pour les terrassements préliminaires et la déviation des réseaux. Pour ce qui est du génie civil, la ligne 15 sud mène la course en tête. « D'ici juin 2017, 14 de ses 16 gares et 20 de ses 38 ouvrages annexes seront en chantier », poursuit Philippe Yvin.

Côté études, l'avancement est très variable d'une ligne à l'autre. Il est vrai que les derniers marchés d'investigations géotechniques viennent tout juste d'être attribués (voir 1^{er} encadré). Il en résulte que certaines lignes sont beaucoup plus avancées dans



Carottage à Créteil avec pose d'un équipement piézométrique à 37 mètres de profondeur.

© Fondouest / Stéphane Dévès

Savoir faire la différence



• Géotechnique

micropieux, parois clouées et berlinoises, confortement de sol par injection, injection de carrière

• Auscultation d'ouvrages

piézomètres, pendules, drains...

Intervention France entière

RÉSIREP Agence Saint-Étienne - rue Jean Berthon - ZI de la Vaure, 42290 Sorbiers - Tél : 04 77 53 69 29

RÉSIREP Agence Toulouse - ZI rue de la Rivière - 31650 Saint-Orens-de-Gameville - Tél : 05 61 00 08 60

RÉSIREP Agence Montpellier - 896 Avenue du Moulin de la Jasse - 34750 Villeneuve-les-Maguelone - Tél : 04 67 69 23 72

Vos contacts

Yves BADAROUX - Tél. : 06 32 54 09 00 - yves.badaroux@eiffage.com

Yannis TORNERO - Tél. : 06 33 74 56 12 - yannis.tornero@eiffage.com

EIFFAGE
RÉSIREP
www.resirep.com



Les sondages se déroulent souvent dans l'immédiate proximité des habitations.



Sondage ERG dans le parc de Saint-Cloud.

leur définition que d'autres. « On compte trois phases d'étude de conception : l'avant-projet A, l'avant-projet B, plus précis, et le Pro qui finalise le projet et qui servira de base pour le dossier de consultation des entreprises en vue de l'exécution des travaux. La ligne 18, Orly – Versailles, en est ainsi au stade de l'avant-projet A, tandis que pour la ligne 16 Est, plus avancée, on en est au stade Pro », explique Jacques Robert, Risk Manager chez Arcadis, qui fut le premier assistant du maître d'ouvrage pour la géotechnique dès l'origine du projet.

« Certaines échéances proches interdisent parfois tout décalage. Ainsi, le ripage d'un ouvrage ferroviaire programmé pour août 2017, a dicté la cadence de réalisation de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart, sur la ligne 15 sud-ouest », souligne Hervé le Bissonnais, directeur général délégué de Terrasol. En l'occurrence chargé de la géotechnique au sein du groupement de maîtrise d'œuvre Setec/Ingérop, Terrasol intervient, selon les lots, en tant qu'assistant maîtrise d'ouvrage (AMO) en géotechnique, maître d'œuvre (aux côtés de Setec TPI), ou encore bureau d'études.

LE PLUS GRAND CHANTIER GÉOTECHNIQUE EN COURS

« Le Grand Paris Express est le plus grand projet géotechnique mené en France actuellement, devant celui de l'Andra, d'enfouissement des déchets radioactifs à Bure », estime Éric Antoinet, ingénieur Antea, assistant maître d'ouvrage géotechnique. « De plus, ses gares et le tracé de ses lignes se développent à grande profondeur, car il faut tenir compte des réseaux existants. On a d'abord construit les égouts à faible profondeur, puis les lignes de métro, puis les RER, puis les nouvelles lignes de métro, toujours plus profondément. Le Grand Paris Express arrive en dernier. » Des profondeurs où les retours d'expériences sont plus rares, et dont les horizons géologiques sont moins bien connus.

Et les ennemis naturels de ce type de travaux sont nombreux. Le gypse, par exemple, que l'on trouve surtout au nord et à l'est du tracé, est redoutable. D'abord parce qu'il est soluble dans l'eau, ensuite parce qu'il est à l'origine de l'alcali-réaction, qui altère et peut affecter la résistance des bétons. L'argile, dont on trouve des traces partout à l'exception du nord, n'est guère plus favorable. Il complique largement le creusement, et, surtout, le dimensionnement des ouvrages. Il peut aussi être hydrophile et perturber les travaux par son gonflement. Tout aussi globalement, la présence de nappes d'eau modifie également du tout au tout l'approche constructive.

Pourtant, le Grand Paris Express n'échappe pas à la règle qui veut qu'un tracé s'affranchisse le plus possible des problèmes géotechniques. Ainsi : « Au niveau du plateau de Vanves-Bagneux-Arcueil, la ligne 15 sud rencontre sur 6 kilomètres des carrières de calcaires grossiers – qui ont construit Paris au XIX^e siècle. Après investigations et études approfondies, la décision a été prise de passer en dessous de ces carrières. Avec pour conséquence d'enterrer encore plus profondément ligne et gares sur cette section », précise Hervé Le Bissonnais.

UNE MOBILISATION À LA HAUTEUR DES ENJEUX

Les sommes en jeu sont conséquentes. Le budget d'études et d'investigations géotechniques « se chiffre en centaines de millions d'euros », estime Jacques Robert, Risk Manager Arcadis. Les seuls sondages et mesures ont sensiblement dépassé 100 millions d'euros sur la période mi-2012 – mi-2016.

Le nombre de sondages dépasse aussi les chiffres habituels. Selon les estimations, plus de 4 000 unités auraient déjà été réalisées. Ginger CEBTP, chargée des investigations géologiques sur des tronçons des lignes 16 et 17, a déjà, à elle seule, effectué 1 000 sondages en quatre ans pour une longueur cumulée de 50 000 mètres !



Sondages au cimetière de Bagneux.

Face à un chantier d'une telle ampleur, la mobilisation des entreprises nationales est importante. Les plus grandes et aussi de plus petites, telles qu'ERG, mandataire, et Fondouest qui ont groupé leurs moyens pour obtenir l'adjudication de lots sur la ligne 15 sud, ainsi que sur les lignes 16 est et 17 nord-est. « Participer à ce chantier nous a tous hissés vers le haut », déclare François Mayeux, président d'ERG. « Sans cette union, nous n'aurions pu aligner les hommes et les machines nécessaires », reconnaît Gérard Baudry, président de Fondouest. D'autres

UNE SUPERVISION FINALISÉE

Commencée en 2010, la mise en place de « l'encadrement » des travaux géotechniques vient d'être finalisée en 2016. Dans un premier temps, la Société du Grand Paris et son assistant maître d'ouvrage général (le groupement Artémis composé d'Arcadis, Artelia et BG Ingénieurs Conseils) se dotent d'un assistant maître d'ouvrage géotechnique en la personne (morale) d'Arcadis.

De 2010 à 2011, la SGP lance les consultations pour quatre lots de maîtrise d'œuvre. Les premiers groupements d'entreprises de sondage seront ensuite sélectionnés pour effectuer les sondages géologiques. En 2015, la même démarche est initiée pour les quatre lots suivants, qui aboutira, avec la vague d'attribution de 2015-2016, à la structure actuelle, à savoir : huit lots distincts avec, à chaque fois, un assistant maître d'ouvrage géotechnique, un maître d'œuvre, et un groupement d'entreprises chargé de l'acquisition des données géotechniques.

ont mis en place une structure particulière, comme Ginger CEBTP qui a monté sa « base PME » employant 50 personnes à Villepinte (Seine-Saint-Denis), ou Fondasol qui a choisi Gennevilliers. « Nous y avons installé une agence indépendante du siège d'Argenteuil. Le travail ne manque pas, ne serait-ce qu'avec les contrats SGP obtenus sur la ligne 15 ouest, la ligne 18 sud, et, plus récemment, sur la ligne 15 sud. Toutefois, le défi demeure de faire vivre la structure sur le long terme », indique Nicolas Rodriguez, directeur de l'agence Fondasol Grand Paris.

UN DÉPLOIEMENT DE TECHNIQUES HORS DU COMMUN

Les travaux de reconnaissances géotechniques ont sans doute mis en œuvre la totalité des techniques d'acquisition de données. La mission de sondages et mesures de Fugro Géoconsulting SAS sur le lot de la ligne 15 sud donne, à elle seule, un bon aperçu de cette diversité. Forages destructifs avec essais au dilatomètre, mesure de radioactivité naturelle (RAN), cross-hole, carottage, essais pressiométriques à 80 bars, essais d'eau type Lefranc et Lugeon, mise en place de piézomètres avec suivi mensuel du niveau d'eau, réalisation de puits de pompage pour caractérisation de la nappe, pénétromètre statique simple ou, et c'est plus rare en France, accompagné de mesure de la pression interstitielle. « Plus développée dans les pays anglo-saxons, cette technique d'acquisition requiert une plus forte poussée pour mesurer la pression de l'eau dans les interstices de la roche », explique Eric Dissler,

UN MILIEU « MINÉ »

Sonder en région parisienne n'est pas une sinécure. Plus que les obstacles physiques, l'organisation du chantier, la gestion des équipes et des matériels, l'obtention des autorisations constituent une contrainte de premier plan, « Il nous a fallu jusqu'à deux ans de préparation, d'allers et retours avec le maître d'ouvrage avant d'accomplir deux semaines de travaux sur un aéroport », souligne Michel Khatib, directeur Grands Projets de Ginger-CEBTP. Et les zones « sensibles » ne manquent pas. À commencer par les aéroports d'Orly ou de Roissy, surtout dans le contexte sécuritaire actuel. « Il n'est pas tout à fait naturel pour un gestionnaire aéroportuaire de voir évoluer des machines de forage dans des aires dédiées à la circulation des avions ! », reconnaît un géotechnicien, compréhensif. Le quartier de La Défense ou le Stade de France sont eux aussi bien placés sur l'échelle de la difficulté. Viennent ensuite les terrains délicats de par leur fonction, tels que les parcs ou les cimetières. Et, enfin, la multitude de communes où opposition politique au projet et souhait de préserver la quiétude des riverains se combinent parfois pour retarder les autorisations de travaux.

directeur commercial de Fugro Terrestre et Littoral. Le groupe Géotec va lui aussi recourir à une technique peu courante, et à grande échelle ! Sur la ligne 14 sud, il a réalisé près de 1 000 essais pressiométriques cycliques qui permettent de déterminer la déformabilité des terrains avec une plus grande précision que les essais pressiométriques simples.



Les équipes de Ginger CEBTP ont réalisé jusqu'à 22 forages simultanément pour le chantier du Grand Paris Express.



© Fondasol

La foreuse Beretta a dû être intégralement démontée pour passer la trappe d'accès à la gare « fantôme » de La Défense, une gare souterraine inutilisée qui doit prendre du service avec le Grand Paris Express.

« Nous suivons également trois puits : Boulogne-Billancourt, Saint-Maur et Aulnay-sous-Bois. Sur ce dernier, dont le terrassement débute tout juste, le puits vertical est prolongé par deux rameaux horizontaux consolidés, respectivement, par jet grouting et congélation des sols. L'instrumentation (inclinomètre-tassomètre, inclinomètres horizontaux, pressiomètre, extensomètre, et contrôle des températures) et son analyse devront permettre de départager les deux techniques », explique Olivier Barnoud, directeur général du groupe Géotec.

De manière plus générale, la profondeur des ouvrages est telle que les sondeurs sont conduits à forer fréquemment sur près d'une centaine de mètres. Voire plus profondément, comme c'est le cas à la gare du Kremlin-Bicêtre, sur la ligne 14 sud, où les carottages, réalisés par Geotec, atteignent 110 mètres.

UNE CARACTÉRISATION MÉCANIQUE ET CHIMIQUE

Comme il se doit, les données et échantillons recueillis sur le terrain

font l'objet de tests en laboratoire. Objectif : déterminer la granulométrie, la nature et les caractéristiques mécaniques des sols afin de pouvoir établir des coupes de terrain et dimensionner les ouvrages. La caractérisation mécanique des sols s'accompagne dans certains cas d'une caractérisation chimique, au droit des gares en particulier. Là, il s'agit d'identifier la présence de « poches » de pollution qui sont le plus souvent situées à de faibles profondeurs.

L'enjeu est d'importance, car le traitement des terrains peut renchérir considérablement le coût des travaux. Même lorsqu'il s'agit d'une pollution naturelle, comme ce fut le cas avec l'antimoine sur le métro de Rennes.

Parallèlement, la caractérisation est déterminante pour l'affectation de l'énorme masse des déblais de chantier. Au total, ce sont plus de 20 millions m³ de matériaux qui seront générés par le creusement des tunnels et la construction des gares. Quelle proportion devra être mise en décharge ou au contraire valorisée dans les



© ERG

Sondages dans les rues de Cachan.

couches de remblais, ou, mieux, dans la fabrication de béton ?

« Compte tenu de la nature des sols rencontrés, on ne pourra valoriser qu'une faible part des déblais. Sans doute pas plus de 20 %, pour donner un ordre de grandeur », conclut Jacques Robert, également président du bureau géotechnique de Syntec-Ingénierie.

Philippe Morelli

BOTTE FONDATIONS et la ligne 14 : une affaire qui dure...

Présente depuis de longue date sur les chantiers de métros, la société BOTTE FONDATIONS se positionne comme un acteur incontournable des futurs chantiers du Grand Paris Express. Son expérience, son modèle d'organisation et son appartenance au groupe VINCI, spécialiste des travaux souterrains, lui permettent de répondre aux exigences les plus élevées en matière de technicité, de qualité et de sécurité.

Les nombreuses références de l'entreprise, ses investissements réguliers en matière de formation, ou encore l'achat et le développement de nouveaux matériels permettent à Botte Fondations de disposer d'un véritable savoir-faire en conception-réalisation des stations et puits des lignes de métro.

Après la construction de la station Clichy – Saint-Ouen, sur la ligne 14 du métro parisien, ses équipes sont désormais à pied d'œuvre pour construire un puits d'accès à la station Olympiades, sur cette même ligne.

STATION MAIRIE-DE-SAINT-OUEN : CONGÉLATION DU SOL POUR UNE SÉCURITÉ ET UNE QUALITÉ OPTIMALES

En décembre 2014, la RATP a confié le lot 3 du prolongement de la ligne 14 au groupement composé de Dodin Campenon Bernard (filiale de VINCI Construction), Chantiers Modernes Construction, Sogea TPI, Botte Fondations (toutes filiales de VINCI Construction France).

Cet important marché comprend la réalisation des travaux de génie civil de la station Mairie-de-Saint-Ouen, dès le printemps 2019.

Situé en milieu urbain dense, le projet représentait de nombreuses contraintes techniques : travaux de grande profondeur, présence de nombreuses infrastructures souterraines préexistantes... Pas de quoi effrayer les équipes de Botte Fondations qui ont l'expérience des chantiers de métros avec une quinzaine de stations et puits d'accès réalisés ces cinq dernières années à Paris, mais également à



Sur ce chantier de la station Mairie-de-Saint-Ouen, Botte Fondations réalise des travaux d'injection et de fond d'injection, des parois au coulis et des parois moulées de profondeur, du jet grouting...

MATÉRIELS UTILISÉS STATION OLYMPIADES

Technique de forage :

- 7 panneaux de 3 m et 27 m de profondeur réalisés à l'aide d'un cutter BC-32 avec un porteur MC-64 pour passer le calcaire grossier.
- 4 panneaux de 7,80 m d'une profondeur de 11 m
- 5 barrettes d'une profondeur de 12 m réalisées à la benne à câble.

© Normane Mezrougui / BOTTE FONDATIONS



PRINCIPAUX INTERVENANTS STATION OLYMPIADES

- **Maître d'ouvrage** : RATP
- **Nature de l'opération** : accès secondaire
- **Année de livraison** : 2018
- **Groupement** : Demathieu et Bard (mandataire), Botte Fondations et TPI (VINCI Construction France)

CHIFFRES CLÉS STATION OLYMPIADES

- **Surface forée** : 1 000 m²
- **Poids armatures** : environ 84 t
- **Volume béton coulé** : 800 m³
- **Profondeur maximale des forages** : 27 m

Chantier au niveau de la station Olympiades.

Lyon et à Rennes où l'entreprise est très présente sur le développement des nouvelles lignes.

Les travaux de la station Mairie-de-Saint-Ouen concernent, pour l'essentiel, des techniques bien maîtrisées par les équipes de Botte Fondations mais peu répandues sur le marché telles que les travaux d'injection et de fond d'injection, les parois au coulis et parois moulées de grande profondeur (de 1,20 mètre à 45 mètres), le soutènement, le jet grouting.

RETOUR SUR L'UTILISATION D'UNE TECHNOLOGIE DE CONGÉLATION SURPRENANTE

Pour assurer la liaison entre le corps de station (CSO) et la baie d'aération mécanisée (BAM) sous les voies du RER C, un ouvrage cadre sera réalisé en sous-œuvre à l'abri d'une coque étanche.

La partie supérieure de cette coque, située dans les calcaires de Saint-Ouen, est obtenue au moyen d'injections de traitement horizontales au travers des parois moulées (450 mètres linéaires) du corps de station et de la baie d'aération mécanisée.

La coque est prolongée dans les sables de Beauchamps par un massif de sol congelé en forme de U.

La technique de congélation des sols consiste à faire circuler un fluide réfrigérant au travers d'un réseau de tubes, scellé dans le terrain et relié à des générateurs de froids. Le sol ainsi congelé se présente alors comme une roche étanche et cohérente qui peut être excavée en toute sécurité pour la réalisation de l'ouvrage cadre en béton armé.

Sur cet ouvrage, afin de respecter les contraintes de planning, la congélation est réalisée en technique mixte, c'est-à-dire avec une mise en froid rapide à l'azote liquide, et un entretien par circulation de saumure dans les sondes de congélation.

Le recours à la technologie de congélation de sol permet notamment de traiter les terrains sous nappe réputés non injectables. Botte Fondations se positionne comme un acteur majeur sur cette technique qui va trouver de nombreuses applications, notamment



© Normane Mezrougui / BOTTE FONDATIONS

Ligne 14 à la station Olympiades.

PRINCIPAUX INTERVENANTS STATION CLICHY – SAINT-OUEN

- **Maître d'ouvrage** : RATP
- **Nature de l'opération** : paroi moulée, paroi au coulis, injections de comblement et de traitement, jet grouting, pieux, congélation de sol
- **Année de livraison** : printemps 2019
- **Groupement** : Dodin Campenon Bernard (VINCI Construction), Chantiers Modernes Construction, Sogea TPI, Botte Fondations (VINCI Construction France) et de Spie Batignolles TPCI (mandataire) et Spie fondations.

sur les chantiers du Grand Paris Express, pour la réalisation de rameaux entre les tunnels principaux et les puits de secours et de ventilation.

UN NOUVEAU Puits D'ACCÈS POUR LA STATION OLYMPIADES

Toujours sur la ligne 14, le prolongement du métro entre la station Olympiades (dans le 13^e arrondissement) et l'aéroport d'Orly, entraînera une augmentation du trafic et du flux de passagers. Pour rester dans le respect des normes relatives à l'évacuation des passagers en cas de sinistre, un accès secondaire doit être créé dans l'actuelle station Olympiades.

CHIFFRES CLÉS STATION CLICHY – SAINT-OUEN

Paroi moulée :

Surface : plus de 19 300 m²
Poids armatures : environ 2 000 t
Profondeur maximale des forages : 42 m

Paroi au coulis :

Surface : 5 100 m²

Injections de comblement :

Linéaire foré : 20 000 ml

Radier injecté CSO :

Forage : 19 200 ml
Injections de traitement : 980 m³

Radier injecté BAM :

Forage : 2 100 ml
Injections de traitement : 150 m³

Jet grouting :

4 700 ml

Congélation :

2 200 ml sous SAS

Dans le cadre de la réalisation de cet ouvrage, Botte Fondations a démarré en novembre 2015 des travaux d'injection de traitement au droit de la future paroi moulée, en sous-traitance d'un groupement Demathieu et Bard et TPI (VINCI Construction France).

La présence d'un niveau de carrière, comblé lors d'une précédente phase de travaux, rendait nécessaire le recours au traitement de terrain. L'utilisation de boue bentonitique pour forer

la paroi moulée nécessite, en effet, une étanchéité parfaite du terrain pour éviter tout risque de perte soudaine du fluide de forage et donc de désordres en surface et sur les avoisinants. Une fois le sol consolidé, 52 mètres de linaires de paroi (soit 11 panneaux d'une profondeur maximum de 28 mètres) et 5 barrettes ont été forés dans le calcaire parisien, sans perturber le fonctionnement du métro. Sur cette opération, et comme sur la plupart des chantiers de stations de métro et puits



MATÉRIELS UTILISÉS STATION CLICHY – SAINT-OUEN

Paroi moulée : Forage à la benne et à la rotforeuse

Paroi au coulis : Forage à la benne

Injections : Foreuse MC-22, MC-8

Achat : Bauer MC-96

Les travaux de la station Mairie-de-Saint-Ouen se situent dans un milieu urbain dense.

d'accès, les équipes de Botte Fondations ont dû s'intégrer dans un environnement urbain particulièrement dense et contraint avec une emprise chantier extrêmement réduite, notamment par la présence d'un bâtiment sur trois niveaux de sous-sol mitoyen au chantier et la station Olympiades en activité. Des contraintes anticipées dès le départ par la direction technique de Botte fondations, et qui ont été parfaitement maîtrisées par les équipes de chantier malgré l'emploi d'importants moyens matériels, dont un atelier de forage cutter BC-32 de 150 tonnes et un atelier de forage benne.

Aude Moutartier
en collaboration avec
Botte Fondations



Injection sous sas de la craie.

Grand Paris Express ligne 15 sud Puits de reconnaissance à Boulogne-Billancourt

La partie ouest du tronçon T3 de la future ligne 15 sud du Grand Paris Express s'inscrit en partie dans le contexte géologique de la vallée de Seine : 2 gares, 4 ouvrages annexes et 3 900 mètres de tunnel y seront creusés principalement dans la craie campanienne entre Saint-Cloud et Clamart (Hauts-de-Seine). Afin de réduire les incertitudes géotechniques liées à la réalisation de ces ouvrages, le groupement d'entreprises SADE / Soletanche Bachy / Soletanche Bachy Tunnels réalise un puits en parois moulées, des tests d'amélioration de sol par *jet grouting*, une galerie creusée sous injection...

Afin de tester le comportement des terrains en grandeur nature et fiabiliser puis valider les principes constructifs du tronçon 3 ouest de la ligne 15 sud du Grand Paris Express, un puits, un rameau et des reconnaissances géotechniques diverses sont, en effet, réalisés au niveau de l'emplacement d'un futur ouvrage annexe dans la ZAC Val-de-Seine, sur la commune de Boulogne-Billancourt, à proximité de la RD 1. Les informations attendues à l'issue de ce marché de reconnaissance sont multiples.

Il s'agit tout d'abord de conforter les hypothèses de performance des parois moulées dans la craie campanienne. Les deux méthodes de réalisation, à savoir benne hydraulique et Hydrofraise, sont testées et comparées.

L'amélioration de sol par *jet grouting* dans la craie est également investiguée. Les différentes méthodes de réalisation sont comparées.

Il s'agit ensuite de tester la réalisation d'un rameau en méthode

PRINCIPAUX INTERVENANTS DU CHANTIER

Maître d'ouvrage : Société du Grand Paris

Maître d'œuvre : Setec TPI (mandataire), Ingérop Conseil et Ingénierie, Atelier Barani, Marc Barani architectes, ar.thème associés, Brunet Saunier Architecture, Périphériques architectes, Martin + Trottin architectes, Périphériques architectes AFJA, Philippe Gazeau architecte, Agence Duthilleul, Ingérop, associé à sa filiale Geos, assure notamment la conception et le suivi des travaux du puits.

Assistance à maîtrise d'ouvrage : Artelia Ville & Transport (mandataire), Arcadis ESG, BG Ingénieurs Conseils

Groupement d'entreprises pour la réalisation de l'ensemble des travaux :

La SADE, mandataire du groupement, chargée des travaux d'installation de chantier, terrassements généraux, dispositif d'accès au fond de puits, rabattement de nappe, sécurité du puits, remise en état et repliement du chantier ;

Soletanche Bachy, co-traitante du groupement, pour la réalisation des travaux de fondations profondes et d'essais associés (campagne de sondages de reconnaissances, paroi moulée, *jet grouting*, mesures de convergences, essais de plaques, forages et injections, relevés géologiques) ;

Soletanche Bachy Tunnels, pour les travaux de terrassement et de confortement du rameau d'essai.

traditionnelle de dimension réduite. Celui-ci est creusé dans des conditions géotechniques similaires à celles rencontrées par les futurs rameaux de jonctions qui relieront le tunnel aux ouvrages de ventilation et désenfumage.

CONTEXTE GÉOTECHNIQUE ET INCERTITUDES

Le puits et la galerie de reconnaissance sont implantés en rive droite de la Seine, dans la boucle de Boulogne-Billancourt. Le contexte géologique local est marqué par l'affleurement de la craie campagnienne sous faible couverture alluvionnaire.

La problématique géotechnique majeure des ouvrages souterrains implantés dans ce contexte est la caractérisation de la craie campagnienne et de ses différents faciès d'altérations.

Ca1 : craie très altérée, pâteuse, marneuse, très fragmentée voire désagrégée ;

Ca2 : craie moins molle que Ca1, très fracturée ;

Cs : craie saine compacte avec peu de fractures.

Le projet s'inscrit en proximité immédiate de la Seine. Deux nappes sont rencontrées au droit du puits : la nappe des alluvions et la nappe de la craie. Les nappes sont en communication, vraisemblablement via le réseau de fractures existant dans la craie. Mais la détermination de valeurs de perméabilité des trois faciès de craie reste délicate.

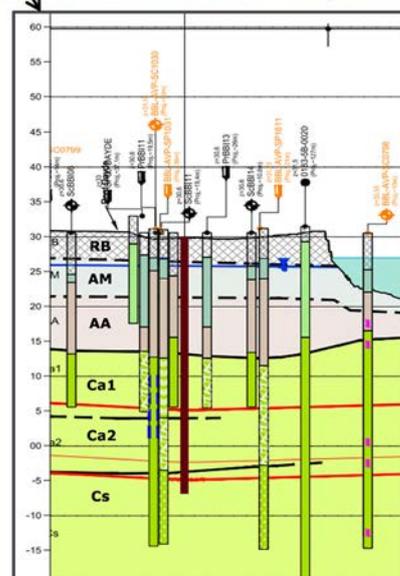
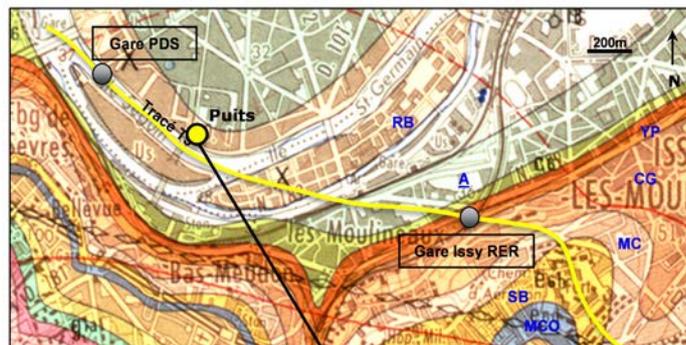
TRAVAUX ET RECONNAISSANCES : DESCRIPTION DES TRAVAUX

Le puits de reconnaissance circulaire comporte un diamètre de 9,40 mètres utiles. Il sera creusé jusqu'à la craie saine. Le fond de fouille provisoire (phase reconnaissances) est porté à 38,30 mètres de profondeur. Le soutènement du puits est assuré par des panneaux de parois moulées de 49 mètres de profondeur ancrées dans la Cs. Le puits est constitué de cinq panneaux d'environ 265 m³ dont trois sont réalisés avec une Hydrofraise HC05 et deux à la benne hydraulique KS.

Le marché prévoyait une tolérance de déviation des parois de 0,5 % qui a été respectée avec les deux méthodes. La fiche hydro-



Réalisation du jet grouting.



lique a permis d'obtenir un faible débit de pompage de l'ordre de 6 m³/jour.

Des colonnes de *jet grouting* ont été réalisées à l'intérieur de l'enceinte. Quatre colonnes de 20 mètres ont été réalisées entre

15 mètres et -5 mètres NGF selon quatre méthodes de réalisation :

- colonne C1 en jet simple,
- colonne C2 en jet double,
- colonne C3 en jet simple avec prédécoupage à l'eau,
- colonne C4 en jet triple.

PROGRAMME DES RECONNAISSANCES

Catégorie	Information recherchée	Type d'essais
Reconnaitances préalables à la réalisation de l'enceinte en paroi moulée	Perméabilité des différents faciès de craie	Essai de pompage par palier et longue durée avant travaux
	Stratigraphie/ Déformabilité	Forages carottés et sondages pressiométriques
Reconnaitances préalables au terrassement et ultérieures à la réalisation de l'enceinte en paroi moulée	Influence de la paroi moulée sur la perméabilité	Essai de pompage par palier et longue durée dans l'enceinte
Reconnaitances mises en place dans les parois moulées	Déformation des parois moulées	Inclinomètres en panneaux
	Gradient hydraulique, dimensionnement de la fiche	Cellules de pression interstitielle en pied de fiche
	Bonne mise en œuvre du bétonnage	Tubes soniques en panneaux
Reconnaitances dans le puits	Stratigraphie, fracturation, inclusions de silex	Levé du fond de fouille
	Efficacité du <i>jet grouting</i> dans la craie	Mesure type cylindre électrique, relevé des tailles de colonnes dans le puits
	Déformabilité des parois moulées et interactions	Mesure de convergence, prélèvements de carottes dans la paroi moulée
	Déformabilité du massif	Essais au vérin à la plaque
	Fissuration, inclusions de silex, déformabilité, résistance, abrasivité à l'échelle de l'échantillon	Prélèvements, essais de laboratoire
	Déformabilité du massif de <i>jet grouting</i>	Prélèvements, essais de laboratoire Essais au vérin à la plaque Essais au vérin plat
	Perméabilité du massif de <i>jet grouting</i>	Essais d'infiltration
	Influence du creusement sur la nappe	Suivi du débit de pompage, suivi piézométrique
	Pollution de l'eau	Mesures <i>in situ</i> des paramètres physico-chimiques des eaux, analyses chimiques
	Reconnaitances dans le rameau	Déformabilité du massif traité
Contraintes dans le soutènement		Essais au vérin plat
Efficacité du traitement d'imperméabilisation		Drains de contrôle, suivi des débits, mesures CPI
Déformabilité, résistance à l'échelle de l'échantillon traité en injection		Essais de laboratoire sur carotte



©SOLETA/NOCHÉBACHY

Installation de chantier.

Deux méthodes non destructives d'estimation des diamètres de colonnes ont été mises en œuvre : le Cyljet par mesure de résistivité électrique (SOLDATA) et le Tempjet par mesure de température (PORR).

Les diamètres moyens des colonnes obtenus dans la craie sont les suivants :

- colonne C1 : 1,25 mètre pour 0,7 mètre visé,
- colonne C2 : 1,65 mètre pour 1,1 mètre visé,
- colonne C3 : 1,25 mètre pour 0,9 mètre visé,
- colonne C4 : 1,40 mètre pour 0,9 mètre visé.

Le rameau d'une longueur de 4 mètres possède une section d'environ 2 x 2 mètres. Il est réalisé principalement dans l'horizon de Ca2 avec le radier partiellement dans la Cs. Son creusement dans

de bonnes conditions de sécurité a nécessité la mise en œuvre d'une auréole d'injection de 3 mètres d'épaisseur à l'aide de 320 mètres de forage sous sas.

Le retour d'expérience de ce marché sera bénéfique à la fois pour le maître d'ouvrage qui aura réduit le niveau de risque de ses travaux futurs, pour le maître d'œuvre qui aura fiabilisé ses études et pour les entreprises de travaux qui pourront adapter au mieux leurs méthodes dès les appels d'offres.

Robert Poret

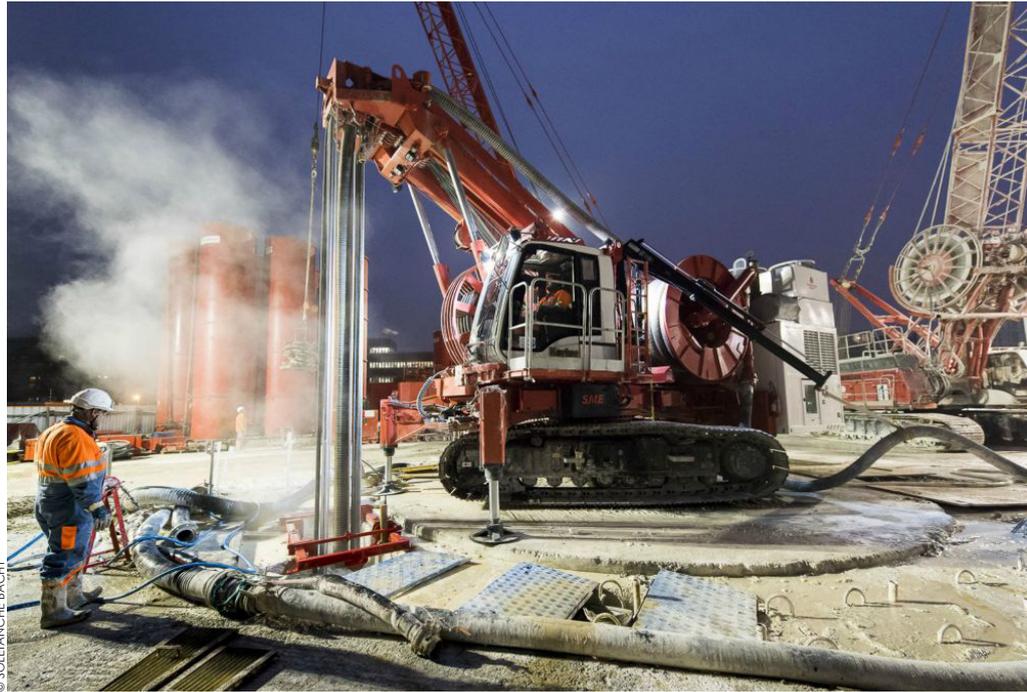
Ingénieur travaux
Soletanche Bachy

Jean Geistodt-Kiener

Chef de projet GC
Ingérop Conseil et Ingénierie

Martin Cahn

Ingénieur géotechnicien
Geos Ingénieurs Conseils



Réalisation de la paroi moulée à l'Hydrofraise.

INJEKTIS®



**Le ciment
Idéal pour vos travaux
d'injections**

- Très bon malaxage du coulis
- Excellente fluidité d'écoulement
- Bon enrobage et meilleure protection des armatures à la corrosion



LAFARGE
Construire
des villes meilleures™



www.lafarge.fr/injektis

0 820 385 385

Service 0,12 € / min
+ prix appel



Chantiers de fondations spéciales SPIE FONDATIONS adopte la grue télescopique sur chenilles

Dans le cadre des travaux d'aménagement de la rive gauche de la Seine à Paris, les chantiers s'enchaînent pour construire de nouveaux espaces de vie et d'activité le long de l'avenue de France, face à la Bibliothèque nationale de France (site François-Mitterrand). Les faisceaux ferroviaires à l'approche de la gare d'Austerlitz seront partiellement couverts dans ce nouvel environnement urbain. Un réel défi technique et logistique pour les acteurs qui participent à ce chantier hors norme.

Pour préparer la construction des immeubles – des passerelles qui permettront de rejoindre la halle Freyssinet rénovée, et l'aménagement des espaces de vie qui recouvriront les voies ferrées –, de nombreux travaux de fondations spéciales sont nécessaires. L'environnement de travail pour les équipes de Spie fondations est particulièrement contraint, tant par l'espace disponible que par l'activité urbaine dense du quartier : passages des trains entrant et sortant de la gare d'Austerlitz, circulation sur l'avenue de France, construction en cours des immeubles érigés dans les



Dans un espace extrêmement réduit, la grue est remise sous l'avenue de France entre chaque poste de chantier.

espaces gagnés sur les emprises ferroviaires lors des précédentes phases du projet.

DES CHANTIERS DE FONDATIONS SUR MESURE

Dans ces conditions, Spie fondations doit phaser au plus juste ses travaux, en coordination avec ses partenaires et donneurs d'ordres.

Ainsi, les deux principaux métiers de l'entreprise mènent de front deux postes de travail sur le même site :

- Les équipes « pieux » se chargent de mettre en place les structures profondes qui maintiendront les écrans de protection déployés pour protéger les personnels de la circulation ferroviaire pendant la durée des travaux ;
- Les équipes « parois moulées » commencent le forage des barrettes qui soutiendront les structures à construire en surface (passerelles, élargissement de l'avenue, dalles, soutènements d'espaces verts...).

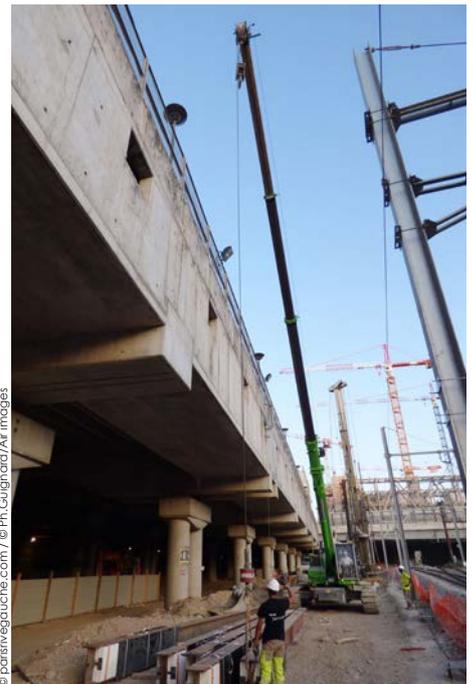
LA GRUE TÉLESCOPIQUE COMPACTE, L'OUTIL OPTIMAL EN MILIEU URBAIN

Pour réaliser ces travaux très exigeants, les équipes techniques de Spie fondations ont choisi d'utiliser un outil de levage alternatif aux traditionnelles grues treillis habituellement présentes sur les chantiers de fondations : la grue télescopique sur chenilles Sennebogen. Cette grue allie à la fois compacité et performances pour assurer ses missions de levage en milieu urbain.

« Le premier avantage de la grue télescopique sur chenilles, c'est sa capacité à être mise en œuvre dès sa livraison. Sur un chantier très cadencé, c'est un élément essentiel ! Ensuite, ce type de cinématique offre l'avantage évident de pouvoir se rétracter très rapidement ; la grue peut être remise dans un espace réduit entre deux postes. Comme nous travaillons de nuit pour limiter les perturbations du trafic ferroviaire, il est impératif que nos équipes soient opérationnelles dans un temps record à la prise de poste. Enfin, nous avons trouvé avec la 653R – capacité de levage de 50 tonnes – un outil polyvalent

qui répond parfaitement aux besoins dans cet environnement de travail », précise Richard Lohier, responsable matériel de l'entreprise.

Durant les mois d'août et de septembre, la grue Sennebogen 653R aura assisté les tarières de forage dans la mise en place de séries de poutres d'une hauteur de 10 mètres, bétonnées dans le sol. Ainsi solidement ancrées, ces poutres pourront supporter les blindages et écrans de protection séparant les opérations de forage des barrettes de fondation des caténaires et des voies ferrées. Les travaux sont réalisés en fin de journée, dans des conditions sécurisées par une vitesse de circulation réduite des trains en soirée, puis une consignation totale des voies en fin de nuit.



© parisvegauche.com / @ Ph. Guignard / Air Images

La 653R se déplace et télescope sa flèche en charge, sur 360°.

BETON MATERIEL SERVICE
www.bms-ipp.fr www.drillmat.fr




INJECTION | PROJECTION | POMPAGE | FORAGE
 LOCATION | VENTE | REPARATION

DISTRIBUTEUR
EXCLUSIF FRANCE






Une marque Leader sur le marché et 50 ans d'expérience dans le domaine du forage, Casagrande propose une gamme étendue de machines de micropieux et pieux

BMS, c'est aussi :

Glissière


Micropieux


Injection


Pompage - projection VH


Minipieux


Projection VS


Siège

Agence Lyon
20 Avenue Marechal Delattre de Tassigny
69330 MEYZIEU
Tél : 04 37 44 15 15 - Fax : 04 37 44 15 10

Agence Paris
7 rue Jean Pierre Timbaud
95100 ARGENTEUIL
Tél : 01 34 34 50 50 - Fax : 01 34 34 50 51

La grue Sennebogen 653R évolue entre les voies ferrées et les soutènements de l'avenue de France.



© parisrivegauche.com / © Ph.Guignard/Air images

PAROLE D'EXPERT

**STÉPHANE ARGENSON,
RESPONSABLE ACTIVITÉS PAROIS
MOULÉES CHEZ SPIE FONDATIONS**

« Avant le démarrage de la phase "T4-T5-T6" du chantier d'aménagement de la rive gauche à Paris, nous avons eu l'opportunité de mettre en œuvre la grue télescopique Sennebogen sur chenilles pour un autre client pendant l'été 2016. C'est sur un autre site particulièrement contraint que nous avons testé l'efficacité de cette grue : au bord des pistes de l'aéroport Charles-de-Gaulle. Dans un environnement exigeant où les mouvements des engins et les débattements de flèches étaient limités du fait de la proximité immédiate avec les pistes, nous avons pu valider que la grue était totalement efficace pour la mise en place de cages d'armatures après le travail de notre atelier de forage à la benne.

Sennebogen a su équiper pour nous une option "mur virtuel" qui limite les mouvements de la grue, sans en affecter pour autant les capacités. Les grutiers ont apprécié la simplicité de l'interface qui permet de gérer ces sécurités, et le chantier s'est déroulé sans encombre malgré des conditions de travail atypiques. Nous affectons la grue 653R au chantier "T4-T5-T6" à Paris en toute confiance ! »



Elle se déplace avec sa charge et permet de positionner les poutres en sécurité sans risque d'interférence avec les caténaires.

© parisrivegauche.com / © Ph.Guignard/Air images

Fin septembre, les travaux de forage des barrettes de fondation ont commencé. Elles soutiendront les structures permettant l'élargissement de l'avenue de France et les aménagements urbains du nouveau quartier. Les travaux sont réalisés par la rotforeuse de Spie fondations, qui est assistée par la grue télescopique Sennebogen. Comme pour la phase précédente de travaux de pieux, la grue permettra de déplacer les charges nécessaires à l'avancement du chantier. Elle sert en outre à lever et positionner les cages d'armatures qui consolident les barrettes bétonnées. Dotée de deux treuils de levage et d'un jib court pour travailler simultanément à deux crochets, la 653R soulève les cages tout en les décollant du sol, de

manière à limiter les contraintes sur leur structure. Grâce à son châssis sur chenilles, elle déplace la cage verticalement, la positionne sur la zone forée, et accompagne lentement et précisément sa mise en place définitive. Les opérateurs apprécient la souplesse d'utilisation de la grue télescopique dans cette phase délicate du levage. Sa cinématique leur offre la possibilité d'ajuster sans limite la longueur de la flèche, y compris lorsque la charge est suspendue au crochet ; une exclusivité rendue possible par la conception sans brochage du télescope des grues de chantier Sennebogen.

Aude Moutarlier

en collaboration avec Sygmat
(distributeur exclusif de
Sennebogen en France)



Début des travaux de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

TERRASOL : un engagement fort sur le Grand Paris Express

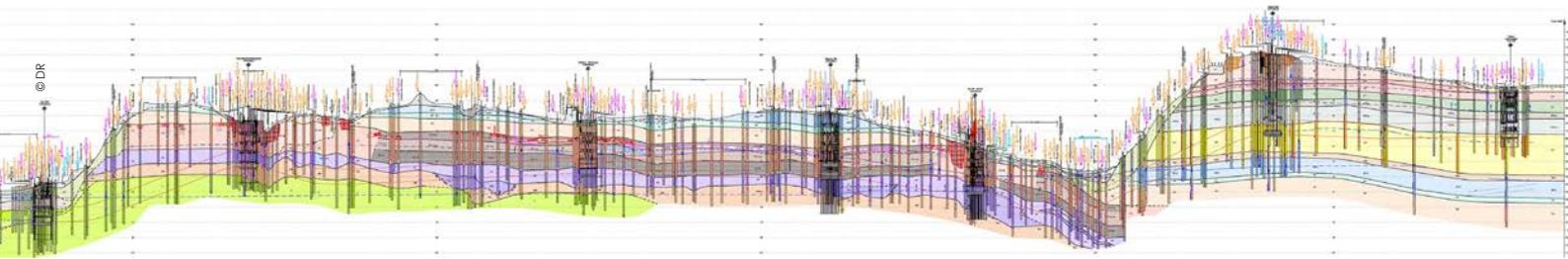
TERRASOL, du fait de ses compétences en travaux souterrains, de sa bonne connaissance de la géologie et de la géotechnique parisiennes, et de son implantation historique sur Paris, s'est fortement impliqué dès l'origine dans le projet du réseau de transport du Grand Paris. Explications.

Bureau d'ingénieurs-conseils en géotechnique, Terrasol intervient, en effet, dans le projet du réseau de transport du Grand Paris depuis plusieurs années, d'abord dans le cadre du projet Arc Express, en 2008, pour le STIF, puis avec la création en 2011 de la Société du Grand Paris (SGP), pour les études préliminaires de la ligne 15. En 2013, la maîtrise d'œuvre études et travaux de la ligne 15 sud-ouest (T3) est attribuée au groupement Setec / Ingérop. Terrasol est en charge de l'ensemble de la géotechnique transverse (synthèse des reconnaissances, profil en long géologique) et de la conception géotechnique des gares et tunnels entre les gares Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Villejuif-Louis-Aragon.



Puits d'essai de Cachan.

© Société du Grand Paris



Exemple de profil en long géotechnique.



Carrières d'exploitation de calcaire grossier dans le secteur de Bagneux.

Viendront ensuite la maîtrise d'œuvre du prolongement de la ligne 14 vers Orly (T6), puis celle de la ligne 15 ouest (T4), toutes deux en groupement Setec / Systra. En parallèle, la SGP lance également des marchés d'assistance à maîtrise d'ouvrage en matière de géotechnique (« second regard »). Terrasol est attributaire en 2014 de celui de la ligne 16 (T1 / T5a), puis, en 2015, de celui de la ligne 18 (T7). Ces missions d'AMO consistent à encadrer les campagnes de reconnaissances géotechniques, et à réaliser la synthèse des données acquises en parallèle des maîtres d'œuvre. Elles incluent aussi des missions de conseil géotechnique : par exemple, Terrasol réalise, dans le cadre de ces AMO et en lien étroit avec le LERM, une étude portant sur la valorisation des déblais issus des travaux d'excavation des gares et tunnels.

Chaque tronçon possède ses particularités géologiques et géotechniques. Citons quelques exemples : Tronçon T3 : c'est la présence des anciennes carrières de calcaire grossier sur plus de 6 kilomètres de linéaire du projet qui constitue le point le plus marquant. Il a été retenu un tracé passant sous les carrières, nécessitant néanmoins un traitement des carrières par comblement ou injection quasi systématique.

Tronçon T6 : là aussi, la présence de carrières de calcaire grossier est très marquée sur le secteur nord.

La nécessité de remonter sur le plateau de Villejuif conduisait initialement à intercepter les carrières en front de tunnel. Le tracé alternatif retenu *in fine* permet d'éviter le creusement dans ces carrières.

Tronçon T1 : les formations gypsifères (ludiennes et antéludiennes) peuvent conduire à la présence de cavités (de dissolution ou d'exploitation en carrière) ou de zones très déstructurées. Dans le cadre de la mission d'AMO, en collaboration avec la maîtrise d'œuvre Egis, il a été mis au point une méthodologie spécifique de détection des cavités / zones très déstructurées à partir de l'analyse des paramètres de foration de sondages destructifs, de diagraphies différées de la radioactivité naturelle (gamma-ray) et de diagraphies complémentaires.

Tronçon T4 : il constitue un condensé des difficultés géotechniques de la région parisienne : on retrouve en effet des carrières souterraines dans le secteur de Saint-Cloud, des zones de versant potentiellement instables, des formations très déformables (argile plastique) ou bouillantes sous nappe (sables de Cuise, sables de Beauchamp), des formations gypseuses à l'extrémité nord du tracé, et un contexte urbain très dense en particulier dans le secteur de La Défense.



PAROLE D'EXPERT

Solscope mag : Quel est selon vous l'enjeu majeur en termes d'ingénierie géotechnique sur l'ensemble du projet ?

Hervé Le Bissonais, directeur général délégué de Terrasol : L'une des difficultés, pour l'ensemble des ingénieries présentes sur le projet du Grand Paris, est de s'assurer de l'homogénéité des solutions proposées pour chaque ouvrage. En effet, lorsque plusieurs équipes travaillent en parallèle sur les missions de maîtrise d'œuvre, les missions d'AMO et maintenant en conseil pour les entreprises ou en études d'exécution, on s'aperçoit que des orientations techniques différentes peuvent être proposées, et que le retour d'expérience des premières études n'est pas toujours exploité de manière optimale. Étant impliqué sur ce projet depuis le début, avec une bonne connaissance des différentes problématiques rencontrées, j'exerce un rôle transverse de coordination afin de suivre l'évolution de l'ensemble des études et de favoriser les échanges entre les différentes équipes.

DES QUANTITÉS DE DONNÉES EXCEPTIONNELLES NÉCESSITANT L'UTILISATION D'OUTILS SPÉCIFIQUES

Les reconnaissances géotechniques réalisées pour les travaux du Grand Paris sont d'une ampleur exceptionnelle. La SGP a développé la base de données SONGE pour centraliser les résultats et la validation de l'énorme quantité de sondages, essais *in situ* et essais de laboratoire réalisés sur chaque tronçon.

De son côté, Terrasol a également déployé différents outils :

- L'outil TSstats (développé par Terrasol) pour le traitement statistique des données géotechniques : il permet une mise à jour rapide et fiable des synthèses géotechniques au fur et à mesure des campagnes successives de sondages.
- Le module de DAO Straticad (développé par Terrasol) pour le traitement semi-automatique des données géotechniques dans ses dessins.

- Le logiciel QGIS (outil SIG), paramétré et utilisé systématiquement pour l'implantation des reconnaissances et de toutes les données utiles au projet (bâtis, carte des carrières, géologie, hydrogéologie...).

- Le logiciel collaboratif BulldozAIR (développé par la start-up Blockbase) : il est utilisé sur tablettes, dans le cadre des missions de suivi de sondages, pour établir les fiches de suivi et de visite.

Sécuriser et optimiser le dimensionnement des soutènements en contexte exceptionnel : un enjeu majeur du projet Grand Paris Express

Les gares du Grand Paris Express seront pour certaines creusées à des profondeurs importantes (hauteurs de fouille pouvant atteindre 40 à 50 mètres sur la ligne 15 sud par exemple). La réduction des impacts liés à l'insertion de ces émergences dans un tissu urbain dense est l'un des enjeux majeurs des études de conception. Le dimensionnement affiné des sou-

tènements de ces excavations occupe une place centrale dans ces études.

La genèse du projet de thèse Cifre

Très tôt, la maîtrise d'œuvre s'est convaincue qu'elle ne pouvait pas se cantonner à la seule utilisation de la méthode conventionnelle aux coefficients de réaction pour de telles excavations exceptionnelles. Le recours systématique à des modèles aux éléments finis comparatifs a procédé d'une volonté de compréhension des limites et d'analyse des écarts significatifs de résultats par rapport aux méthodes classiques de calcul. Consciente de l'intérêt de poursuivre dans cette voie, Terrasol a pris l'initiative d'investir dans une thèse Cifre en collaboration avec le laboratoire 3SR de l'université de Grenoble. Cette thèse a pour vocation d'étudier de façon approfondie le comportement des soutènements dans les conditions originales des gares du Grand Paris, et de capitaliser le retour d'expérience qui sera tiré de la réalisation de la première gare



terrasol

setec

Ingénieurs-conseils
en géotechnique

www.terrasol.com



INGÉNIERIE

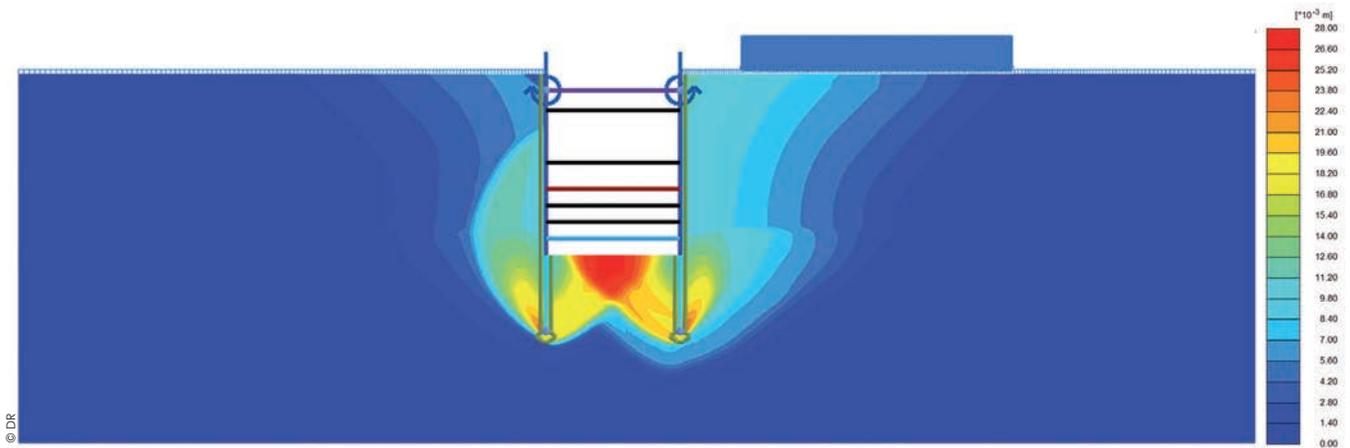
- » Conception
- » Maîtrise d'oeuvre
- » Expertise

LOGICIELS

- » Développement
- » Assistance technique
- » Formation

Terrasol est un leader reconnu dans le domaine de l'ingénierie géotechnique, en France comme à l'étranger.

 <p>Paris Tél : +33 (0)1 82 51 52 00 Fax : +33 (0)1 82 51 52 99 Email : info@terrasol.com</p>	<p>Lyon Tél : +33 (0)4 27 85 49 35 Fax : +33 (0)4 27 85 49 36 Email : lyon@terrasol.com</p>	<p>Maroc Tél : +212 (661) 25 53 89 Fax : +212 (529) 03 64 00 Email : t.elmalki@terrasol.com</p>	<p>Tunisie Tél : +216 71 23 63 14 Fax : +216 71 75 32 88 Email : info@terrasol.com.tn</p>
--	---	--	--



Gare de Châtillon-Montrouge – Modèle Plaxis 2D.

Fort d'Issy-Vanves-Clamart (FIVC). Ce travail de recherche devrait permettre d'approfondir, sécuriser et optimiser les méthodes de dimensionnement des soutènements de fouilles profondes et d'orienter les études à venir.

Quelques problématiques majeures

La forte profondeur des gares de la ligne 15 sud nécessite une conception structurelle rigide constituée de plusieurs niveaux de planchers espacés. Les parois moulées sont contraintes par ces portées et par un contexte géologique marqué par des couches de sol contrastées (notamment le calcaire grossier sur l'argile plastique). La confrontation des résultats de calculs aux coefficients de réaction (logiciel K-Réa) à ceux des calculs par éléments finis (logiciel Plaxis) met en évidence des écarts significatifs en termes de mobilisation des pressions des terres à l'arrière de l'écran. La modélisation par éléments finis permet de rendre compte d'une concentration de contraintes dans les points durs, qui a une incidence directe sur le dimensionnement des éléments d'appui (butons, planchers ou liernes). Ces observations, largement développées dans la littérature par plusieurs auteurs, sont en réalité synonymes d'un mécanisme de transfert de charges (ou effet de voûte) lié au développement de cisaillement horizontal ignoré par construction dans un modèle aux coefficients de réaction.

L'utilisation des éléments finis étant par ailleurs indispensable à l'évaluation des tassements, deux problématiques se posent immédiatement. La première

concerne le choix des paramètres d'entrée des lois de comportement des sols, choix qui nécessite une réflexion préalable sur la valeur et la finalité des entrants, notamment des modules de déformation. Le passage de modules issus d'essais courants – pressiométriques ou triaxiaux – aux valeurs de calcul procède d'une démarche spécifique. La deuxième problématique réside dans la vérification des justifications à l'ELU. Citons notamment la vérification du défaut de butée et l'impossibilité « d'agir » de façon triviale sur la butée mobilisable dans le cas d'une fouille asymétrique.

Focus sur la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart

Les travaux de la gare FIVC, réalisés par le groupement Bouygues / Soletanche Bachy, sont d'ores et déjà amorcés. Le chantier d'injections préalables a précédé le démarrage fin septembre 2016 du creusement des parois. La gare est un pavé de 110 m x 27 m pour 32 mètres de profondeur. Les parois moulées ont une épaisseur de 1,20 mètre. Les quatre voies SNCF traversant la gare à l'oblique seront maintenues en service pendant toute la durée des travaux par l'intermédiaire de tabliers auxiliaires, puis d'une dalle de couverture ripée au mois d'août 2017. La limitation des impacts passe par une auscultation permanente, tant sur les voies que sur les bâtis avoisinants. Les parois seront également munies d'inclinomètres,

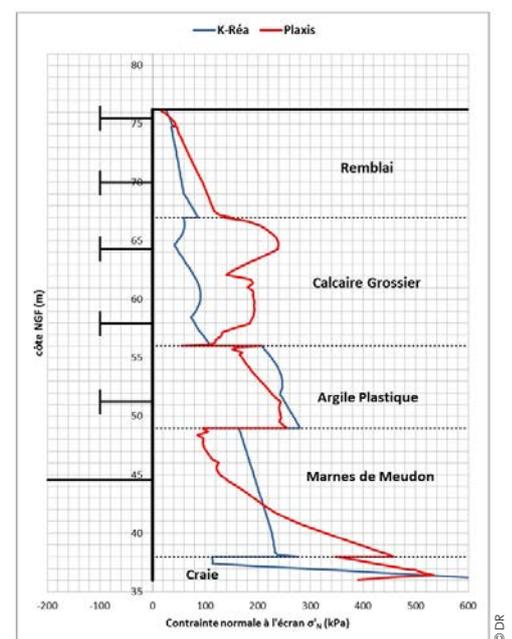


Diagramme de pression des terres derrière l'écran - Phase d'excavation en fond de fouille - Comparaison entre les calculs aux coefficients de réaction (K-Réa) / et les calculs par éléments finis (Plaxis).

et les butons de jauges de contraintes.

Ces mesures nourriront le retour d'expérience, tant sur le choix des paramètres d'entrée des modèles de calcul que sur l'amélioration des méthodes.

Hervé Le Bissonnais

Directeur général délégué
de Terrasol

Fahd Cuira

Directeur scientifique de Terrasol

Gilles Chapron

Chef de projet Terrasol pour la
ligne 15 sud-ouest

Khadija Nejjar

en thèse Cifre chez Terrasol



TEC SYSTEM

Concepteur Ensemblier FONDATION SONDAGE INJECTION

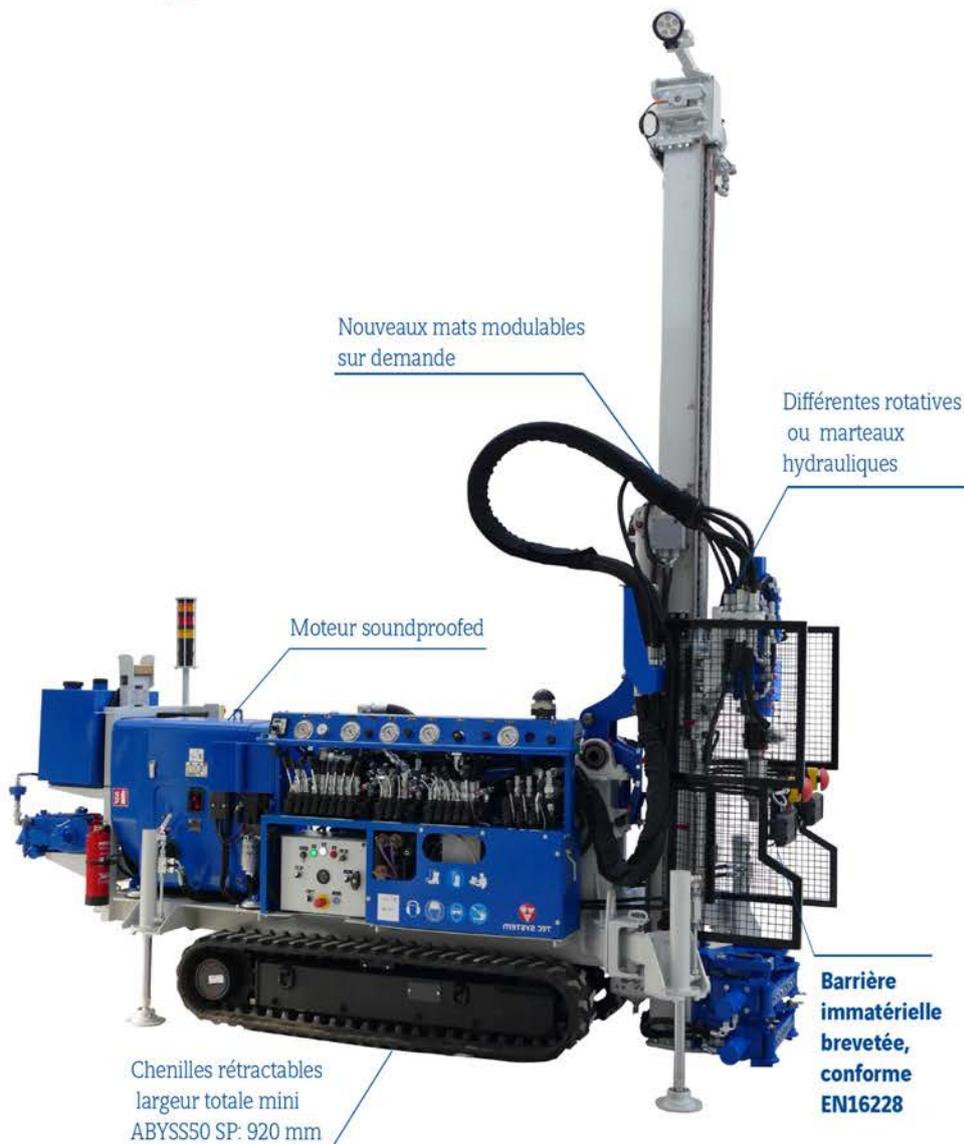
FONDATION SONDAGE INJECTION

TEC a commercialisé depuis **15 ans** plus de **800 machines**, réalisant plus de 50% de son chiffre d'affaires à l'export dans 30 pays. Chaque machine, "made in France" avec rigueur, est unique, intégrant les dernières normes de sécurité et répondant aux besoins **spécifiques** de chaque client.

TEC vous accompagnera pour la définition de vos besoins, pour les mises en route et la maintenance de vos machines, et dispose de 5000 références en stock afin de mieux vous servir.

www.tecsystem.fr

ABYSS 50 SP l'expérience innovante.

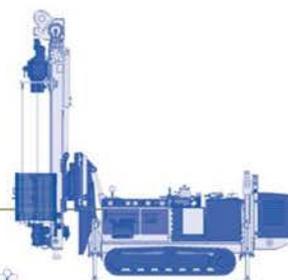


La gamme TEC SYSTEM

SONDAGE
SOIL INVESTIGATION



FORAGE
DRILLING



INJECTION
GROUTING



FONDATEMENTS
FOUDATIONS



MELANGEURS
MIXERS



14, rue Emile Zola - **86530 Naintré** - France
Tél. 00 33 (0)5 49 93 76 00 - Fax : 00 33 (0)5 49 93 76 26 - info@tecsystem.fr



Fondée en 1991, la société CIP (Chaudronnerie industrielle de Pamfou), située en Seine-et-Marne, a été rachetée en 2014 par le groupe MILHYROUX, dirigé par Philippe Fernandez.

Constitué d'une quarantaine de collaborateurs, le groupe MILHYROUX intervient principalement en usinage et chaudronnerie dans les domaines de la fondation, du forage et injection, mais aussi dans l'aéronautique et les énergies.

CIP : étudier, construire et réparer, une solution à toutes les demandes



La synergie des deux entités (Milhyroux et CIP) permet de proposer des solutions clés en main, intégrant de l'étude, de l'usinage, de la chaudronnerie, ainsi que de l'installation hydraulique et électrique.

Depuis une dizaine d'années, CIP s'est spécialisée dans la fourniture et la maintenance de matériel de forage et d'injection ainsi que dans la conception et la construction de foreuses sur mesure.

Comptant 16 salariés, CIP s'appuie sur trois domaines : le bureau d'études (2 ingénieurs), l'atelier de chaudronnerie (7 chaudronniers) et l'atelier de maintenance hydraulique et électrotechnique (5 techniciens).

EXPERTE EN MAINTENANCE

CIP suit depuis quelques années le parc machines de plusieurs sociétés de forage et injection telles que Microsol.

« Nous réalisons l'entretien régulier, ainsi que les grosses réparations et modifications demandées par nos clients, dans

« L'atout des produits CIP est le "Made in France" »

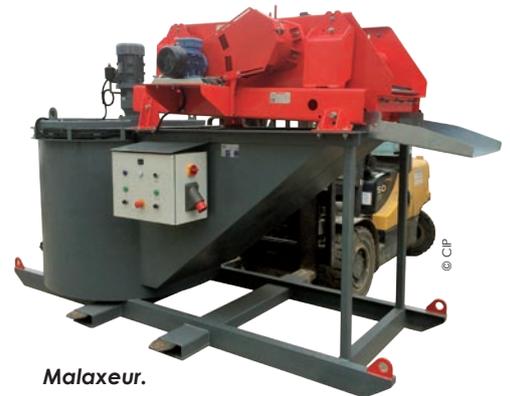
des délais de plus en plus serrés », nous explique Maxime Fernandez, le directeur adjoint de CIP, et fils du dirigeant. En effet, avec l'usage intensif des machines sur chantiers, celles-ci sont soumises à rude épreuve. Foreuses, sondeuses, malaxeurs, turbo-malaxeurs, pompes et centrales d'injection sont les principales machines que l'on retrouve dans le parc de la société pamfolfienne.

MISE EN CONFORMITÉ DES SONDEUSES

CIP a développé une gamme de cage de protection matérielle et immatérielle suite à la mise en place de la norme EN 16228. La société seine-et-marnaise a su s'adapter rapidement à la diversité des modèles actuels du marché. En effet,

elle propose la réalisation et l'installation de la cage de protection propre à chaque machine, quels que soient le modèle et l'année

de la foreuse. Sa force, au quotidien, est de savoir s'adapter en fonction des besoins de ses clients : cage matérielle ou immatérielle, budgets, délais d'immobilisation



Malaxeur.

de la machine (ne devant pas dépasser trois à quatre semaines en atelier). L'innovation et la recherche de qualité ont incité la direction à développer l'installation de la cage dématérialisée pour satisfaire une clientèle en recherche de productivité.

INNOVATION ET PARTENARIAT

En collaboration avec la société Unisol, CIP a su se mobiliser pour proposer une gamme de cages dématérialisées avec l'obligation de maintenir un tarif compétitif. Ainsi, la cage dématérialisée se présente sous forme d'une cage « traditionnelle » dont la porte a été remplacée par des barrières faisant office d'émetteur-récepteur.

Cette évolution est une réelle avancée sur un marché où CIP tire son épingle du jeu. « Nos prix attractifs captent une clientèle visant à optimiser leurs marges, fer de lance de toute entreprise », précise Maxime Fernandez.

La mise en place de cette norme a « boosté » l'activité de CIP, permettant ainsi de proposer la maintenance afférente.

FABRICANT DE MACHINES SPÉCIALES

Grâce à son savoir-faire, CIP a été amenée à présenter une gamme de produits tels que le BRT et la foreuse (PEGASE 36), dont elle maîtrise la chaîne de production (en interne).

L'atout des produits CIP est le « Made in France » avec l'objectif constant de se démarquer de la concurrence de par la qualité des matériaux utilisés, et la personnalisation du produit (dimensions, fournitures, consommables). En effet, cette foreuse-sondeuse, PEGASE 36, avec un poids de 1,9 tonne pour 40 kWh, se distingue grâce à son faible encombre-



Cage immatérielle.



Pegase 36.

ment : un rapport poids-puissance recherché par les utilisateurs. Les paramètres de la machine sont personnalisables à souhait selon les besoins : tête Eurodrill, longueur de mât, couleur. « Notre challenge est de développer la PEGASE 36 sur tout le territoire, mais aussi en dehors de nos frontières », conclut Maxime Fernandez.

LES GRANDES RÉALISATIONS

De la conception à la fabrication, l'équipe de chaudronniers hautement qualifiée est capable de réaliser les pièces les plus complexes, de quelques kilos à plusieurs dizaines de tonnes. La capacité de CIP en équipement et parc machines permet d'obtenir un résultat complet sans sous-traitance, maîtrisant ainsi délais et budget de fabrication.

CIP est capable ainsi de concevoir tout ensemble chaudronné et mécano-soudé incluant l'usinage. Parmi leurs clients, on trouve les acteurs du Grand Paris.

Aude Moutarlier
en collaboration avec
Maxime Fernandez
Directeur adjoint de CIP



LE SPECIALISTE DANS LA
CONCEPTION ET FABRICATION
D'INSTRUMENTATION GEOTECHNIQUE



SYSTEME INCLINOMETRIQUE



ENREGISTREUR OMNIALOG



CELLULE DE CHARGE POUR ANCRAGES

UNE LARGE GAMME DE PRODUITS DE SURVEILLANCE POUR LES PLUS DIVERSES APPLICATIONS: VENEZ LES DECOUVRIR!



Dispositif de mesure de convergence en tête d'alvéole nue.

Les déchets nucléaires en question

Dans un cadre législatif datant de 1991, l'Andra a construit sur la commune de Bure (Meuse), un laboratoire de recherche souterrain, le CMHM (Centre de Meuse/Haute-Marne), dans lequel ont été mises en œuvre des expérimentations à caractère scientifique et technologique, afin d'étudier la faisabilité de stockage profond des déchets radioactifs. EGIS intervient sur différentes missions. Explications.

L'État français a confié en 1991 à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), entre autres missions, la conduite de recherches relatives à la possibilité de stockage en formations géologiques profondes des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

Dans ce but, l'Andra a construit à Bure un laboratoire de recherche souterrain, dans lequel ont été mises en œuvre des expérimentations à caractère scientifique et technologique.

Les ouvrages souterrains de ce laboratoire comprennent :

- un puits d'accès de 5 mètres de diamètre fini et de 500 mètres de profondeur ;

- un puits auxiliaire de 4 mètres de diamètre fini et de 500 mètres de profondeur, distant de 100 mètres du puits principal,

- une niche horizontale d'expérimentations située à 445 mètres de profondeur à partir du puits d'accès ;

- un réseau de galeries accessible à 490 mètres de profondeur.

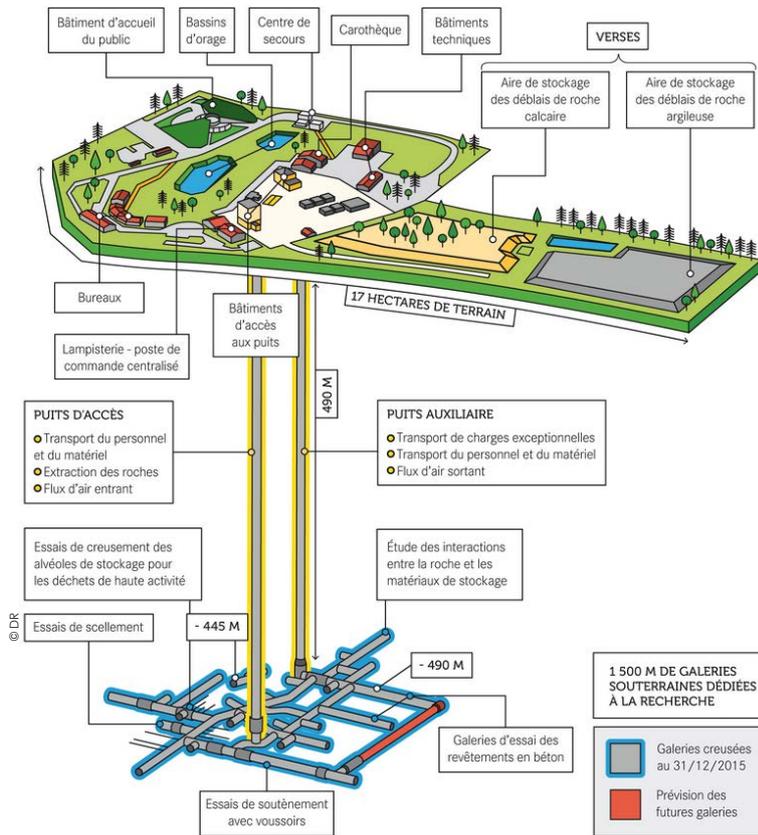
Le programme multidisciplinaire (géologique, hydrogéologique, géochimique et géomécanique) engagé par l'Andra dans ce laboratoire souterrain comporte un certain nombre d'expérimentations destinées à évaluer la constructibilité, la sûreté et la réversibilité d'un éventuel stockage de déchets radioactifs dans les argillites du

Callovo-Oxfordien âgées de 160 millions d'années.

Egis Géotechnique assure pour ce projet des missions depuis 2001 (première mission d'auscultation géomécanique du puits principal d'accès pendant son creusement), et plus particulièrement une mission d'instrumentation des prototypes d'alvéoles de stockage (70 centimètres de diamètre et 40 mètres de longueur).

À noter que des dispositifs spécifiques ont été développés par Egis dans le cadre de ces expérimentations scientifiques afin d'analyser le comportement de ces ouvrages souterrains.

À travers ce programme de recherche, de nouvelles technologies



Plan du laboratoire souterrain avec ses installations souterraines et ses installations de surface

Schéma d'implantation du laboratoire.

de capteurs sont développées dans le cadre du suivi à long terme des ouvrages souterrains.

AUSCULTATION ET INSTRUMENTATION DES ALVÉOLES HA

Le présent article évoque l'auscultation et l'instrumentation des alvéoles HA (nues ou avec chemisage acier) proposées par Egis Structures & Environnement (Egis Géotechnique) : auscultation vidéo, mesures de section et trajectométrie géoréférencées, puis instrumentation des alvéoles par mesures de convergence longue durée selon des sections instrumentées, associées à des mesures de température et humidité relative, mesures de déformation et mesures de température et déformation par technologie à fibre optique.

Nous rappelons ci-après le concept des alvéoles HA qui consistera en un tunnel horizontal borgne d'au moins 80 mètres de longueur et d'environ 700 millimètres

Essais sur Béton - Géotechnique Auscultation & Instrumentation

- Suivi des déformations des parois par inclinométrie,
- Mesures des contraintes par jauges noyées ou collées,
- Suivi des tassements (tassomètre, profilomètre, inclinomètre...),
- Contrôles de fondations par transparence, impédance, sismique parallèle ou par réflexion,
- Essais de contrôle et de réception (essai de portance sur pieux ou sur inclusions, essais de traction sur clous et sur tirants...),
- Études de formulation de bétons et de coulis (entreprises, centrale BPE...),
- Bétons d'études et de convenance,
- Essais sur éprouvettes de béton et de coulis (compression, traction).

info@apc-ingenierie.com
www.apc-ingenierie.com

HISTORIQUE DU LABORATOIRE

Août 1999 : L'Andra est autorisée à construire et exploiter le laboratoire souterrain jusque fin 2006

Août 2000 : Début du creusement du puits principal (6 mètres de diamètre excavé)

Novembre 2000 : Début du creusement du puits auxiliaire (5 mètres de diamètre excavé)

Mai 2004 : Arrivée du puits principal dans l'argilite du Callovo-Oxfordien à - 420 mètres

Octobre 2004 : Arrivée du puits auxiliaire à - 490 mètres, les galeries sont creusées au brise-roche hydraulique

Novembre 2004 : Mise en service de la galerie expérimentale (galeries dédiées aux expérimentations scientifiques) à - 445 mètres (puits principal)

Février 2005 : Creusement des galeries expérimentales à partir du puits auxiliaire

Janvier 2006 : Arrivée du puits principal à - 490 mètres

Avril 2006 : Jonction de l'ensemble des galeries

Avril 2008 : Reprise du creusement

Avril 2009 : Première campagne d'essais de creusement d'alvéoles HA

Juin 2009 : Ouverture de l'espace technologique sur la commune de Saudron (Haute-Marne)

Novembre 2009 : Test d'une nouvelle machine de creusement : la machine à attaque ponctuelle

Mai 2010 : Essai d'un nouveau type de soutènement souple (cales compressibles en béton)

Juin 2010 : Deuxième campagne d'essais de creusement d'alvéoles HA

Octobre 2011 : Essai de soutènement rigide (revêtement en béton)

Décembre 2011 : Prolongation de l'autorisation d'exploitation du laboratoire jusqu'en 2030

2012 : Test de thermique à l'aide d'un colis factice chauffant au sein d'une alvéole HA

Mai 2013 : Creusement à l'aide d'un tunnelier à attaque ponctuelle, capable de mettre en place un soutènement avec voussoirs au fur et à mesure du creusement.

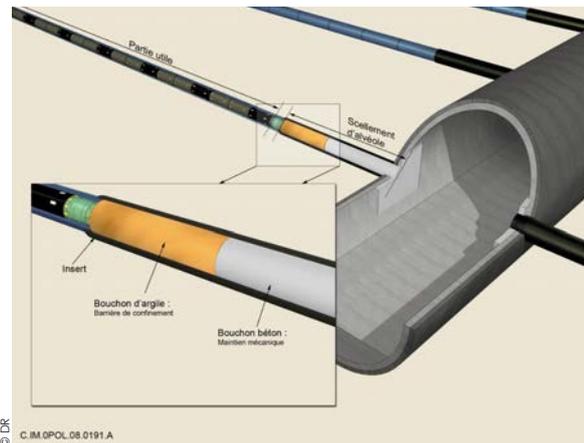


Schéma de principe des alvéoles HA.

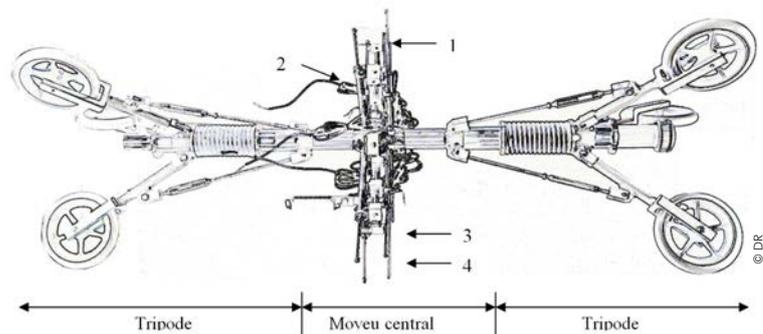


Fig. 1 : vue d'ensemble d'une section de mesure de convergence.

de diamètre, équipé d'un chemisage métallique d'au moins 25 millimètres d'épaisseur sur toute sa longueur. La configuration horizontale de l'alvéole justifie la présence de ce chemisage pour contenir la convergence des argilites et permettre la mise en place et le retrait éventuel des colis de stockage pendant la période séculaire de réversibilité.

L'alvéole comporte une partie « utile » destinée au stockage des colis de déchets, et une tête d'alvéole destinée à la fermeture de l'alvéole.

DISPOSITIF DE CONVERGENCE

Afin d'effectuer, en continu, les mesures de convergence des alvéoles HA, Egis Géotechnique a conçu, réalisé et mis en place des dispositifs mécaniques (Cf. figure 1 ci-dessus) dont les principaux éléments sont :

- 6 roues disposées à 120° (tripodes) afin d'assurer le centrage du dispositif de mesures ;
- 8 couples vérin (2) / capteur (1) de déplacement : le vérin permettant de rétracter les tiges des capteurs de déplacement, puis ces

derniers permettant des mesures au 10^e de millimètre ;

- contrôle de l'orientation par un capteur inclinométrique (3) embarqué ;
- mesure de température et humidité (4).

Ces dispositifs présentent l'avantage de pouvoir être couplés (par exemple, 4 sections de mesure ont été mises en place dans une alvéole de 20 mètres), adaptés aux sections des alvéoles (prises en compte des hors-profil, breakout,...) et ils demeurent amovibles.

ALVÉOLES CHEMISÉES

Des alvéoles chemisées de 20 à 40 mètres (soutènement acier de 20 millimètres d'épaisseur) ont également été réalisées par l'Andra. Afin d'étudier le comportement mécanique et thermique de ces ouvrages, des instrumentations ont été spécifiquement développées. Les capteurs suivants ont été mis en œuvre :

- jauges de déformations dans les trois directions, en partie interne ou externe du chemisage ;
- capteurs d'humidité relative de l'espace annulaire ;

- cannes de convergences horizontales et verticales ;
- capteurs de pression d'eau dans l'espace annulaire ;
- capteurs de pression totale appliquée au chemisage ;
- capteurs de déplacement, reprise de jeu chemise / roche ;
- ligne de capteurs de température (pour les sollicitations thermiques des alvéoles).

INSTRUMENTATION PAR FIBRE OPTIQUE

En parallèle des instrumentations dites « classiques » dans le domaine de la géotechnique, des capteurs plus innovants utilisant la technologie à fibre optique ont été mis en place. Il s'agissait d'installer plusieurs fibres optiques le long du chemisage de 40 mètres (en externe et en interne) pour mesurer le comportement thermomécanique « global » du chemisage. Aujourd'hui, de nouveaux programmes d'instrumentation des alvéoles sont en cours, des instrumentations innovantes sont étudiées dans le cadre de

programmes R&D, mais également dans le cadre d'applications industrielles de nouvelles technologies de capteurs. Ces dispositifs d'auscultations pourraient être envisagés au sein du futur site de stockage (projet CIGEO).

L'auscultation des alvéoles nues ou chemisées permet d'apporter des informations complémentaires sur le comportement des argilites du Callovo-Oxfordien et sur l'état de surface de la paroi.

En complément, les dispositifs de convergence permettent d'effectuer un suivi de longue durée de l'évolution des convergences (ainsi que température et hygrométrie). On a ainsi pu constater que le massif converge principalement suite à l'excavation et la libération des contraintes.

L'instrumentation complémentaire en alvéoles chemisées intégrant des mesures de déformations du chemisage, des mesures de conditions hydriques à l'interface acier/roche, et des mesures réparties de température et déformations à l'aide de fibres optiques



Mise en œuvre de capteurs fibre optique et traditionnels dans une alvéole du CMHM.

permettent d'apporter des informations supplémentaires quant aux modalités de mise en charge mécanique du chemisage par le massif.

Les expérimentations en cours démontrent l'intérêt et l'avantage de l'utilisation de la technologie fibre optique dans le domaine de la géotechnique particulière (ouvrages souterrains à grande profondeur, et éventuels ouvrages futurs de génie civil non accessibles à moyen terme).

Olivier Gay
Responsable département
Instrumentation & Pathologie
Egis Géotechnique

- # GEOTECHNIQUE
- # GEOPHYSIQUE
- # HYDROGEOLOGIE
- # LABORATOIRE D'ANALYSES
- # GEOLOGIE ET RISQUES NATURELS
- # CONCEPTION GEOTECHNIQUE
- # PATHOLOGIE DES STRUCTURES
- # EAU ET ENVIRONNEMENT
- # FORMATION
- # GEOTECHNIQUE ROUTIERE ET TERRASSEMENT
- # INSTRUMENTATION
- # CONTROLE ET ESSAIS
- # TOPOGRAPHIE
- # DETECTION DE RESEAUX
- # ETUDES D'EXECUTION
- # BIM
- # LASERGRAMMETRIE

CE QUI EST DESSOUS EST ESSENTIEL

UN SOLIDE ENGAGEMENT POUR VOS PROJETS

Depuis 1958, les hommes et les femmes de Fondasol développent un savoir-faire et une expertise uniques en matière d'ingénierie du sol. Jour après jour, notre entreprise participe à l'évolution de ses métiers et des technologies mises en oeuvre. Un engagement qui dépasse les frontières de la géotechnique. Pathologie des structures, Eau et Environnement, Formation, Topographie, Détection, BIM... ces activités on toutes pour ancrage une solide expérience. Faites du sol et du sous-sol vos alliés pour construire l'avenir.

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

www.fondasol.fr



Le foreur a réalisé 68 micropieux de 15,50 mètres de profondeur sur une emprise limitée qui favorisait la création de boues.

Le « 41 » à Vanves : un chantier exemplaire de micropieux

Emprise limitée et milieu agressif, le chantier de fondations spéciales de deux immeubles d'habitation au 41 boulevard du Lycée, à Vanves (Hauts-de-Seine), est caractéristique des nouveaux milieux d'interventions des foreurs en région parisienne. Un chantier exécuté dans les règles de l'art par CAPSOL, avec les conseils de LAFARGEHOLCIM.

Le programme en construction au 41 boulevard du Lycée, à Vanves, est représentatif des programmes d'habitation dans toutes les villes où le foncier est rare.

Les promoteurs immobiliers se voient souvent contraints de développer leur projet sur des emprises de plus en plus réduites, après démolition du bâti existant. En l'occurrence, le terrain ne laisse à disposition qu'à peine 700 m². Une surface suffisante à Sofaprom, le maître d'ouvrage, et Cube Architectes, son maître d'œuvre conception, pour implanter deux

immeubles R + 7, hébergeant 35 appartements, studios et 5 pièces duplex en étages élevés. Enclavée entre pavillons et immeubles existants, bordée par le boulevard du Lycée et l'avenue du Général-de-Gaulle, l'enceinte offre un espace difficile d'accès et limité pour l'évolution des machines et le stockage des matériaux. Le sous-sol n'est guère plus propice.

UN SOUS-SOL TYPIQUEMENT PARISIEN

« Typique de la région parisienne, le sous-sol à dominante marno-

calcaire est de mauvaise qualité. C'est d'ailleurs ce qui justifie notre intervention en fondations spéciales », explique Pascal Granieri, P-DG de l'entreprise de forage Capsol.

« En tête, on rencontre un terrain limoneux, puis une majorité de marne, et enfin du calcaire. Bref, il faut forer en profondeur pour trouver des roches qui accrochent », ajoute-t-il.

C'est la technique d'injection de coulis de ciment qui a été choisie pour consolider les terrains.

Plus précisément, la charge des immeubles à venir sera fondée sur 68 micropieux se répartissant entre l'immeuble A (34 micropieux), l'immeuble B (30 micropieux), auxquels s'ajoutent 4 micropieux pour la grue à tour utilisée le temps du chantier. Les descentes de charges s'échelonnent de 40 à 62 tonnes. Pour les reprendre, l'entreprise a réalisé des micropieux d'une longueur de 15,50 mètres pour un diamètre de 200 millimètres, équipés de tubes métalliques de 89 millimètres de diamètre pour une épaisseur 12 millimètres.

« Nous n'avons pas rencontré de difficultés particulières lors des forages en eux-mêmes. Il est vrai que nous avons une foreuse Casagrande C5 XP de dernière génération qui a une bonne vitesse de rotation, 600 tr/min. C'est important dans les marno-calcaires. Le seul facteur qui a ralenti notre travail, c'est l'incapacité du terrain trop exigü à absorber les eaux de forage. Nous avons, de ce fait, des difficultés de circulation sur le chantier. Il nous a souvent fallu attendre que les boues soient évacuées par l'entreprise de gros œuvre », indique Pascal Granieri, dont l'intervention de quatre semaines s'est achevée le 29 septembre 2016.

« SE PRÉMUNIR CONTRE LES ATTAQUES CHIMIQUES »

Afin d'assurer la qualité de son travail sur la durée, Capsol a pris l'option d'un ciment de liaison PM-ES (Prise Mer – Eaux Sulfatées). « Les terrains parisiens sont réputés comme étant des milieux agressifs. En présence d'eau, le calcaire peut devenir "abrasif" et affecter les micropieux. Parallèlement, le terrain accueillait naguère un garage. Je n'ai pas voulu prendre de risques et j'ai suivi les conseils de mon contact chez

« Pour l'ensemble du chantier, nous avons utilisé une quarantaine de tonnes de ciment... »

Lafarge Holcim », indique le P-DG de l'entreprise. « L'Injektis® est notre ciment dédié pour les fondations spéciales et les injections. Sa principale caractéristique est de présenter une excellente résistance aux

attaques sulfuriques, aux acides et aux chlorures marins. Il est fabriqué pour procurer un très bon malaxage du coulis, présenter une très grande fluidité d'écoulement et de pompabilité, ce qui facilite la mise en œuvre

tout en assurant un remplissage homogène », poursuit Ahmed Kedjam, responsable de secteur pour LafargeHolcim.

Côté caractéristiques, l'Injektis® est un ciment CEM II qui atteint des résistances moyennes respectives de 5, 15 et 57 MPa à 1 jour, 2 jours et 28 jours. Son début de prise commence 3 heures après injection et sa masse volumique est de 3 g/cm³.

40 TONNES DE CIMENT CONDITIONNÉES EN SACS DE 25 KILOS

« Pour l'ensemble du chantier, nous avons utilisé une quarantaine de tonnes de ciment en suivant les préconisations du fabricant d'un mélange à 1 200 kg/m³ d'eau », indique Pascal Granieri qui apprécie particulièrement le conditionnement en sac de 25 kilos. « C'est moi qui alimente la centrale à ciment. Je peux vous dire que la différence est sensible avec les sacs de 35 kilos, surtout en fin de journée ! Je ne regrette pas du tout le léger surcoût, mais plutôt que les distributeurs de la marque n'en proposent pas systématiquement sur l'ensemble du territoire », dit le spécialiste, dont l'entreprise basée à Toulouse intervient de Strasbourg à Brest, et de Lille à Nice.

Sa fidélité à LafargeHolcim tient au fait qu'il dispose des mêmes



La nature des terrains a conduit l'entreprise à prendre l'option d'un ciment Injektis® de LafargeHolcim pour trouver de hautes performances de résistance aux agressions chimiques.

conditions de paiement et de la même qualité de service partout en France. Pour son chantier parisien, il a pu se faire livrer en quantité limitée afin de ne pas trop encombrer l'espace restreint. « À Paris, nous utilisons des porteurs de 15 tonnes qui accèdent aux chantiers les plus difficiles à desservir. De plus, nous pouvons alimenter les travaux progressivement en effectuant les livraisons par 6 palettes de 1,4 tonne », précise Ahmed Kedjam.

Philippe Morelli



Nuits blanches sur le périphérique lyonnais pour **Soletanche Bachy** et **Sefi-Intrafor**

Phase de forage.

En 1999, la catastrophe du tunnel du Mont-Blanc a fait évoluer les réglementations françaises et européennes en matière de sécurité. Dans ce cadre, la métropole du Grand Lyon a engagé de lourds travaux dans les quatre tunnels du boulevard périphérique nord. Soletanche Bachy et Sefi-Intrafor sont intervenus sur le projet pour traiter le terrain par injection avant le percement de nouveaux intertubes. Un chantier complexe, notamment côté logistique, avec des travaux essentiellement de nuit et des amenés-replis quotidiens du matériel.

Les travaux de mise en sécurité des tunnels du périphérique nord ont commencé début 2016 et sont prévus jusqu'au printemps 2018. Ils prévoient :

- la création d'issues de secours supplémentaires ;
- une augmentation du niveau de tenue au feu des ouvrages ;
- l'amélioration des systèmes d'évacuation des fumées ;
- le renouvellement des équipements de sécurité (réseau d'appels d'urgence, détection d'incendie...).

Un groupement – Razel-Bec / Satelec – a été mandaté pour réaliser l'ensemble des travaux de mise aux normes, épaulé par un certain nombre de prestataires pour les missions spécialisées.

Sur les 13 nouveaux intertubes (le double de ceux existants actuellement) à créer pour réaliser des issues de secours supplémentaires, 4 sont dans des terrains alluvionnaires sous nappe : il était donc nécessaire de réaliser un traitement du terrain par injection avant de percer les tunnels. Le groupement

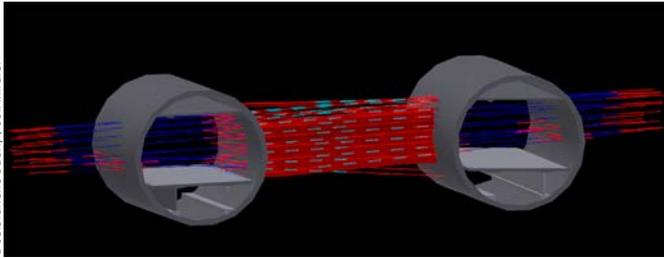
LE CHANTIER EN QUELQUES CHIFFRES :

- 3 ans de travaux, dont 8 mois d'injections
- 350 forages entre 8 et 10 m de longueur
- 8 mois de forage et d'injections
- 4 ateliers de forage
- 3 centrales
- Entre 40 et 60 personnes mobilisées

Soletanche Bachy / Sefi-Intrafor a été choisi pour prendre en charge ces travaux spécialisés, afin de créer une coque étanche pour creuser le tunnel sans arrivée d'eau.

UNE LOGISTIQUE IMPRESSIONNANTE

Pour des raisons de sécurité des usagers et des équipes travaux, une fermeture complète des ouvrages est nécessaire pendant toute la durée des travaux, les nuits de semaines (de 21 heures



Vue 3D des tirs d'injection au niveau d'un intertube.



Forage avec machine à gabarit réduit MC-4D dans la galerie à air frais.

PRINCIPAUX INTERVENANTS :

- **Maîtrise d'ouvrage** : Leonor, pour la métropole du Grand Lyon
- **Groupement de conception-construction** : Razel-Bec / Satelec (Fayat)
- **Assistante technique** : MC Consulting
- **Sous-traitant fondations spéciales** : groupement Soletanche Bachy / Sefi-Intrafor

à 6 heures, avec fermeture progressive des bretelles d'accès dès 20 h 30), certains week-ends et durant cinq semaines complètes en été 2016 et en été 2017.

Chaque soir, à 21 heures, un convoi minuté part de la base pour gagner les postes de travail. À 5 heures du matin, les convois repartent direction la base vie afin de laisser place aux balayeuses pour le nettoyage des voiries avant la réouverture à 6 heures. Il fallait donc amener et replier le matériel toutes les nuits. La logistique, aspect primordial pour réaliser les travaux dans les meilleures conditions, a dû être minutieusement préparée.

Une partie importante se joue le jour. À cet effet, une équipe était dédiée à la préparation du convoi, pour le ravitaillement et l'entretien des engins, et les quantités nécessaires en matériaux (bentonite, ciment...), ainsi qu'en matériel (raccord, vannes pour le SAS, tubes à manchettes...). Cette équipe a été indispensable au bon déroulement des travaux de nuit.

Le matériel de forage et les centrales d'injection étaient, quant à eux, sur 6 semi-remorques et porte-chars, accompagnés de 5 nacelles, 4 camionnettes, quelques véhicules légers et des roulottes.

DU MATÉRIEL ADAPTÉ À DES CONDITIONS HORS NORMES

Si les forages se faisaient d'une part dans les tunnels empruntés par les véhicules, donc accessibles facilement, ils se faisaient également dans les galeries à air frais situées... sous la route ! Dans les tunnels, les foreuses étaient donc amenées chaque jour sur porte-char, et les ateliers installés sur des semi-remorques. Pour les travaux dans les galeries, il a fallu utiliser deux foreuses à gabarit réduit (MC4D) et des centrales mobiles que les équipes ont dû démonter pour pouvoir les descendre sous la route par un accès aménagé à l'une des extrémités du tunnel avec un treuil d'une capacité maximum de 2,5 tonnes et une hauteur limitée à 2 mètres, avant de les acheminer sur quelques kilomètres jusqu'aux différents sites du chantier.

DES FORAGES SOUS SAS SPÉCIFIQUES

Tous les forages se sont faits sous BOP SAS (SAS Blow Out Preventer : accessoire pour forer sous nappe en reprenant la compression) en roto-percussion, à 10 mètres

QUELLES ÉTAIENT LES PARTICULARITÉS DE CE CHANTIER ?

« La gestion des 6 à 7 ateliers en simultané était un élément important du chantier, tout comme l'utilisation des nacelles obligatoires sur une grande partie des forages nécessitant la mise en place de formations sur place au personnel. Mais la logistique de préparation du convoi était l'un des points primordiaux du projet, dans un contexte où quelque 200 personnes pouvaient travailler en même temps, dans les quatre tunnels, chaque nuit. Les équipes de jour devaient donc préparer minutieusement la logistique nécessaire aux travaux de nuit, en coordination avec les autres entreprises intervenantes, avec des plannings et emplacements mobiles d'une journée à l'autre. »

Alain Saleh

Conducteur de travaux
Sefi-Intrafor

de profondeur et en diamètre 89 millimètres.

Un carottage préalable des voussoirs, sans débouchage, était d'abord réalisé avant le forage. Les sas étaient ensuite installés, puis le forage réalisé. La phase d'injection pouvait être lancée, en deux temps : d'abord du coulis de bentonite ciment ; puis des injections de gel à base de silicate.

UN ENCADREMENT SÉCURITÉ RENFORCÉ

Si les deux entreprises veillent au quotidien aux impacts de leurs chantiers en termes de qualité, de sécurité et d'environnement, un chantier comme celui-ci, impliquant entre 40 et 60 personnes chaque nuit sur 6 à 7 ateliers différents, a nécessité une grande implication de l'encadrement sur la sécurité. Les services prévention de Soletanche Bachy et de Sefi-Intrafor ont été présents chaque semaine, en alternance, pour épauler les équipes et veiller à ce que le chantier soit réalisé dans les meilleures conditions de sécurité.

Aude Moutarlier

en collaboration avec Sefi-Intrafor



Colombie : Au port d'Aguadulce, la préfabrication « booste » les délais

© Soletanche Bachy

Vue d'ensemble du chantier.

Afin de développer et renforcer le port d'Aguadulce, un nouveau terminal à conteneurs multi-utilisateurs a vu le jour après moins de deux ans de travaux. La réalisation de cette infrastructure portuaire, soumise à des contraintes de planning serré, a nécessité des études de design spécifiques, et la mise au point d'éléments structuraux particuliers. Soletanche Bachy Cimas et la direction Grands Projets du groupe, associés au colombien ConConcreto, se sont chargés des études et de la construction.

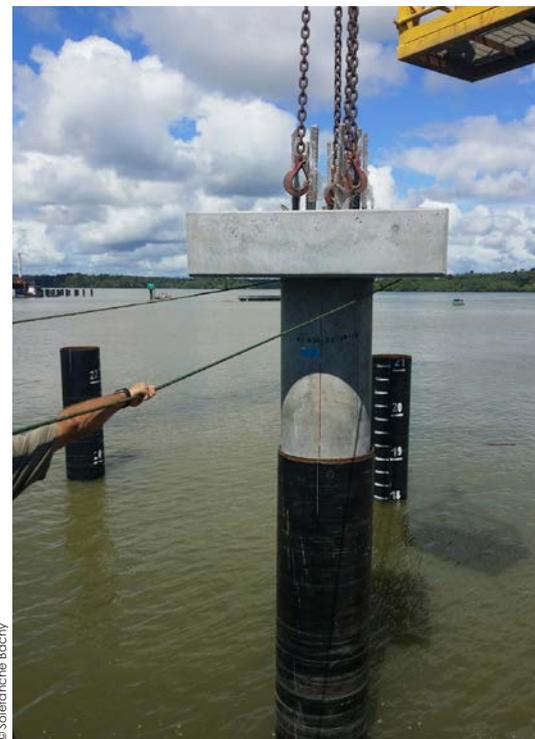
La ville de Buenaventura, située dans le département de Valle del Cauca, abrite le port industriel le plus important de Colombie. Situé sur la côte pacifique, il occupe une position stratégique pour tous les échanges commerciaux avec la Chine, et, de manière plus générale, avec les autres pays ayant cette façade maritime en commun.

Pour développer et renforcer cet avantage commercial, la Sociedad Puerto Industrial des Aguadulce (SPIA), maître d'ouvrage du chantier, a mis sur pied le projet de terminal à conteneurs multi-utilisateurs d'Aguadulce qui sera raccordé aux infrastructures

existantes via l'aménagement de 21 kilomètres de route d'accès.

Soletanche Bachy Cimas, filiale de Soletanche Bachy en Colombie, et la direction Grands Projets du groupe ont pris part, en groupement avec le colombien ConConcreto, à la construction du quai de 600 mètres de longueur sur 45,60 mètres de largeur, et de sa passerelle d'accès de 165 mètres de longueur (largeur 14 mètres), infrastructures entièrement gagnées sur la mer.

À ces infrastructures s'est ajoutée une plateforme de transition de 832 m² (26 m x 32 m), destinée au transbordement et au stockage des conteneurs.



© Soletanche Bachy

Mise en place des têtes de pieux « bouchon de champagne ».

PRÉDILECTION À LA PRÉFABRICATION

Le chantier a dû être réalisé dans les délais impartis, soit moins de deux ans. Pour ce faire, le groupement qui a effectué

**QUELLES ÉTAIENT
LES PARTICULARITÉS
DE CE CHANTIER ?**

« La marée – deux marées de 4 mètres par jour – n'a pas été, en soi, une difficulté durant la mise en œuvre, mais plutôt lors des phases d'approvisionnement. Le transport des tubes s'effectuait, en effet, par voie maritime, l'accessibilité à la zone de fabrication, située à une vingtaine de minutes en bateau, fluctuant en fonction des marées. Contrainte qui s'est reproduite lors de l'acheminement des premiers éléments préfabriqués, produits également dans une zone spécifique éloignée du chantier, avant que l'achèvement des travaux de la plateforme et de la passerelle ne permette leur transport par camions, depuis la terre ferme. »



© Soletanche Bachy

Ateliers de mise en place des pieux (ponton flottant et plateforme sur pieux).

les travaux dans le cadre d'un projet en études et construction a apporté quelques modifications, le but étant de simplifier les travaux. Du fait de la situation en mer, il a donc été décidé de privilégier au maximum la préfabrication afin de minimiser les opérations de coulage. Cette modification a par ailleurs permis d'alléger la structure, et donc de garantir une meilleure résistance aux séismes. Dans la pratique, le quai est fondé sur 486 pieux métalliques (1 219 millimètres et 914 millimètres de diamètre) vibrés battus classiquement – 60 éléments pour la plateforme et la passerelle

d'accès – répartis sur six files espacées de 7,60 mètres (trame longitudinale de 7,50 mètres). Ces éléments, ancrés de 10 à 20 mètres dans le sol, ont une longueur variant de 15 à 51 mètres. Une des principales difficultés a, en effet, découlé du caractère hétérogène des terrains, constitués principalement d'argiles. Cette géologie variable implique parfois de raccourcir les tubes par rapport aux longueurs théoriques des études, ces mêmes calculs devant aussi, à l'inverse, être revus à la hausse dans certaines zones, avec, par conséquent, l'obligation de rallonger les tubes en cours de battage.

**TÊTES DITES DE « BOUCHON
DE CHAMPAGNE »**

L'innovation majeure du projet réside dans la conception des 544 têtes de pieux qui ont été préfabriquées, et non coulées en place comme c'est habituellement le cas sur un ouvrage de ce type, avec le gain de temps et le confort de mise en œuvre que sous-tend cette méthodologie. Ces éléments, qui s'insèrent à l'intérieur du tube – à l'image d'un bouchon de champagne – sont constitués d'une tête béton rectangulaire ou carrée (section de 2,30 m x 2,30 m à 1,00 m x 1,50 m), prolongée par un appendice circulaire en béton



© Soletanche Bachy

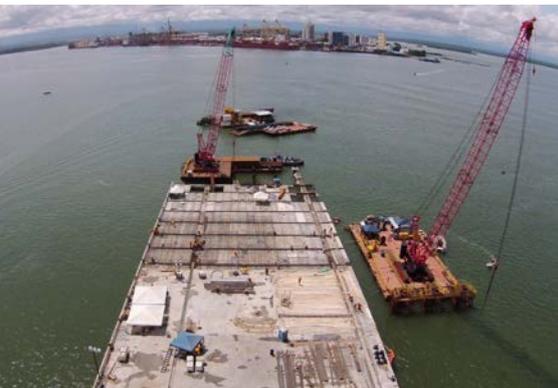
Vibrofonçage des pieux depuis une plateforme (posée sur pieux).

LES PRINCIPALES QUANTITÉS DU CHANTIER :

- 544 pieux diamètre 1 219 mm et 914 mm (longueur 15 à 51 m)
- 546 têtes de pieux
- 621 poutres préfabriquées
- 41 supports de défense
- 1261 prédalles



Installation des prédalles préfabriquées depuis le ponton flottant.



Ferrailage et bétonnage de la dalle de compression.



Porte défense en forme d'équerre en préparation avant installation.



Livraison des premiers portiques.



Installation des poutres, coffrage et bétonnage des nœuds.

armé, de 2,50 mètres à 3 mètres de longueur, qui vient se loger dans le tube, une hauteur libre équivalente ayant été bien entendue préalablement ménagée lors de leur mise en place dans les pieux. La tête de pieu est ensuite solidarisée au reste de la fondation par l'intermédiaire d'un coulis de ciment, après mise en œuvre d'un joint gonflant à la base, injecté dans le vide annulaire résiduel entre la tête et le tube métallique.

Côté formulation, le béton, commun à l'ensemble des éléments préfabriqués, est un C45/60, offrant des performances élevées en termes de densité (perméabilité inférieure à 1 000 coulombs), afin de pouvoir résister au caractère très agressif de l'environnement marin. Une formulation spécifique, à base de fumée de silice, a également été employée pour permettre un décoffrage rapide des pièces préfabriquées, produites à proximité de la ville de Medellín, à deux jours de route du chantier, celles-ci arrivant sur site sept à dix jours après leur coulage. Les travaux se sont poursuivis par la pose des 621 poutres préfabriquées, dont le poids atteignait jusqu'à 30 tonnes pour les plus lourdes (1,33 m x 1,47 m x 6,11 m) ; leur section, ainsi que l'épaisseur des 1 261 prédalles préfabriquées de 19 tonnes maximum (0,38 m x 3,18 m x 6,53 m) avaient été revues à la hausse par rapport au design initial. L'objectif consistait à diminuer l'épaisseur de la dalle de compression, et, là encore, à réduire les opérations de bétonnage *in situ*.

UN PHASAGE À TIROIRS

Autres pièces préfabriquées, prévues initialement coulées en place, constitutives du puzzle : les 41 supports de défense dans lesquels sont ancrés les équipements de protection du quai et les bollards. Ces éléments de 26 tonnes, en forme d'équerre, sont positionnés en console en tête de quai. Ils sont ancrés sur les poutres transversales arrière, leur mise en place et leur maintien, en phase provisoire, étant assurés par un système de support métallique. Quant aux opérations de coulage des nœuds, elles ont été effectuées au moyen d'une centrale à béton (formulation identique à celle des éléments préfabriqués), posée sur un ponton flottant acheminé jusqu'aux zones de bétonnage par l'intermédiaire d'un remorqueur.

À noter que le projet est conditionné par le respect de trois dates de livraison correspondant, chacune, à la réalisation d'une partie spécifique de l'ouvrage. La plateforme, la passerelle et 320 mètres de quai devaient être impérativement terminés le 15 mai 2015 afin de débiter l'installation des rails, permettre la livraison des premières grues portuaires et le travail des équipes en charge de leur montage.

Autres dates butoir : 1^{er} octobre 2015, pour les 80 mètres suivants, et enfin 1^{er} avril 2016 pour l'ensemble du quai. Des exigences de planning qui ont pour conséquence de générer une forte imbrication des tâches, ainsi qu'une grande coactivité sur le chantier. L'un des



© Soletanche Bachy

Premiers portiques installés.

objectifs était donc de pouvoir poser les prédalles et bétonner, après ferrailage, la dalle de compression le plus vite possible, une fois les nœuds coulés – en respectant un temps de séchage moyen de 24 à 48 heures, ceci afin de pouvoir circuler rapidement sur l'ouvrage. Pour ce faire, la dalle

de compression a été coulée au fur et à mesure de l'avancement, en progressant longitudinalement par tronçons de 22,50 mètres (correspondant à trois files de pieux), autrement dit par plots d'environ 1 000 m².

Afin de pouvoir intervenir facilement dans les différentes zones du

chantier, une formulation béton a été spécifiquement développée pour le coulage de la dalle de compression, le béton pouvant être pompé depuis la centrale principale située à terre jusqu'à 350 mètres de distance. En termes de matériels, le projet aura nécessité, outre la centrale sur ponton flottant, 7 grues de manutention (capacités : 3 x 250 tonnes, 1 x 200 tonnes, 3 x 180 tonnes) montées sur plateforme sur pieux ou ponton flottant.

Dernière spécificité du chantier : un effectif de 650 personnes constitué, en grande partie, de main-d'œuvre locale qu'il a fallu former et qualifier, avec pour obligation contractuelle d'avoir 100 % de la main-d'œuvre non qualifiée et 50 % de la main-d'œuvre qualifiée en provenance de la communauté locale.

Karim Cheniour
 Directeur de projet
 Soletanche Bachy

SOLUTIONS DE BUTONNAGE HYDRAULIQUE



PORTÉE LIBRE 49M



CHARGES ÉLEVÉES



PLUS RAPIDE



TRANSPORT PLUS FACILE

- Montage et un démontage rapides
- Capacité de surveillance de charge intégrée
- Précontrainte pour aider à limiter la déflexion
- Grande polyvalence – convient à tous les formats et tailles d'excavation
- Offre une alternative économique à l'acier fabriqué
- Grande capacité de charge
- Applications inclinées ou verticales possibles

www.vpgroundforce.com
 E: info@vpgroundforce.fr



Solutions de Butonnage Hydraulique

TECHNIDRILL relève un nouveau défi avec la « Techni Bio Grease »

Acteur reconnu sur le marché du forage, Technidrill est précurseur en termes de développement de produits biodégradables. Cela répond à la préoccupation grandissante du respect de l'environnement, tant chez les fabricants que chez les utilisateurs, sur un plan législatif comme moral. Pour jouer un plein rôle dans cette transition écologique, l'industriel a innové et propose une nouvelle graisse de forage : la Techni Bio Grease.

Ce produit est vendu en tonnelet de 50 kilos. Il est disponible aussi en pot de 5 kilos, et bientôt en cartouche de 450 grammes pour les travaux acrobatiques.



« C'est une volonté de la part de Technidrill – Eurofor Group d'innover dans cette direction. Il est important pour nous d'être en accord avec les valeurs de nos collaborateurs et de participer au changement en améliorant nos produits, en les rendant plus respectueux de l'environnement et plus durables. Ces préoccupations sont aussi celles des clients, tant en Europe qu'au grand export (60 % du chiffre d'affaires). Forts de la satisfaction de nos clients durant les phases de test, nous avons également décidé de commercialiser la Techni Bio Grease en tant

qu'accessoire, de l'appliquer en première monte sur nos tiges de forage fabriquées à Carros, dans les Alpes-Maritimes », explique Étienne Bosch, directeur d'usine.

C'est aussi pour répondre à une demande grandissante des clients souhaitant respecter l'environnement sur leurs chantiers que Technidrill innove.

En 2015, l'entreprise de conception, fabrication et distribution d'équipements de forage est alors la première à présenter une graisse biodégradable exempte de métaux lourds et autres composants



La Techni Bio Grease se présente de couleur blanche.

LES VALEURS AJOUTÉES DE LA GRAISSE BIO TECHNIDRILL

Techniques

- Hyperadhésive, elle résiste remarquablement à l'eau
- Fluide, elle est facilement applicable par les opérateurs, même à basse température (- 40°C jusqu'à + 130°C)
- Riche et adaptée, elle facilite le démontage et préserve les filetages en conditions complexes : elle est particulièrement recommandée pour les applications sévères (haute pression, températures extrêmes, profondeur et durée de forage importantes)
- Sa couleur blanche facilement reconnaissable apporte à ses utilisateurs une certaine image de marque sur leurs chantiers

Économiques

- Son prix est très compétitif
- Respectueuse, elle protège durablement les équipements et les machines
- Hautement résistante, elle a des propriétés anti-usure renforcées et évite la casse des tiges, les pertes de productivité et coûts de maintenance

Environnementales

- Biodégradable, elle n'affecte en rien l'environnement

néfastes. Aujourd'hui, ce produit est vendu en tonnelet de 50 kilos, en pot de 5 kilos, et bientôt en cartouche de 450 grammes pour les travaux acrobatiques.

Les tiges de forage sont habituellement graissées avec des produits pétrochimiques contenant une forte teneur en lubrifiant sec. Une fois utilisés, leurs composants chimiques se répandent dans la nature, polluant sols et nappes phréatiques. Grâce à sa composition innovante, la Techni Bio Grease n'a, elle, aucun impact sur l'environnement.

UNE MEILLEURE RÉSISTANCE À L'EAU ET UNE MEILLEURE TENUE AUX FILETAGES QUE LES GRAISSES TRADITIONNELLES

De couleur blanche, cette graisse combine à la fois les performances lubrifiantes voulues et l'avantage d'être complètement biodégradable. Spécialement formulée pour répondre aux besoins de tous les secteurs d'activités, elle est composée d'une huile 100 % synthétique particulièrement épaisse, apportant une haute viscosité ainsi qu'un apport conséquent en lubrifiant. Mise à l'œuvre récemment sur un

chantier de carottage à câble, la Techni Bio Grease a permis de monter en pression jusqu'à 250 bars sans que le filetage ne présente de fuite. En utilisation dans des conditions de carottage traditionnel la pression monte jusqu'à 50 bars. Utilisée depuis plus de quatre ans sur divers chantiers à travers le monde, la nouvelle graisse Techni Bio Grease est un produit qui connaît un fort succès. Consciente des enjeux écologiques auxquels font face les entreprises de forage, Technidril innove et montre la voie.

Ophélie Baguet

Technidril – Eurofor Group



LA RÉOLUTION DES SINISTRES

Depuis 4 générations, **Plée TDP** assure **une couverture nationale** au service de la **résolution des sinistres de la construction**.

ÉVALUATION - CALCUL - MISE EN ŒUVRE - REMISE EN ÉTAT



- ✓ INJECTION SOUS DALLE DE COULIS CIMENT NON POLLUANT
- ✓ MICROPIEUX ET TIRANTS
- ✓ TRAITEMENT DES SOLS
- ✓ COMBLEMENT DE CARRIÈRE
- ✓ RENFORT BÉTON
plats carbone - chemisage sur-radier - injection de fissures
- ✓ RENFORT BOIS
MOB - Charpentes et planchers
- ✓ CUVELAGE ET ÉTANCHÉITÉ

Siège :
166, Bd du Montparnasse
75014 Paris
Tél. : 01 42 79 61 26

Agence :
1bis, rue du Docteur Lebled
37210 Rochecorbon
Tél. : 02 47 42 62 26
Fax : 02 47 42 60 62

Email : tplee@wanadoo.fr
www.tdp.fr IIII



✓ INVESTIGATION BOIS ET BÉTON

- sondages destructif et non destructif aux points critiques,
- relevé de la structure,
- historique de la structure et du site.

✓ ÉLABORATION DES SOLUTIONS TECHNIQUES

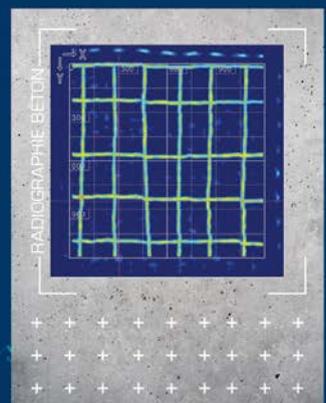
- comparatif des techniques envisageables,
- prise en compte de l'environnement pour une solution adaptée,
- pré-dimensionnement,
- estimation du coût des travaux.

✓ DIMENSIONNEMENT DE LA SOLUTION

- dimensionnement des renforts,
- définition des contrôles d'exécution,
- compte rendu contenant descriptif des travaux, plans et notes de calcul.

www.tdp.fr IIII

++
PLÉE Ingénierie
au service des travaux spéciaux



Siège :
166, Bd du Montparnasse - 75014 Paris
Tél. : 01 42 79 61 26

Agence :
1bis, rue du Docteur Lebled
37210 Rochecorbon
Tél. : 02 47 42 62 26
Fax : 02 47 42 60 62
Email : tplee@wanadoo.fr



L'hydrogéologie appliquée au génie civil et au bâtiment



Projet de centre commercial : la présence d'eau souterraine à faible profondeur et susceptible de remonter à la surface du terrain a nécessité la mise en œuvre d'un dispositif de drainage sous l'ensemble du projet. L'option d'un tapis drainant granulaire sous le projet a été choisie. La superficie du dispositif de drainage est de l'ordre de 50 000 m² et celui-ci ne devrait fonctionner qu'en période exceptionnelle.

Sébastien Mariné, ingénieur hydrogéologue au service calcul géotechnique à l'ERG, nous offre son point de vue sur l'intégration des contraintes liées aux eaux souterraines lors de la réalisation des missions d'ingénierie géotechnique dans les projets de construction d'ouvrages géotechniques.

Ainsi que l'indique la norme AFNOR NF P94-500 (Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications), la géotechnique s'appuie principalement sur les différentes sciences de la terre (géologie, hydrogéologie, mécanique des sols, rhéologie, géophysique, dynamique des sols et géochimie). Les ouvrages de drainage, d'épuisement et de pompage sont décrits par la norme comme des ouvrages géotech-

niques. L'hydrogéologie fait donc partie intégrante de la géotechnique. Partant de ce constat, dès la phase de conception d'un projet, les contraintes liées aux eaux souterraines, au même titre que les contraintes géotechniques liées au sol, doivent être mises en évidence et prises en compte. Les données nécessaires à leur étude doivent être acquises. En phase projet, les contraintes liées aux eaux souterraines pourront ainsi être

étudiées et traitées efficacement. Les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre ont tout à y gagner : optimisation de la phase travaux, protection efficace et pérenne du projet vis-à-vis des eaux souterraines, intégration raisonnée du projet dans son environnement. La présence d'eau dans les sols est un facteur potentiellement dimensionnant pour la réalisation d'un projet de construction, et qui doit être intégré au sein des contraintes

géotechniques dans la conception du projet.

C'est pourquoi, en cas de mise en évidence ou de suspicion de présence d'eau dans les sols, le géotechnicien doit alerter la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre à l'issue des études préliminaires (G1 PGC et G2 AVP). L'intégration d'un hydrogéologue à l'équipe de conception géotechnique et la réalisation des investigations nécessaires à l'identification des contraintes liées aux eaux souterraines permettront la conception et la réalisation d'un ouvrage géotechnique pérenne et adapté à son environnement.

DONNÉES D'ENTRÉE À RECUEILLIR EN PHASE AVANT-PROJET

La norme AFNOR NF P94-500 indique que les investigations géotechniques à mener en phase avant-projet (G1 PGC et G2AVP) doivent permettre de déterminer les caractéristiques hydrogéologiques des sols.

D'une manière générale, les contraintes liées aux eaux souterraines sont de deux ordres :

- contraintes liées au débit d'eaux souterraines à gérer en phase provisoire et parfois en phase définitive (dans le cas de drainage permanent ou saisonnier) ;
- contraintes liées au niveau des eaux souterraines et notamment leur niveau exceptionnel EE conditionnant les sous-pressions à reprendre par le projet et la hauteur de cuvelage à envisager.

La conception optimale d'un projet implique donc la connaissance la plus précise possible de ces contraintes.

Dans le cas de la mise en évidence d'eaux souterraines à faible profondeur au droit du site, l'identification des contraintes liées aux eaux souterraines nécessite une acquisition de données qui doit être effectuée et/ou entamée dès les études d'avant-projet (G1 / G2 AVP) notamment pour des raisons

d'auscultation dans la durée : mise en œuvre d'un suivi piézométrique de longue durée (qui constitue l'une des données d'entrée, et non la seule, pour l'estimation prévisionnelle des niveaux remarquables des eaux souterraines au sens du DTU 14.1) selon les besoins du projet, des essais de perméabilité ou de pompage pour la définition de la perméabilité des formations sous le site sont nécessaires pour l'estimation des débits.

EXPLOITATION DES DONNÉES EN PHASE PROJET

Parmi les ouvrages géotechniques, les ouvrages permettant la gestion des contraintes hydrogéologiques doivent être dimensionnés de manière efficace. Il s'agit notamment, en phase G2PRO et sur la base des résultats des investigations menées lors des études préliminaires, de définir :

- les niveaux remarquables des eaux souterraines (eaux basses

Enka® solutions

Géosynthétiques hautes performances pour le génie civil et les travaux publics

Légers, souples et faciles à installer, partout dans le monde, les produits Enka Solutions accompagnent les projets les plus exigeants.



Enkadrain TPL/1-1s - LGV SEA-Poitiers (F)

 Progress through performance
A Low & Bonar solution

Low & Bonar

12 rue de la Renaissance / 92184 Antony Cedex / T +33 1 57 63 67 40
info@enkasolutions.com / www.enkasolutions.com



© ERG

Projet de logements collectif : la présence d'eau souterraine à faible profondeur était susceptible de remettre en cause la réalisation du projet. Une alternative à la solution de radier cuvelé a été mise en œuvre afin de permettre la réalisation financière du projet : un tapis drainant géosynthétique sous dallage a permis de réduire les coûts tout en assurant la pérennité du projet vis-à-vis des eaux souterraines (sous pression). La superficie du drainage est de l'ordre de 3 200 m² et le débit de drainage estimé à 100 m³/h en période exceptionnelle.

[EB], eaux hautes [EH] et eaux exceptionnelles [EE]) au sens du DTU 14.1 – étude élaborée à partir notamment de suivis piézométriques, d'enquêtes sur site, d'études d'influence de pompage et d'onde de crue / marée,...) ;

- le débit résiduel à gérer en phase provisoire, et de proposer / dimensionner les solutions de gestion compatibles avec les ouvrages géotechniques envisagés, dans le cas d'une structure drainée en phase définitive, le débit de drainage en phase définitive, et de dimensionner le dispositif de drainage à mettre en œuvre.

Les eaux souterraines ayant un impact majeur sur les ouvrages géotechniques du projet, les études hydrogéologiques de projet doivent être menées par un hydrogéologue spécialisé en coordination, et au sein de l'équipe chargée de la conception et de l'exécution de ces ouvrages.

Cette coordination entre les spécialistes permet une optimisation des ouvrages géotechniques en adéquation avec les contraintes hydrogéologiques propres à chaque site.

INTÉRÊT POUR LES MAÎTRES D'OUVRAGE ET MAÎTRES D'ŒUVRE

Étudier un projet intégrant les solutions vis-à-vis de l'ensemble des contraintes géotechniques, et donc hydrogéologiques, présente, pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, un intérêt certain aux différents stades du projet :

- intégration de la contrainte hydrogéologique dès le démarrage de la conception du projet en interaction avec les ouvrages géotechniques envisagés ;
- conception du projet optimisée prenant en compte les différentes contraintes du site et de son environnement ;
- dimensionnement des solutions de gestion des eaux souterraines en phases provisoire et définitive, et intégration dans le dossier de consultation des entreprises. La consultation des entreprises est donc complète et intègre les aspects hydrogéologiques. La maîtrise d'ouvrage / d'œuvre sécurise ainsi sa consultation des entreprises et s'épargne les coûts de travaux non prévus de gestion des eaux souterraines.

Le traitement des problématiques hydrogéologiques en parallèle et

en lien avec l'ensemble des problématiques géotechniques est mis en œuvre par le bureau d'études ERG depuis de nombreuses années. Cette méthodologie est appliquée sur tous les projets susceptibles d'être en interaction avec les eaux souterraines, afin d'offrir aux maîtres d'ouvrage la mise en œuvre de solutions adaptées au projet et à son environnement, source d'économies : économie en phase provisoire avec la mise en œuvre de dispositifs de gestion des eaux souterraines optimisée ; respect des délais et des coûts ; économie en phase définitive avec un projet optimisé et sécurisé vis-à-vis de son environnement géotechnique et hydrogéologique (par exemple mise en œuvre, dans le cas de sols possédant des caractéristiques géomécaniques suffisantes, de fondations légères, drainées en lieu et place de fondations lourdes de type radier).

Cette approche globale de la gestion des contraintes géotechniques et hydrogéologiques est intégrée dans la norme AFNOR NF P94-500.

Sébastien Mariné

Ingénieur hydrogéologue,
service calcul géotechnique ERG



Vue du site archéologique de la plaine de l'Arroux. Le théâtre est situé dans le champ cultivé au premier plan. En arrière-plan, le temple de Janus et la ville d'Autun.



Découverte d'une voûte effondrée lors du décapage de surface de la fouille archéologique en 2014.

Quelles fondations pour le théâtre antique de la plaine de l'Arroux, à Autun ?

Comment les constructeurs gallo-romains d'un théâtre de 15 000 places ont-ils appréhendé la question des fondations de l'ouvrage sur les alluvions hétérogènes de la plaine alluviale de l'Arroux, aux portes d'Autun ? C'est à cette question que tentent de répondre les étudiants du master de géologie appliquée de l'université de Franche-Comté, dans le cadre d'un projet de recherche collaboratif et innovant qui bénéficie du mécénat de la société Hydrogéotechnique, bureau d'études des sols et fondations.

Avec près de 15 000 places, 116,5 mètres de diamètre et deux ou trois étages de gradins, le théâtre antique extra-muros construit dans la plaine alluviale de l'Arroux, aux portes de la ville d'Autun, vers la fin du 1^{er} siècle apr. J.-C., est l'un des plus grands théâtres de la Gaule romaine. Cette construction imposante, construite principalement en grès, s'inscrivait dans un vaste

ensemble culturel et balnéaire établi aux portes de la ville allo-romaine. Sans doute utilisé pour de grandioses festivités, le théâtre était associé à un ensemble de temples, de thermes, de tavernes et d'ateliers qui devaient accueillir de nombreux visiteurs venus de toute la région lors de grands pèlerinages annuels.

De ce vaste complexe, il ne reste

aujourd'hui sur pied que la tour du temple de Janus qui surplombe la plaine alluviale de ses 24 mètres de hauteur, et qui a miraculeusement traversé les siècles.

En effet, le théâtre et les autres bâtiments du site ont été abandonnés avant la fin du III^e siècle de notre ère, puis totalement démantelés au cours des siècles suivants. Le théâtre lui-même n'a été découvert sous les cultures de

céréales qu'en 1976, à l'occasion d'une prospection aérienne.

Il fait aujourd'hui l'objet d'un projet de recherche archéologique mené par le service archéologique de la ville d'Autun, l'université de Paris-I-Panthéon-Sorbonne et les archéologues du laboratoire de chrono-environnement des universités de Bourgogne et de Franche-Comté. Des prospections géophysiques et deux campagnes de fouilles menées sur une partie de l'édifice ont permis d'en appréhender le plan et de reconnaître très partiellement les premières assises de construction jusqu'au niveau supérieur des fondations.

UNE CONSTRUCTION IMPOSANTE FONDÉE SUR LES ALLUVIONS

À l'occasion d'une discussion informelle entre géologues et archéologues du laboratoire CNRS chrono-environnement, la question des techniques de fondation fut abordée un peu par hasard. Comment l'ouvrage a-t-il été fondé sur les alluvions hétérogènes de la plaine alluviale dans lesquelles les prospections électromagnétiques ont mis en évidence des paléochenaux sous la construction ? Quelle est la capacité portante admissible par les alluvions ? Les fondations ont-elles été adaptées à ce contexte particulier ou simplement surdimensionnées pour pallier tout aléa ? La courte vie du théâtre, qui fut fonctionnel moins de deux siècles, est-elle en lien avec d'éventuelles instabilités du sous-sol qui auraient mis à mal l'édifice ? Les moyens de la mécanique des sols et de la géotechnique étant rarement mis en œuvre dans le cadre des recherches archéologiques, ces questions ont quelque peu interpellé les archéologues et généré une collaboration inédite entre archéologie et géotechnique.

UN PARTENARIAT DE RECHERCHE ORIGINAL

C'est à ce programme de recherche archéologique, consacré au théâtre antique de la plaine de l'Arroux, que se sont associés une dizaine d'étudiants-apprentis du master de géologie appliquée de la faculté des sciences de



De gauche à droite : Filipe Ferreira, archéologue et directeur de la fouille ; Vincent Bichet, maître de conférences à l'université de Besançon ; Matthias Ganne, étudiant-apprenti du master ; Laurent Colin, directeur Hydrogéotechnique Franche-Comté et Hervé Grisey, directeur technique Hydrogéotechnique.

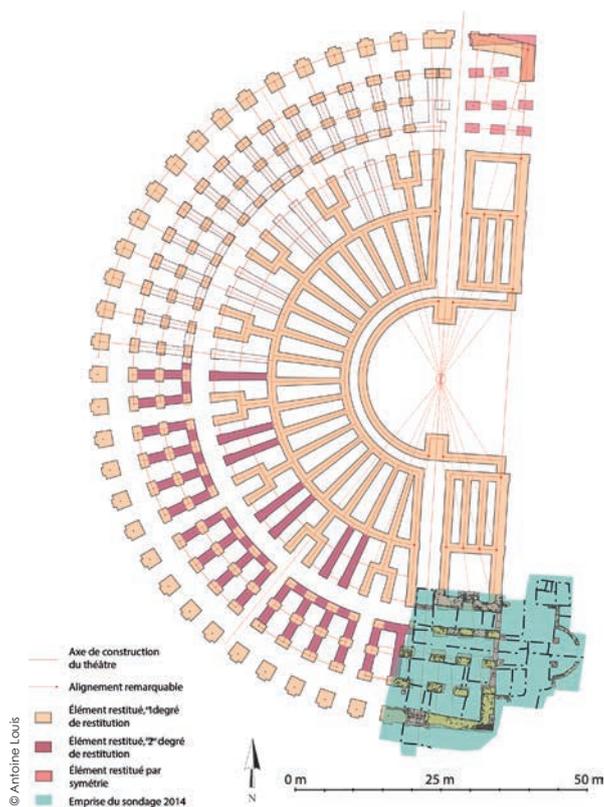


ENTRETIEN AVEC HERVÉ GRISEY, DIRECTEUR TECHNIQUE D'HYDROGÉOTECHNIQUE, CHARGÉ DES RELATIONS AVEC LES ÉCOLES ET LES UNIVERSITÉS.

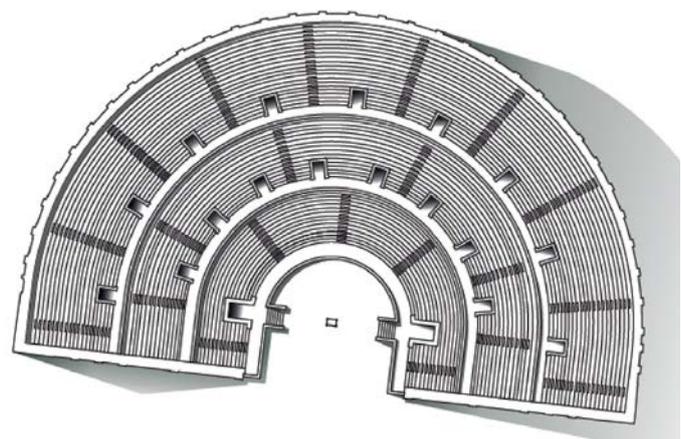
Solscope Mag : *Pour quelles raisons Hydrogéotechnique s'est-elle intéressée à ce projet ?*

Hervé Grisey : Nous nous sommes toujours impliqués dans l'enseignement et la recherche. Aussi, cette collaboration avec les universités de Bourgogne et de Franche-Comté met en exergue la curiosité qui anime les géologues et les géotechniciens que nous sommes, et souligne également notre envie d'apprendre et de transmettre le savoir et les compétences qui sont les nôtres. L'implication des salariés dans ce projet est importante, tout comme celle de Jean-Baptiste Gress, notre P-DG, qui a accepté tout de suite que l'entreprise s'engage dans cette étude bourguignonne, pour faire ressurgir le passé historique régional. Matthias Ganne et Jonathan Martel, étudiants du master de géologie appliquée et apprentis chez nous, se sont beaucoup impliqués dans le projet. Pour percer les secrets de cet amphithéâtre

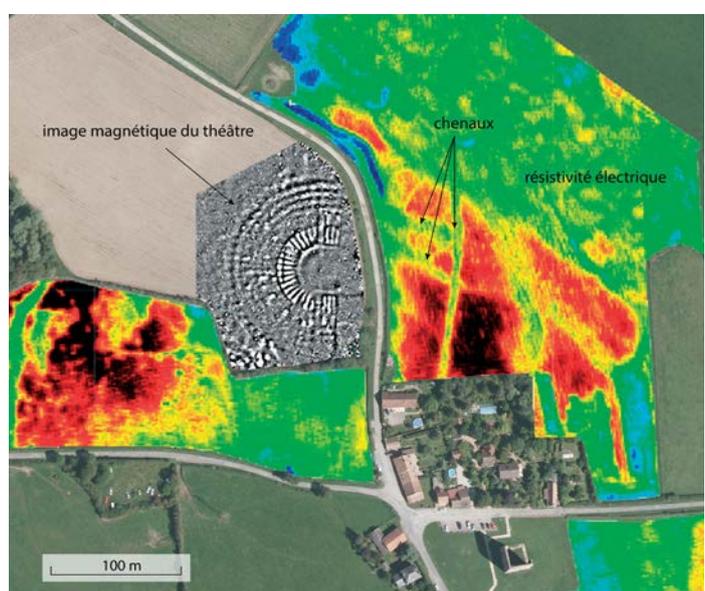
romain caché sous nos pieds et réaliser les investigations *in situ*, ils ont travaillé avec une équipe composée de Pascal Braun et Teddy Petitjean, sur Hydrofore 750, mais aussi de Nicolas Hugonnot et Julien Maillot sur l'Hydrotest pour les pénétromètres statiques. Les échantillons prélevés ont été testés en laboratoire à l'université, lors des travaux pratiques supervisés par Simon Tomasi, notre chef labo, et les calculs de stabilité seront conduits avec les étudiants sous la houlette de Laurent Venard, Thomas Delpy et Laurent Colin, ingénieurs géotechniciens chez Hydrogéotechnique. C'est un beau projet, et j'espère que le rendu sera à la hauteur des attentes des archéologues, et que cela permettra de mieux comprendre l'histoire de cet amphithéâtre. Une telle étude qui permet aux archéologues, aux historiens et aux géotechniciens de travailler ensemble est une première. Nous sommes très satisfaits de pouvoir participer à cette aventure.



Plan reconstitué du théâtre de la plaine de l'Arroux.



Reconstitution hypothétique du théâtre.



Carte géophysique du site.

Besançon, dans le cadre d'un projet volontaire développé au cours des deux années de leur cursus de master. Pour mener à bien cette étude géotechnique, les étudiants ont reçu le soutien efficace et enthousiaste de la société Hydrogéotechnique, partenaire de longue date du master de géologie appliquée, qui s'est engagée, à travers une opération de mécénat, à la réalisation d'essais *in situ*, et a fourni l'appui de sa cellule d'ingénierie et de calculs.

PROGRAMME D'INVESTIGATIONS DU TERRAIN AU LABORATOIRE

Visites de théâtres antiques, échanges avec les archéologues spécialistes du bâti romain, analyse des données des fouilles et des prospections géophysiques ont permis aux étudiants de caractériser le contexte et de formuler des hypothèses crédibles quant aux descentes de charges générées par la construction. Sur ces bases, un programme d'investigations géotechniques a été

proposé et discuté avec les ingénieurs de la société, en tenant compte des contraintes archéologiques du site, des objectifs de l'étude et des disponibilités matérielles et humaines proposées par Hydrogéotechnique. Un exercice pédagogique complet qui confronte objectifs et moyens tels que le vivent les praticiens au quotidien.

Élaboré au cours du premier semestre 2015, ce programme s'est concrétisé à l'automne dernier avec une campagne de reconnaissance géotechnique sur le terrain.

Sur site, Hydrogéotechnique a exécuté deux carottages rotatifs, deux forages avec essais pressiométriques, et six essais au pénétromètre statique lourd pour

caractériser les alluvions et le substratum rocheux sous-jacent. L'un des forages a été équipé en piézomètre, associé à une sonde d'enregistrement du niveau piézométrique pour mesurer les variations du niveau de la nappe. Ces essais ont été complétés par une série d'essais au pénétromètre dynamique et une campagne d'investigations géophysiques par panneaux électriques réalisées par les étudiants.

Les échantillons prélevés dans les carottages ont permis la réalisation d'essais d'identification et de mécanique des sols par les étudiants dans le cadre de leurs enseignements en travaux pratiques, dans les locaux de l'UMR CNRS chrono-environnement.



**ENTRETIEN AVEC MATTHIAS GANNE,
ÉTUDIANT EN MASTER 2 DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE,
APPRENTI CHEZ HYDROGÉOTECHNIQUE**

Solscope Mag : Quelle est la composition du groupe d'étudiants qui travaille sur ce projet ?

Matthias Ganne : Le groupe est composé d'une dizaine d'étudiants de la promotion 2014-2016 du master de géologie appliquée de l'université de Besançon, tous volontaires et issus des trois spécialités du master : géotechnique, hydrogéologie et ressources minérales.

Solscope Mag : Pourquoi avez-vous accepté de travailler sur ce projet basé sur le volontariat ?

Matthias Ganne : C'est un projet novateur et pluridisciplinaire qui met en relation des archéologues,

des étudiants et des professionnels, tous unis autour d'une même cause : la compréhension de l'histoire. Il nous offre aussi l'opportunité de comparer les techniques de construction mises en œuvre par les Gallo-Romains, il y a près de deux millénaires, aux méthodes et techniques actuelles.

Solscope Mag : Que vous apporte ce projet ?

Matthias Ganne : Ce projet concrétise le volet académique de notre formation. Il m'a permis de me confronter au travail en équipe, de planifier et d'organiser les tâches pour avancer dans nos recherches.



Reconnaissance géotechnique sur le site du théâtre.

Il nous a ouverts sur l'archéologie et les techniques constructives de l'époque antique. Enfin, nous avons programmé, piloté et analysé les résultats d'une étude géotechnique avec des moyens d'investigations géotechniques et géophysiques, *in situ* et en laboratoire.

PREMIERS RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

L'ensemble des investigations *in situ* et en laboratoire a montré la forte hétérogénéité de faciès des alluvions rencontrées sous 2 à 3 mètres de remblais et sols remaniés renfermant les vestiges et débris du théâtre. Les alluvions correspondent à des alternances de lentilles argilo-limoneuses, sableuses et sablo-graveleuses, mais dont la compacité est globalement élevée. Le substrat rocheux correspond à des grès, rencontrés à des cotes variables, entre 5 et 8 mètres de profondeur.

Si les premiers résultats acquis montrent que les caractéristiques mécaniques du contexte géologique paraissent adaptées pour supporter les charges générées par le théâtre – ce qui semble exclure l'idée que la ruine de l'édifice ait été liée au contexte géotechnique –, des investigations complémentaires sont envisagées pour caractériser les chenaux identifiés par les prospections géophysiques, mais non reconnus par forage à ce stade de l'étude, et

dont la nature et les caractéristiques pourraient être moins optimales.

Des échanges entre géotechniciens et archéologues sont en cours pour confronter les données géotechniques aux éléments de connaissance disponibles quant à la structure du théâtre et à ses fondations. Dans cette optique, une nouvelle campagne de fouille, programmée au cours de l'été 2016, devrait également permettre de porter un regard plus détaillé sur la nature des fondations de l'ouvrage.

Cette expérience innovante en termes d'enseignement et de recherche devrait contribuer à une meilleure connaissance des techniques mises en œuvre par les bâtisseurs romains pour la construction d'ouvrages spectaculaires, dont certains ont résisté au temps. Au-delà de sa contribution à la recherche archéologique, elle est aussi une expérience formatrice pour les étudiants et le symbole d'un partenariat opérationnel entre le monde de l'entreprise et l'Université.



Vue générale de la fouille archéologique réalisée dans l'angle sud du théâtre en 2014.



Vue des premières élévations du théâtre lors du sondage archéologique réalisé en 2014.

LE SOL, PORTE D'ENTRÉE DE LA SANTÉ STRUCTURELLE

Depuis 1984, **SITES** développe des solutions innovantes pour suivre les modifications du sol et leurs conséquences sur les **actifs structurels** avoisinants.

Depuis 1984, **SITES** propose des méthodologies et technologies pour suivre l'**anthropisation** de notre environnement.

SITES, l'indépendance du pionnier !

Inspection automatisée - Drone en milieu confiné - Auscultation - Monitoring

Lasergrammétrie - Photogrammétrie - GPS

Inclinométrie - Déformation - Tassements

Sismique - Vibration - Acoustique - Fracture

Instrumentation - Fibre optique - Sans fil

R&D - Etude - Modélisation

Une offre intégrée complète au service du sol et de la santé des actifs structurels


VEILLE SUR VOS STRUCTURES

www.sites.fr



Projet de recherche ARSCOP

nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols
et de Conception des Ouvrages géotechniques
avec le Pressiomètre

www.arscop.fr

ARSCOP : le projet national de recherche mobilise l'ingénierie géotechnique autour du pressiomètre

Les projets nationaux¹ de recherche expérimentale en génie civil, depuis le premier d'entre eux, Clouterre, de 1980 à 1985, portent et accompagnent la qualité du génie civil français, et tiennent un grand rôle dans le succès à l'international de nos grands groupes de génie civil, entreprises et maîtres d'œuvre.

Sur plus de trente « PN », gérés avec l'expertise reconnue de l'Irex (Institut de recherche expérimentale en génie civil), sept ont été consacrés à un des domaines de la géotechnique, avec, à chaque fois une progression marquée dans un domaine des travaux dans le sol.

Rappelons les retombées importantes de quelques-uns d'entre eux pour les entreprises de fondations spéciales :

CLOUTERRE	Technique du clouage des sols en soutènement.
FOREVER	Technique des groupes et réseaux de micropieux
VIBROFONÇAGE	Vibrage des pieux et des palplanches.
ASIRI	Amélioration des sols de fondation par inclusions rigides
SOLCYP	Comportement des pieux sous charges cycliques

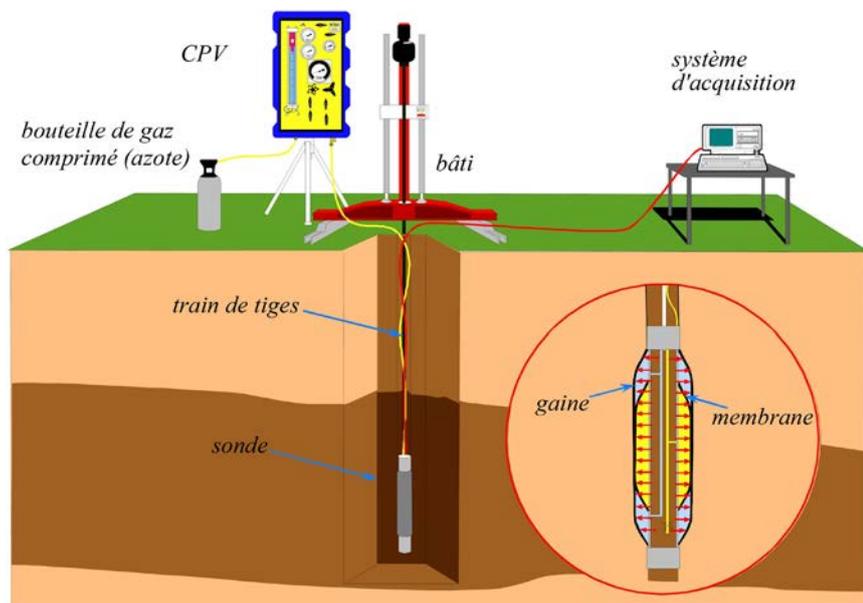
Ces termes et acronymes sont devenus familiers dans le monde des sols et des fondations, les recommandations, venant en conclusion de la recherche, ayant aussitôt trouvé des applications industrielles, apporté des solutions fiables et économiques aux projets de construction. Surtout, elles présentent le grand intérêt de documents pratiques, pédagogiques, abondamment illustrés, loin de la froideur grise et sclérosante de certains documents normatifs, et permettent aux constructeurs de garder le sens de l'audace.

UN PROJET NATIONAL SUR UN FLEURON NATIONAL DE LA GÉOTECHNIQUE FRANÇAISE²

Le 11 mai 2016, dans un amphithéâtre de la FNTF, l'assemblée

constitutive d'Arscop a marqué la période de lancement du premier projet national dans le domaine de la géotechnique, dont l'objet sera non pas le renouveau et la consolidation d'une technique de fondation, mais celui d'un des outils majeurs de la reconnaissance géotechnique en France, le pressiomètre : nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages géotechniques avec le Pressiomètre (ARSCOP).

L'idée du projet est certainement née en 2005, lors du symposium Pressio 2005, ou de son nom anglais ISP5 (5^e Symposium international sur le pressiomètre) dans les locaux modernes de l'École nationale des ponts et chaussées, à Marne-la-Vallée. Jean-Pierre Baud se souvient : « Le nombre de participants de toutes les nations à ce symposium, deux ou trois fois plus important que lors des précédents colloques, leur mobilisation lors de discussions passionnées sur la



L'essai pressiométrique Ménard (dessin P. Reiffsteck, v. 2004)



Un atelier d'autoforage.

pratique du pressiomètre avaient marqué les géotechniciens français. » Les ingénieurs passionnés de pressiométrie dans le monde sont très souvent également de grands francophiles, et venir débattre à Paris était certainement une motivation. Mais aussi l'occasion de nous dire à quel point nous étions un peu coupables de garder chez nous une méthode de reconnaissance géotechnique aussi performante, et de ne pas suffisamment la vulgariser et la rendre accessible à tous les géotechniciens dans le monde.

Parce que le pressiomètre est bien un paradoxe français : inventé et breveté par Louis Ménard en 1955, avant même sa dernière année de formation d'ingénieur civil des Ponts et Chaussées, le prototype a été testé d'abord aux États-Unis pendant une formation « post-diplôme », où Ménard décrit les premières retombées et la théorie de son instrument de mesure dans un mémoire de thèse toujours lu et cité par les anglophones³.

Fondant à 25 ans de retour à Paris « Les Pressiomètres Louis Ménard », à la fois bureau d'études géotechniques, fabricant de ses outils de reconnaissance, centre de recherche appliquée, éditeur de la revue internationale *Sols-Soils*, et entreprise de travaux spéciaux, observé par un scepticisme bien français, mais avec le soutien d'un réseau de disciples inconditionnels, Louis Ménard aura créé moins de dix ans plus tard un outil formidable, au sens étymologique, qui inquiète les utilisateurs d'outils et de méthodes géotechniques traditionnels et antérieurs. Des outils que nous savons aujourd'hui complémentaires plus que concurrents.

En 1978, l'année du décès de l'inventeur, le livre *The Pressuremeter* de François Baguelin, directeur de la géotechnique au laboratoire central des Ponts et Chaussées, est publié en anglais⁴. Il marque l'implication du réseau géotechnique d'État, qui développe depuis de longues années la recherche

autour du pressiomètre, avec l'invention du concept du « pressiomètre autoforeur », toujours avec le même paradoxe, exprimé dans l'avant-propos : « *Can 50 million Frenchmen be wrong ?* » – Les ingénieurs français auraient-ils tort de fonder leurs ouvrages sur la méthode pressiométrique ? Non bien sûr quand les milliers d'ouvrages d'art des Trente Glorieuses, du développement du réseau routier, autoroutier et ferroviaire sont toujours en service sans aucun désordre de fondation.

Quarante ans après la parution de ce livre, épuisé mais lui aussi toujours cité, soixante ans après le premier essai pressiométrique, la situation a bien changé, certes ! La littérature sur le pressiomètre est abondante, plus encore en anglais qu'en français, les pressiomètres Ménard de fabrication française se vendent en plus grand nombre au-delà de nos frontières qu'en France, la méthode pressiométrique, grâce à l'action décisive des ingénieurs du réseau des Ponts, Cerema et Ifsttar,

ARSCOP	Tâches
<p><u>Axe 1</u></p> <p><u>Développement de systèmes de mesure et de protocoles</u></p>	Promotion des techniques innovantes existantes. Retours d'expérience dans la pratique professionnelle quotidienne.
	Mesure de la pression interstitielle. Facteurs d'influence selon les natures de sols. Conséquences sur l'interprétation de l'essai.
	Techniques de forage et d'autoforage. Soutènement de la cavité cylindrique d'essai.
	Développement d'appareillages cycliques. Développement de l'essai cyclique. Étude de la liquéfaction des sols.
	Développement d'appareillages sismiques couplés à la mesure pressiométrique.
	Validations sur sites expérimentaux et en laboratoire
	Étude du comportement des ouvrages dans le domaine des petites déformations.
<p><u>Axe 2</u></p> <p><u>Méthodes de calcul des ouvrages géotechniques</u></p>	Obtention de lois de comportement permettant d'alimenter des calculs numériques.
	Prévision du module de déformation du sol en fonction des différents cycles de chargement.
	Modélisation de l'aléa des propriétés des sols sous forme mathématique.
	Consolidation ou constitution de bases de données relatives aux fondations profondes, aux fondations superficielles et aux écrans.
<p><u>Axe 3</u></p> <p><u>Valorisation et communication</u></p> <p>Élargir la communauté des utilisateurs du pressiomètre par :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • la réalisation d'un ouvrage de synthèse, • la présentation et participation à des conférences, • la réalisation de séminaires, de supports de formation pour la pratique quotidienne.

est en bonne place dans les Eurocodes. Mais les entreprises de génie civil françaises qui s'exportent sur de magnifiques projets d'ouvrages d'art, d'immeubles de grande hauteur, de travaux souterrains, trouvent le plus souvent des reconnaissances dont le pressiomètre est absent, et ont du mal à trouver sur place – voire à imposer – une reconnaissance pressiométrique de qualité leur permettant d'optimiser des variantes de fondation qui souvent vont faire la différence dans un appel d'offres.

LES RETOMBÉES DU PROJET NATIONAL ARSCOP POUR LE BTP

« Le résultat du projet national Arscop, c'est ce qu'en feront les géotechniciens des entreprises, des bureaux d'études et des

grandes écoles du domaine », souligne Thomas Simonnot, énumérant les trois axes du projet résumés dans le tableau ci-dessus.

Tous visent des objectifs d'actualité :

- moderniser et améliorer l'utilisation du pressiomètre dans les entreprises de reconnaissance ;
- consolider la fiabilité et la pertinence économique des nombreuses campagnes de reconnaissance faites avec une utilisation abondante des forages pressiométriques, souvent profonds dans les grands projets d'infrastructure : Grand Paris, LGV, parcs éoliens notamment en mer, tours de grande hauteur, tunnels et réseaux souterrains ;
- développer des lois de comportement, procédures et matériels

d'essais qui apportent de nouveaux paramètres géomécaniques demandés par l'évolution des modélisations numériques et la maîtrise des moindres déplacements des ouvrages, de leur construction parasismique.

- créer une dynamique de diffusion, et développer l'exportation de l'ingénierie pressiométrique et l'accompagnement du génie civil français dans la construction internationale.

Les bureaux d'études géotechniques sont appelés en nombre à rejoindre rapidement les travaux de recherche, dont la mise en place à d'ores et déjà commencé. Venez nombreux ! Si vous avez des idées de brevets révolutionnaires sur le pressiomètre, vous serez



IREX
Institut pour la recherche appliquée
et l'expérimentation en génie civil

PROJET
de RECHERCHE et DEVELOPPEMENT

ARSCOP

Nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages géotechniques avec le Pressiomètre

CHARTRE

PREAMBULE

Le présent document intitulé « Charte » concerne le Projet de Recherche et Développement « Nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages géotechniques avec le Pressiomètre », ci-après dénommé « ARSCOP ».

La version complète du Projet contenant le Programme de recherche, le budget et le plan de financement du Projet est annexée à la présente Charte dans le document intitulé « Etude de montage du Projet National ARSCOP – Nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages géotechniques avec le Pressiomètre ».

La présente Charte a pour objet de définir les droits et obligations des Partenaires du Projet, et de préciser l'organisation qui permettra d'assurer la coordination des travaux menés dans le cadre du Projet.

Page 1 sur 14

paraphes



9 rue de Berri, 75008 PARIS – Tél. : 01 44 13 32 79
Mail : contact@irex.asso.fr – Site web : www.irex.asso.fr – N° SIRET : 389 486 549 000 22

L'Irex, Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil, association à but non lucratif, a été fondé en 1989, conjointement par les ministères de la Recherche, de l'Équipement et la FNTP (Fédération nationale des entrepreneurs de travaux publics).

L'Irex (www.irex.asso.fr) regroupe plus de 60 membres adhérents représentant tous les acteurs de la construction : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entrepreneurs, industriels, laboratoires de recherche publics et privés, universités et écoles.

Arscop a élu à sa présidence Roger Frank, professeur émérite, et président en exercice de la Société internationale de mécanique des sols et de géotechnique (ISSMGE). La gestion du projet est suivie à l'Irex, le directeur technique Brice Delaporte (brice.delaporte@irex.asso.fr), secondé à l'Ifsttar par Sébastien Burlon (sebastien.burlon@ifsttar.fr) et Philippe Reiffsteck (philippe.reiffsteck@ifsttar.fr).

entendus ! Et si vous n'en avez pas en tête, vous en aurez très rapidement !

Les grands groupes de BTP l'ont déjà fait, souvent par leurs filiales de travaux spéciaux, mais aussi au niveau des départements de grands travaux, France et international.

Un projet national de recherche en génie civil fonctionne sur le principe d'une cotisation des sociétés et

organismes membres, et d'une participation en nature aux travaux de tests comparatifs, de construction de manipulations scientifiques, de mise à disposition de chantiers qui correspondent aux objectifs, et de commandes internes sur des sujets spécifiques, gérées par l'Irex. Sur le site internet du projet (www.arscop.fr), vous trouverez plus de détails sur le fonctionnement d'Arscop et le

cadre des projets nationaux, la cotisation modulée en fonction des chiffres d'affaires, donc adaptée à toutes les tailles d'entreprises et de bureaux d'études. Vous y trouverez enfin la charte d'adhésion au projet.

Jean-Pierre Baud, Eurogé
Thomas Simonnot, Accotec
Délégués de l'Union syndicale
géotechnique⁵ pour Arscop

¹ Schlosser F. et al. (18^e Congrès de géotechnique, Paris 2013) Innovations françaises en géotechnique : les Projets Nationaux de Recherche. www.irex.asso.fr/wp-content/uploads/2014/03/Innovations-fran%C3%A7aises-en-g%C3%A9otechnique-les-projets-nationaux.pdf

² Gambin M. (Pressio 2005 – ISP5, Paris 2005) Louis Ménard, un visionnaire. www.apageo.com/upload/medias/documents/22_je-me-souviens-light_561.pdf

³ L. Ménard, « An apparatus for measuring the strength of soils in place », Thesis for the degree of Master of Science, University of Illinois, 1957.

⁴ F., Baguelin, J. Jézéquel, D. Shields, « The Pressuremeter and Foundation Engineering », Clausthal Germany, Trans Tech Publications, 1978.

⁵ <http://u-s-g.org/mission-geotechnique.asp?idpage=56&titre=ARSCOP>

* Approches de reconnaissance des sols et de conception des ouvrages géotechniques avec le pressiomètre

La société JEAN LUTZ SA s'implique à part entière dans le projet national ARSCOP.

Par le biais de développements technologiques importants, elle entend améliorer la réalisation de l'essai pressiométrique et apporter son savoir-faire reconnu dans l'instrumentation pour la géotechnique et les fondations spéciales.

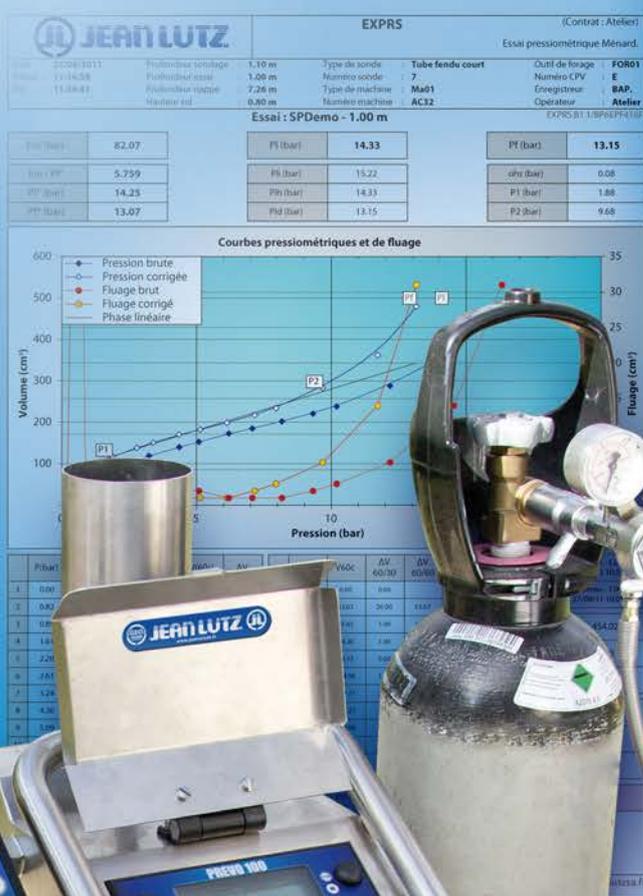
La société est amenée dans le cadre du projet ARSCOP à accompagner une thèse en collaboration avec l'IFSTTAR (anciennement Laboratoire des Ponts et Chaussées).

Cette thèse devra déterminer les lois de comportement des essais d'expansion monotone et cyclique en association avec la mesure de la pression interstitielle.

En parallèle JEAN LUTZ SA fait continuellement évoluer son instrumentation PREVO100, soit un contrôleur pression-volume à pilotage automatisé, fiabilisant et sécurisant la réalisation des essais pressiométriques dans le cadre des normes NF P 94-110-1 et ISO 22476-4.

Couplé à l'enregistreur BAP160 et aux logiciels de dépouillement des essais EXPRS, et de réalisation de la coupe de sondage EXGTE, le PREVO100 offre un atelier pressiométrique complet aux géotechniciens.

Forte de ses 40 ans d'expérience, la société JEAN LUTZ SA propose un ensemble d'appareils fiables, rompus aux environnements de chantiers et aux contraintes de mise en œuvre sévères.



JEAN LUTZ SA
2 rue du Forbeth
F 64110 Jurançon
T 05 59 06 34 22
www.jeanlutzsa.fr



Géothermie de minime importance : une assurance obligatoire au 1^{er} janvier 2017

Le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 définit et encadre les activités géothermiques dites « de minime importance » depuis le 1^{er} juillet 2015. Un rappel des principales modifications s'impose.

Pour les échangeurs géothermiques fermés et sondes géothermiques, la profondeur du forage est inférieure à 200 mètres, et la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW.

Par contre, pour les échangeurs géothermiques ouverts et les forages sur nappe :

- la température de l'eau prélevée en sortie des ouvrages est inférieure à 25 °C ;
- la profondeur du forage est inférieure à 200 mètres ;
- la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW ;
- les eaux prélevées sont réinjectées dans le même aquifère, et la différence entre les volumes d'eaux prélevées et réinjectées est nulle ;
- les débits prélevés ou réinjectés sont inférieurs au seuil d'autorisation ; actuellement, le débit autorisé est de 80 m³/h.

CARTOGRAPHIE EN LIGNE

L'installation géothermique de minime importance envisagée varie en fonction de sa zone d'implantation :

- en zone « verte » : le régime déclaratif s'applique ;
- en zone « orange » : le régime déclaratif s'applique. Toutefois, l'exploitant devra fournir, à l'appui de la déclaration des travaux, une attestation d'un expert agréé constatant la compatibilité au risque environnemental.
- en zone « rouge » : le régime déclaratif est exclu. Les activités géothermiques envisagées dans ces zones ne sont pas considérées comme de minime importance et relèvent du code minier, donc soumises à autorisation.



Forage géothermique à la ZAC Batignolles.

MÉTHODOLOGIE DE RÉALISATION DES OUVRAGES

Des prescriptions techniques relatives à la protection de l'environnement et à l'optimisation de l'exploitation de la ressource pour la réalisation, l'exploitation et l'abandon d'installations de géothermie de minime importance sont définies par l'arrêté du 25 juin 2015, imposant notamment des règles pour la non communication des nappes.

QUALIFICATION DES ENTREPRISES DE FORAGE

L'obligation pour les maîtres d'ouvrage est de recourir uniquement à des entreprises qualifiées RGE (reconnu garant de l'environnement) pour la réalisation des forages.

Au 1^{er} janvier 2017, le décret n° 2016-835 du 24 juin 2016 vient compléter les précédents textes en obligeant les entreprises de forages et les bureaux d'études à être assurés, en cas de sinistre, pour :

- tout dommage immobilier ou ensemble de dommages immobiliers causés à des tiers ;

- surveillance dans le temps et dans l'espace de l'évolution des déformations géologiques à l'origine des dommages immobiliers ;
- réalisation des travaux pour éliminer l'origine des dommages ou sinon réduire leurs conséquences sur la sécurité des biens ou des personnes.

De plus, la mise en jeu des garanties demandées sont, pour les bureaux d'études, d'un montant de 500 000 euros par sinistre et 800 000 euros par an ; et pour les entreprises de forage, d'un montant de 3 000 000 euros par sinistre et 5 000 000 euros par an.

Des réunions avec les principaux assureurs de la profession sont en cours depuis plusieurs mois, et certaines compagnies, dont la SMABTP, sont déjà prêtes à délivrer au 1^{er} janvier 2017 les attestations nécessaires à leurs assurés.

Éric Garroustet,

Président du SFEG
(Syndicat national des
entrepreneurs de puits et de
forages)

Produits et Matériels

UN NOUVEAU « SMART GEOTEXTILE » SUR LE MARCHÉ



© DR

Lors des 8^e JNGG qui se sont déroulées en juillet dernier, et pour la première fois en France, Low & Bonar a eu le plaisir de présenter Enka D-TEC, le nouveau *smart geotextile* de la gamme Enka Solutions. En combinaison avec une mesure au radar géophysique, Enka D-TEC facilite l'auscultation des voies ferrées. Au passage de l'appareil, le signal est réfléchi et amplifié par les bandes d'aluminium régulièrement espacées et intégrées au géotextile. Enka D-TEC procure ainsi une imagerie plus détaillée et plus fine des structures, et par une mesure non destructive. L'état et l'épaisseur de ballast peuvent être vérifiés plus rapidement et régulièrement par le maître d'ouvrage. Les éventuels désordres sont identifiés plus précocement, et des mesures préventives peuvent être engagées avant que les désordres ne prennent de l'importance. Ainsi, la sécurité des structures est renforcée et les coûts sont mieux maîtrisés. Pour des travaux en neuf ou en rénovation, l'installation d'Enka D-TEC ne nécessite aucune intervention supplémentaire. Principalement utilisé en travaux ferroviaires, Enka D-TEC peut aussi être utilisé pour l'auscultation des routes, des pistes aéroportuaires, ou pour les structures de chaussée nécessitant une attention particulière. Enka D-TEC appartient à la gamme de produits développés par la marque Enka Solutions (www.enkasolutions.com) et fabriqués par Low & Bonar, producteur mondial de géosynthétiques haute qualité, spécialisé dans la production de non-tissés, tissés, géomembranes tridimensionnels, de composites et fibres pour le génie civil.

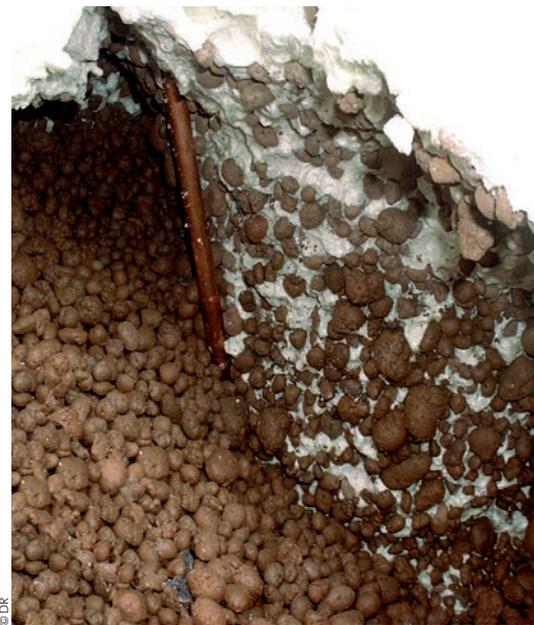
COMBLEMENT DE CAVITÉS

Le procédé Cavity Filling[®] proposé par Uretex[®] consiste à combler une cavité avec des billes d'argile désactivée (de granulométrie contrôlée), puis à injecter une résine dans le volume comblé pour assurer un clavage optimal. Le remplissage se fait avec des matériaux légers qui ne surchargent pas le sol sous-jacent. L'expansion de la résine s'accompagne d'une mise en compression des parois de la cavité. Ce traitement permet le blocage des parois de la cavité et élimine le risque d'apparition de fontis. Le cas échéant, un traitement du sol sous-jacent avec le procédé Deep Injections[®] peut être réalisé en complément pour le traitement d'éventuelles décompressions.

Tout d'abord, une étude préliminaire est réalisée pour définir le volume et la géométrie de la cavité. La seconde phase consiste à percer des trous de 120 millimètres de diamètre, puis à remplir la cavité avec des billes d'argile expansée à l'aide d'un soufflage directionnel jusqu'à l'obtention d'un comblement maximum (plus de 95 % du volume). Après le bouchage des orifices et la réalisation de percement de 12 millimètres de diamètre, les injections de la résine sont effectuées au sein des billes d'argile expansée. En fonction du projet, la résine peut être injectée dans tout le volume de la cavité de manière à saturer les billes d'argile ou simplement en partie haute pour réaliser un clavage et une mise en compression.



© DR



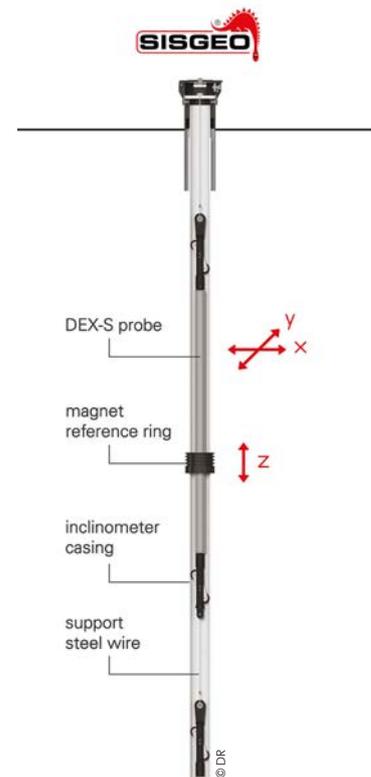
© DR



SURVEILLANCE AUTOMATISÉE DES TASSEMENTS

Les systèmes DEX et DEX-S de Sisgeo offrent une solution efficace pour la surveillance automatisée des tassements et des déplacements 3D dans les forages d'accès difficile, jusqu'à 150 mètres de profondeur. Leurs excellentes performances et leur signal directement interprétable permettent d'augmenter le facteur de sécurité des projets les plus exigeants. L'extensomètre permanent DEX de Sisgeo est basé sur le succès de l'extensomètre T-Rex utilisant des tubes inclinométriques ABS, munis de

repères magnétiques. La précision du système est de $\pm 0,2$ millimètre. Plusieurs DEX reliés en chaîne sont suspendus depuis la tête de forage ou appuyés sur un ancrage de fond. Le système étanche est connecté à une centrale d'acquisition pour la télégestion des mesures. Pour économiser la réalisation d'un autre forage, Sisgeo a créé le DEX-S, intégrant deux inclinomètres et un thermomètre dans chaque sonde extensométrique. On obtient ainsi une mesure tridimensionnelle pour les trois vecteurs de déplacement orthogonaux.



POUR UNE MEILLEURE INSPECTION DE CAVITÉS

LIM présente une nouvelle caméra vidéo performante, avec télémètre laser et sonar, qui permet de visualiser et dimensionner une cavité rencontrée lors de la réalisation d'un forage ou d'une excavation. Le dispositif est constitué d'un corps rotatif muni d'un bras mobile, sur lequel peuvent être connectées deux têtes vidéo incorporant une mesure de distance.

Alors que l'une de ces têtes est équipée avec un télémètre laser pour travailler dans l'air, l'autre est munie d'un capteur à ultrasons pour les cas où la cavité est remplie d'eau. En cas de besoin, les têtes vidéo/télémétrie laser et sonar peuvent être interchangées sur le terrain en quelques minutes. Avec l'aide de l'image vidéo, les mesures de distance peuvent être saisies manuellement ou au moyen de cycles automatiques configurés par l'opérateur. De plus, l'image vidéo enregistrée est incrustée avec les paramètres d'orientation (profondeur, azimut, inclinaison) de la tête de mesure. Les mesures de distances sont transférées vers un ordinateur en temps réel via une liaison RS-232. Quelle que soit la méthode d'acquisition, les données transitent par une seule régie



et ont un format de sortie commun permettant de simplifier et accélérer le traitement et la présentation des résultats.

De plus, le logiciel de traitement lit directement le fichier de données enregistré sur le terrain. Il procède ensuite à un calcul de position XYZ pour l'ensemble des mesures. À partir de ce « nuage de points », un modèle 3D de la cavité étudiée est développé.

Une fois le modèle 3D généré, l'opérateur peut choisir le nombre et les orientations des tranches horizontales et verticales qu'il voudrait générer pour le compte

rendu de mesures. Les calculs de volume total et par tranche se font automatiquement en même temps. Le document est ensuite généré directement en format PDF. Il est également possible d'exporter les données calculées vers plusieurs formats numériques, y compris ceux utilisés par les systèmes type SIG.

Les sociétés confrontées à une problématique de cavités peuvent, bien entendu, faire appel aux services de LIM Logging pour assurer à la fois une opération sur le terrain optimisée et un résultat final qui répondra entièrement aux objectifs visés.

PAGES		
	APAGEO	41
	APC INGENIERIE	65
	AXEL DUVAL	14
	BMS	55
	BOTTE FONDATIONS	37
	CFG	3 ^e de COUV.
	COULON PIEUX BATTUS	33
	ERG GEOTECHNIQUE	10
	EUROFOR	11
	FAYAT FONDATIONS	9
	FONDASOL	67
	FORDIA EUROPE	27

PAGES		
	GROUNDFORCE	75
	GIULLOC	35
	IDETEC	21
	ISCHEBECK	13
	JEAN LUTZ	90
	LAFARGE	53
	LA THP	19
	LIEBHERR	25
	LOW & BONAR	79
	MENARD	15
	PLEE T.D.P.	77
	RÉSIREP	43

PAGES		
	SIGGEO	63
	SITES	85
	SOCOMAFOR	4
	SOLETANCHE BACHY	4 ^e de COUV.
	SOLSCOPE	23
	SOLS MESURES	18
	SPIE FONDATIONS	17
	TEC SYSTEM	61
	TENCATE	7
	TERRASOL	59
	URETEK	2 ^e de COUV.



Recevez gratuitement la revue **Solscope mag** !

Je désire recevoir gratuitement les deux numéros annuels de la revue **Solscope mag**

Ma préférence par voie postale par courriel

NOM PRÉNOM

FONCTION SOCIÉTÉ

COURRIEL

ADRESSE POSTALE

CODE POSTAL VILLE

TÉL..... FAX.....



Retournez le coupon à **RPI - « Le Millenium » - 9, bd Mendès-France - 77600 Bussy-Saint-Georges**
ou par e-mail à : **cuvillier@rpi.fr**

Tél : +33(0)1.60.94.22.20 - Fax : +33(0)1.64.77.51.82

Colloque francophone

11^{èmes} RENCONTRES GÉOSYNTHÉTIQUES

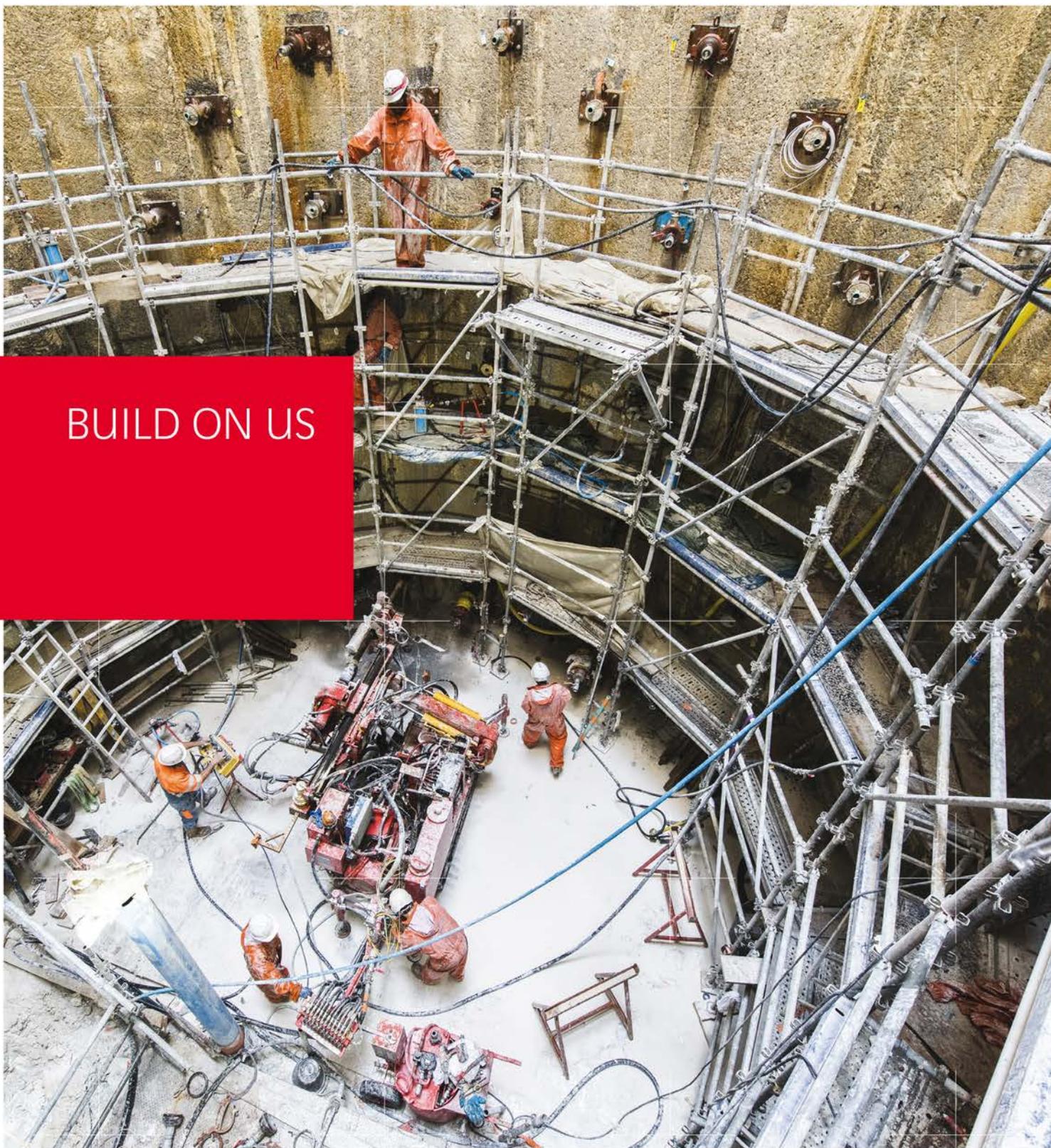


Du 7 au 9 mars 2017
LILLE Grand Palais - FRANCE

www.rencontresgeosynthetiques.org



COMITÉ FRANÇAIS
DES GÉOSYNTHÉTIQUES



BUILD ON US

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.



Grand Paris ligne 15 – Boulogne-Billancourt | FRANCE |
Puits de reconnaissance – injection sous nappe phréatique en charge.



SOLETANCHE BACHY