

# TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

**SOLS ET FONDATIONS. 3<sup>e</sup> LIGNE DU METRO DE TOULOUSE : ESSAIS DE CHARGEMENT STATIQUE DE PIEUX. DEVIATION DE JARGEAU (45). QUAI JOANNES COUVERT AU HAVRE. LE PARK HOTEL A NICE. STEP DES TROIS RIVIERES A CLERMONT-FERRAND. BIOMINERALISATION POUR SECURISER UN PONT A ORLEANS. REAMENAGEMENT DU RONDEAU A GRENOBLE. LIGNE 14 SUD : EXCAVATION AU TUNNELIER SOUS LES CARRIERES DE PARIS. REMONTEE DE FONTIS AU-DESSUS DES CAVITES SOUTERRAINES**

N°982 NOVEMBRE 2022



STEP DES  
TROIS RIVIERES  
A CLERMONT-  
FERRAND  
© NGE

**LES TRAVAUX**  
PUBLICS  
FÉDÉRATION



© SOL SOLUTION



© SOL SOLUTION

- 1- Le Panda® est un pénétromètre dynamique à énergie variable.
- 2- Le Grizzly® est un pénétromètre dynamique lourd à énergie constante destiné au contrôle de compactage et à la reconnaissance des sols.
- 3- Anne-Sophie Veret, directrice générale de Sol Solution.
- 4- Carte des principaux distributeurs de Sol Solution dans le monde.



© SOL SOLUTION

### ANNE-SOPHIE VERET : PARCOURS

Anne-Sophie Veret est diplômée de l'IESEG (School of Management ou Institut d'Économie Scientifique et de Gestion) école de commerce privée de l'Université catholique de Lille (2003).

À sa sortie de l'école, elle rejoint la société de distribution textile " Jules " en tant que contrôleur de gestion qu'elle quitte en 2005 pour réaliser pendant 16 mois, à titre personnel avec son mari, un tour du monde.

De retour en France en 2007, elle décide, bien que d'origine vosgienne, de s'installer en Auvergne sans raison vraiment objective mais, peut-être, tout simplement liée au fait qu'elle retrouve dans cette région les paysages de montagne et de forêts des Vosges.

Elle rejoint alors en tant que chef de projet, entre 2007 et 2010, " Défi Mode ", une enseigne de mode basée à Brioude, en Haute-Loire.

Lors du rachat de Défi Mode par le groupe Vivarte, préférant poursuivre sa carrière dans une PME, elle décide de quitter l'entreprise et, à la recherche d'un emploi, croise le chemin de Roland Gourvès, enseignant-chercheur à Polytech Clermont-Ferrand et créateur de Sol Solution.

Il se trouve qu'à cette époque, en 2009, ce dernier vient de prendre sa retraite universitaire mais surtout la direction de Sol Solution qu'il a créé en 1992.

Il engage Anne-Sophie Veret en septembre 2010 afin d'assurer de gérer les ressources de l'entreprise en développement.

En octobre 2017, lors de la reprise de la majorité du capital de Sol Solution par l'ensemble du comité de direction de l'époque, Anne-Sophie Veret devient directrice générale de l'entreprise.

du e-Kodiak®, premier pénétromètre connecté et de l'application Websprint® sans oublier le M3S® Géotextile développé en 1994.

Le Pandito® est un pénétromètre dynamique ultra léger pour réaliser un auto-contrôle de compactage par couche. Son encombrement réduit permet aux équipes de chantier de réaliser des contrôles rapides et fiables, d'une extrême simplicité d'interprétation à chaque étape des travaux. Il répond à un besoin récurrent sur chantier mais il ne se substitue évidemment pas aux contrôles de réception finaux.

Le Grizzly® est un pénétromètre dynamique lourd à énergie constante destiné au contrôle de compactage et à la reconnaissance des sols. Le logiciel dédié embarqué permet les calculs en automatique des anomalies pour tous les matériaux. Il est conforme à la norme NF P 94 063 en contrôle de compactage et à la norme NF EN ISO 22476-2 en reconnaissance des sols. Quant à Websprint®, cette application s'inscrit dans l'évolution naturelle des usages en géotechnique avec la gestion de données, la mobilité et la digitalisation.

« Forts de notre expérience en matériel et en développement de logiciel, précise Anne-Sophie Veret, nous avons souhaité apporter à nos clients et futurs clients, une nouvelle manière de travailler, plus mobile, plus collaborative, plus rapide. L'application en ligne Websprint® est une alternative aux logiciels géotechniques actuels. Elle est multi-équipement, accessible d'un bureau ou d'un chantier, et très facile à utiliser. »

### DEUX MODÈLES ÉCONOMIQUES AUTOUR DE LA GÉOTECHNIQUE

Aujourd'hui, Sol Solution est un bureau d'études de géotechnique spécialisée dans la caractérisation mécanique des sols.

La société conçoit, développe et commercialise des solutions innovantes dans le domaine du contrôle de compactage des ouvrages en terre, de la reconnaissance géotechnique, du renforcement de sols et du diagnostic haut rendement et peu traumatisant de l'interaction sol/structure.

« Sa philosophie, précise Anne-Sophie Veret, est de mettre en oeuvre les moyens, humains et matériels, adaptés aux besoins spécifiques de la maîtrise d'ouvrage, des entreprises de Travaux Publics et des gestionnaires d'infrastructures, tout en garantissant son indépendance scientifique. »

autre avantage non négligeable qui a contribué à son succès. En effet, il était livré avec un ordinateur portable et une imprimante qui permettait de publier directement les résultats des sondages sur le chantier. Le Panda® est aujourd'hui le pénétromètre le plus vendu dans le monde en contrôle de compactage. Il est présent dans 95 pays. Son acronyme cache ses fonctions : Pénétromètre Autonome Numérique Dynamique Assisté par ordinateur. »

### DU PANDA® AU E-KODIAK®

30 ans plus tard, c'est toute une famille de matériels relevant de la même philosophie qui a vu le jour, enrichie de prestations et de logiciels " métiers " : en 2006, lancement du Pandoscope®, pour l'auscultation des voies ferrées, en 2010, lancement des gammes Pandito® et Grizzly®, en 2020, lancement



© SOL SOLUTION

# SOL SOLUTION APPORTER " LA SOLUTION " AUX PROBLÈMES GÉOTECHNIQUES

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

SOL SOLUTION, QUI FÊTE CETTE ANNÉE SES 30 ANS D'EXISTENCE, POSSÈDE UN SAVOIR-FAIRE UNIQUE : LA COMPRÉHENSION DU SOL ET SON INTERACTION AVEC LES STRUCTURES QU'IL SUPPORTE (ROUTES, OUVRAGES D'ART, BÂTIMENTS, VOIES FERRÉES) OU QUI LUI SONT INTÉGRÉES (CANALISATIONS, RÉSEAUX, FONDATIONS...). AUTRE SPÉCIFICITÉ : ELLE CONÇOIT, DÉVELOPPE ET COMMERCIALISE DU MATÉRIEL GÉOTECHNIQUE QU'ELLE UTILISE AUSSI POUR DES MISSIONS D'ÉTUDES DE SOL SIMPLES OU COMPLEXES ET DES CONTRÔLES DE COMPACTAGE. PAR AILLEURS, ET CECI EST LIÉ À SON FONDATEUR : ELLE INVESTIT 10% DE SON CHIFFRE D'AFFAIRES EN R&D. AVEC ANNE-SOPHIE VERET, DIRECTRICE GÉNÉRALE DE SOL SOLUTION, RETOUR EN ARRIÈRE SUR UNE AVENTURE TRENTENAIRE ET PROJECTIONS D'AVENIR.

Sol Solution a été créée en 1992 afin de distribuer le Panda®, un pénétromètre dynamique à énergie variable dont le concept reposait sur le besoin d'un matériel simple, léger et transportable pour caractériser le com-

portement des sols, en rupture avec les matériels géotechniques présents à l'époque sur le marché<sup>(1)</sup>.

« Le premier Panda® est né en 1987, indique Anne-Sophie Veret, mais ce n'est qu'en 1992 que Sol Solution a vu

le jour. Son succès n'a pas été immédiat. Il a fallu convaincre des avantages de cette nouvelle technique. Plus léger, plus maniable, plus facile d'utilisation et de transport, le Panda® était en rupture avec les matériels lourds présents sur

le marché. Mais il a profité quelque temps plus tard d'une norme rendant obligatoire le contrôle de compactage au pénétromètre dynamique à énergie variable qui a fait décoller ses ventes. Cependant, le Panda® présentait un

Son activité se divise en deux types de modèle économique :

- Le premier est lié à la conception, la fabrication et la distribution de matériels et de logiciels géotechniques et représente 38% de son chiffre d'affaires ; il s'accompagne de la fourniture de l'ensemble des pièces destinées à leur fonctionnement ainsi que d'une formation autour de ses matériels, de plus en plus spécialisée sur la partie logicielle ;
- Le second - 62% du chiffre d'affaires - concerne la prestation d'ingénierie avec ses propres équipes d'investigation au travers d'études géotechniques classiques mais aussi vis-à-vis d'ouvrages déjà en service : installations ferroviaires, ouvrages en terre, cela étant toujours réalisé sans interrompre leur service. »

Ainsi, les prestations d'ingénierie de Sol Solution se décomposent-elles en trois grands domaines :

- Les études en amont de la construction : préconisations de fondations, dimensionnements de soutènements, ...
- Le contrôle d'ouvrages nouvellement construits : réseaux d'assainissement, pieux, micropieux,
- Le diagnostic d'ouvrages en service : infrastructures de transports, digues, ouvrages en terre...

L'entreprise est installée à Riom, dans la périphérie de Clermont-Ferrand depuis 1999. Elle a réalisé une première extension de ses locaux en 2012 et se prépare cette année à en effectuer une seconde.

À Riom, elle est équipée d'appareils pour la fabrication de ses produits propres (Panda®, Pandoscope®, Pandito®, Grizzly®, e-Kodiak®) ainsi que d'appareils géophysiques pour réaliser des analyses pour ses clients, de deux



5 © INRAE

ateliers de forage, d'un laboratoire de sols avec machines de cisaillement, oedomètre et appareil triaxial ainsi que d'un "Hole Erosion Test" (HET) développé par l'Inrae<sup>(2)</sup>. Le HET permet de diagnostiquer la potentielle rupture d'un ouvrage en terre due à une érosion interne. Le test HET calcule la sensibilité d'un sol en place à l'érosion interne dans une digue, et détermine sa vitesse d'érosion potentielle. Il n'existe que deux bureaux accrédités par l'INRAE de ce type en France.

L'équipe dirigée par Anne-Sophie Veret comprend 95 collaborateurs se répartissant en une quarantaine de techniciens intervenant sur les chantiers, une douzaine dédiée à la R&D, une trentaine d'ingénieurs et une dizaine d'administratifs.

Sol Solution a réalisé en 2021 un chiffre d'affaires de 11 502 725 € dont

**5- Le laboratoire de Riom.**

**6- 75 essais pénétrométriques Panda® ont été réalisés à une profondeur moyenne de 8 mètres sur le barrage en terre de l'usine de Nam Theun au Laos.**

**7- Les essais en cours de réalisation sur le barrage de Nam Theun.**

national avec une présence forte en Europe, naturellement, mais aussi en Australie ainsi qu'en Amérique du Sud (Chili, Colombie, Mexique), sans oublier l'Amérique du Nord. Parmi les plus représentatifs : InSitek en Australie, Core Hard au Royaume Uni, Orbis Terrarum en Espagne, Ingeum au Mexique, Geotecnia Ambiental au Chili...

**10 CHANTIERS MARQUANTS DES 30 DERNIÈRES ANNÉES**

Parcourir en une dizaine de chantiers l'aventure d'une entreprise qui fête cette année ses 30 ans d'activité est ce que propose la suite de ce reportage avec la collaboration d'Anne-Sophie Veret. Ces 10 chantiers marquants qu'elle a choisis de mettre en évidence constituent un panel significatif de la diversité des interventions de cette PME en France et à l'international.

10% à l'international et 10% dans la R&D. Ses matériels sont présents dans plus de 95 pays dans le monde et elle dispose de 11 distributeurs à l'inter-



6 © SOL SOLUTION



7 © SOL SOLUTION



8 © SOL SOLUTION

**M3S : A71/ N4 À MONTMARSAULT**

Dans le cadre des travaux de l'échangeur de Montmarault sur l'A71 pour le compte d'APRR (Autoroutes Paris-Rhin-Rhône), Sol Solution a réalisé la conception et accompagné Eiffage Génie Civil pour la réalisation de deux ouvrages de soutènement sous la déviation provisoire de l'autoroute permettant de réduire le talus pour réaliser un ouvrage d'art.

Le projet consiste en la création d'une déviation provisoire de l'A71 dans le secteur de Montmarault. Cette déviation implique la réalisation d'un raidissement provisoire des terres pour libérer une emprise de travail permettant la réalisation d'un ouvrage d'art de franchissement. Elle consiste en l'élévation d'un remblai renforcé par géotextiles alvéolaires M3S® d'environ 9 m de hauteur.

Le procédé M3S® est un renforcement de sol apportant une cohésion complémentaire permettant de raidir les talus.

L'ouvrage permet de supporter les charges de trafic importantes générées par l'autoroute et notamment la voie de droite (poids lourd).

Le procédé M3S® allie plusieurs caractéristiques : réutilisation des matériaux, solidité et façonnement en fonction des contraintes du site (possibilité de réaliser des courbes), impact carbone réduit avec une optimisation des matériaux de carrière déployés, ingénierie de haute qualité sur des ouvrages complexes.

**LAOS : 75 ESSAIS PÉNÉTRIMÉTRIQUES**

Nam Theun 2 Power Company (NTPC) a mandaté Sol Solution afin de réaliser des essais pénétrométriques dans un barrage en terre de l'usine hydroélectrique Nam Theun au Laos. Ce pays d'Asie du Sud-Est, montagneux et soumis à la mousson, a un fort potentiel hydroélectrique. L'enjeu était de vérifier l'uniforme compacité d'une digue latérale à une rivière. Le Panda® a permis de réaliser des sondages peu destructifs de grande profondeur.

En 9 jours, 75 essais pénétrométriques Panda® ont été réalisés à une profondeur moyenne de 8 mètres dans un sol argilo-sableux, selon un maillage régulier et serré de trois lignes espacées de 2 mètres par nos équipes,

**8- Le procédé M3S® est un renforcement de sol apportant une cohésion complémentaire permettant de raidir les talus.**

**9- Auscultation au Pandoscope® associé à un géoendoscope sur le projet CDG Express.**

**10- Le Pandoscope® pour les diagnostics de la HS1, unique voie ferrée à grande vitesse du Royaume Uni.**

aidées de deux techniciens sur place. Les données relevées ont permis de dessiner des profils de résistance révélant la cartographie de compacité de l'ouvrage. Le client s'est vu remettre des modélisations 2D et 3D.

« La compacité des sols est le cœur historique de notre entreprise, précise à ce sujet Anne-Sophie Veret.

Le Panda® à l'origine de la création de l'entreprise, a tout de suite séduit les utilisateurs en permettant facilement de respecter les préconisations de compactage des remblais. Des remblais résistants à l'usage prévu permettent d'assurer la pérennité des ouvrages et de garantir l'optimisation des ressources qu'il a fallu utiliser pour le construire. »

**CHARLES DE GAULLE EXPRESS : DIAGNOSTIC DE LA PLATEFORME**

Le CDG express est un projet visant à relier Paris à l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle en 20 minutes et renforcer ainsi la qualité et la complémentarité du service de transport en Île-de-France. Il intègre également la modernisation et la régénération concomitantes des voies existantes du RER B.

« Sur CDG Express, indique Anne-Sophie Veret, le département Diagnostic d'Ouvrages de Sol Solution a été mandaté par SNCF Réseau pour réaliser des sondages au Pandoscope® sur des voies existantes afin de déterminer si la plateforme ferroviaire actuelle est compatible avec le tracé et les caractéristiques de la future voie. »



9 © SOL SOLUTION



10 © SOL SOLUTION

Sol Solution est intervenu dans le projet CDG Express depuis 2015 à différentes phases de son avancement et sur différentes problématiques que ce soit le projet CDG express en lui-même ou les études de régénération du RER B associées. »

Le Pandoscope®, un pénétromètre dynamique à énergie variable associé à un géoendoscope, a permis de caractériser les structures d'assises de la voie, en apportant à la fois des informations sur la nature des matériaux (nature, épaisseurs, granulométrie) et sur les caractéristiques mécaniques des couches. Ces informations sont les données d'entrée nécessaire pour déterminer la nature et la quantité des travaux à effectuer pour créer la nouvelle liaison entre la gare de l'Est et l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle. Par sa légèreté et sa facilité de mise en œuvre, il a permis des investigations dans des conditions d'intervention et d'accès parfois complexes sur des voies aux circulations particulièrement denses comme le sont toutes celles de la région parisienne.

**CHILI :  
CONTRÔLE DES STÉRILES  
MINIERS DE BARRAGES**

Les gestionnaires de mines peuvent se trouver confrontés à la problématique des résidus miniers et de leurs stockages. En effet, risques sismiques, liquéfaction, stabilité générale et autres aléas rendent ces sites, pour certains laissés à l'abandon, dangereux.

Sol Solution apporte son savoir-faire technologique dans la surveillance et le contrôle de ces stériles miniers.

Les objectifs sont multiples, précise Anne-Sophie Veret : « D'une part, il s'agit de déterminer en profondeur la stratigraphie et l'épaisseur des couches



11 © AGUHOI

mais également de contrôler la qualité du compactage. Ces objectifs permettent alors d'évaluer la pertinence des procédés de construction mis en œuvre pour le stockage des résidus.

D'autre part, il est également question, parfois, de préparer les fermetures progressives en toute sécurité de ces zones de stockage en caractérisant mécaniquement et en profondeur les dépôts. En couplant les données contextuelles et les données des sondages, Sol Solution donne à ses clients une vision complète de la stratigraphie et de l'épaisseur des couches rencontrées, ainsi que la qualité mesurée du compactage. Dans des territoires à forts aléas géotechniques, ces données permettent aux gestionnaires d'ouvrages de prévenir tout risque de liquéfaction et/ou de rupture. »

**ROYAUME UNI :  
LA HS1 SOUS SURVEILLANCE**

Après une formation à la sécurité ferroviaire anglaise et une batterie de tests

**11- Le monde ferroviaire s'est ouvert à nous en 2003, suite à deux travaux de thèses, financés par Sol Solution et le dispositif Cifre.**

**12- Sol Solution apporte son savoir-faire technologique dans la surveillance et le contrôle des stériles miniers de barrages, ici au Chili.**

**13- Carottage virtuel pour la cellule d'expertise du 25° RGA.**

PCR, l'équipe de géotechniciens de Sol Solution est partie en mission durant sept semaines pour réaliser des diagnostics sur la HS1, unique voie ferrée à grande vitesse du Royaume-Uni.

« Un autre exemple, précise Anne-Sophie Veret, où le savoir-faire de Sol Solution, dans le contrôle des couches d'assise des voies ferrées continue de voyager au-delà des frontières françaises. C'est dans le cadre des études préparatoires au renouvellement du ballast d'un tronçon de la section la plus ancienne, que le gestionnaire de l'infrastructure a fait appel aux services de Sol Solution, pour faire un diagnostic des voies concernées. »

À noter que l'infrastructure ferroviaire et les trois gares principales font l'objet



13 © SOL SOLUTION



12 © SOL SOLUTION



14



15 © SOL SOLUTION

**14- Le Rocher de Gibraltar.**

**15- Premier chantier à l'international, en 1995, sur le Rocher de Gibraltar.**

**16- L'intervention sur le tunnel de Soulat a nécessité des équipements supplémentaires et des dispositifs de sécurité particuliers.**

**17- Mission géotechnique d'exécution G3 sur les ouvrages sur pieux de la station d'épuration des Trois Rivières (63).**

**GIBRALTAR :  
PREMIER CHANTIER À L'INTERNATIONAL**

**Le Rocher de Gibraltar, côté méditerranée, possédait une pente revêtue de tôles métalliques servant à récolter les eaux de pluie.**

**Avant enlèvement de ces tôles et cloutage perpendiculaire, le but était de définir l'épaisseur de sable éolien, accumulé au fil du temps en une épaisseur conséquente (de l'ordre de 3 à 5 mètres), et légèrement cimenté contre la paroi rocheuse (consolidation en limite d'équilibre).**

**Le Panda®, utilisé sur toute la surface (opérateur sécurisé en rappel) a donné entière satisfaction quant aux résultats attendus, et a ainsi permis de déterminer l'interface entre ce sable cimenté et le sable naturel composant cette pente.**

**La corrélation qd Panda® et la cohésion non drainée Cu a aussi permis de donner une idée sur la stabilité de la pente.**

**Ce chantier de Gibraltar, réalisé pour Edmond Nuttal (maître d'ouvrage) s'est déroulé en 1995.**

d'un contrat d'entretien, d'exploitation et de renouvellement par Network Rail (High Speed) Limited.

Les caractéristiques des couches d'assises (mécaniques, épaisseurs et

nature) ont été fournies grâce au Pandoscope®. Par ailleurs, afin de dimensionner au plus juste les emports de ballast et réduire l'impact environnemental et économique de ces opé-

rations de renouvellement de ballast, Sol Solution a utilisé son nouveau système de granulométrie par analyse d'images pour alimenter son modèle innovant d'estimation du potentiel de

réutilisation du ballast, modèle qui prend en compte les composants de la voie ainsi que le modèle de dégradation du ballast, mettant ainsi à profit l'expérience acquise aux travers des collaborations et prestations réalisées pour SNCF Réseau durant les 20 dernières années.

Anne-Sophie Veret précise à ce sujet : « Le monde ferroviaire s'est ouvert à nous en 2003, suite à deux travaux de thèse, financés par Sol Solution et le dispositif Cifre. L'objectif était de caractériser par l'image la donnée mécanique, qui reste aveugle. Ces travaux permettent aux gestionnaires d'ouvrage de connaître précisément les zones de faiblesse et d'optimiser la quantité et les coûts de renouvellement du ballast. »

**CAROTTAGE VIRTUEL  
POUR LE 25° RGA**

Dans le cadre de ses collaborations en R&D et du transfert de technologie, Sol Solution a équipé la cellule d'expertise du 25° RGA (Régiment du Génie de l'Air) d'un système complet lui permettant de déployer sur le terrain une méthodologie d'auscultation des chaussées revêtues. Cette solution développée associe le carottage virtuel et le Pandoscope®.

« Le carottage virtuel est une technique développée et brevetée par Sol Solution, précise Anne-Sophie Veret, qui consiste à compléter, voire substituer, le carottage classique des structures de chaussée par le couplage de l'essais de pénétration Panda® et de la géo-endoscopie réalisés sur un forage de très faible diamètres (Ø < 22 mm).

Les logiciels et les algorithmes de reconnaissance d'images développés par notre R&D permettent d'obtenir, avec une très grande résolution verticale et spatiale, une carotte virtuelle. ▷



16 © SOL SOLUTION



17 © SOL SOLUTION

Il est alors possible d'identifier les épaisseurs de chaque couche composant la structure, ainsi que leur nature et leur état hydrique, entre autres. Cette technique d'auscultation permet au gestionnaire d'ouvrages d'améliorer la connaissance de son patrimoine rapidement sans nuire à l'intégrité structurale de l'ouvrage et sans perturber l'exploitation des lieux (trafic, circulation des engins...).

**TUNNEL DE SOULAT : MISSION À RISQUE**

Les équipes de Sol Solution sont intervenues sur un projet SNCF de remise en service du raccordement de Mourepiane à Marseille (ligne de l'Estaque). L'étude comptait au total 17 sondages Pandoscope® dont 9 au niveau du Tunnel de Soulat. L'accès au tunnel de Soulat est totalement interdit en raison d'une pollution importante au chrome hexavalent. En effet, cette pollution n'est pas présente dans l'air mais dans l'eau qui s'infiltre à l'intérieur de l'ouvrage, localisant les zones plus ou moins polluées.

Anne-Sophie Veret de préciser : « Cette intervention a nécessité des équipements supplémentaires, gants et bottes étanches, combinaison chimique, lunette de protection étanche, masque filtrant, détecteur à photoionisation (PID) et la mise en place de dispositifs de sécurité afin que nos techniciens puissent se déplacer et travailler dans les meilleures conditions possibles. »

**TROIS RIVIÈRES : EXTENSION SOUS CONTRÔLE**

Pour les travaux d'extension de la station d'épuration des Trois Rivières à Clermont-Ferrand (63), Sol Solution a accompagné NGE Génie Civil pour réaliser la mission géotechnique d'exécution



18 © SOL SOLUTION

G3 sur les ouvrages fondés sur pieux, le bassin de stockage et de retenue BSR (paroi moulée et micropieux en fond de bassin).

Le BSR est un ouvrage de 45 m de diamètre et de 20 m de profondeur. Il est prévu la réalisation de 265 micropieux sur lesquels repose en partie la dalle de fond du BSR. Cette dernière est également portée en périphérie par la paroi moulée et ponctuellement par 22 poteaux-pieux.

Afin d'absorber les effets du gonflement des marnes sous le radier, une couche de polystyrène a été mise en place en sous-face. Le dimensionnement du polystyrène a également fait l'objet d'une note de calcul spécifique.

18- Le Panda sur chantier : léger, maniable, facile d'utilisation et de transport.

19- À Buchelay, Sol Solution a assuré la mission G3 de dimensionnement des raidissements sur des parois clouées.

20- Geosystem a mandaté Sol Solution pour étudier le risque d'érosion du barrage de Rorota en Guyane Française.

**BUCHELAY : ÉLARGISSEMENT PAR PAROI CLOUÉE**

Dans le cadre de l'aménagement des parcs d'activités "Les Aureines" et "Les Gravières" sur la commune de Buchelay (Yvelines), une voie "tourne à droite" doit être réalisée sous la travée Est d'un ouvrage d'art de franchissement entre les deux parcs d'activités. Côté Ouest de l'ouvrage, une voie douce (piétons et cycles) doit également être insérée. Ces deux aménagements impliquent le raidissement de chacun des deux perrés situés sous l'ouvrage.

Les raidissements réalisés sont des parois clouées dont Sol Solution a assuré la mission G3 de dimensionnement pour le compte de l'entreprise NGE Fondations. En plus des notes de calcul classiques et à la demande de la maîtrise d'œuvre, les déplacements en tête de paroi ainsi qu'au niveau du chevron ont fait l'objet de modélisations à l'aide du logiciel Plaxis afin de garantir la stabilité de l'ouvrage existant.

**BARRAGE DE ROROTA : TESTS D'ÉROSION**

Geosystem, conseil dans l'ingénierie géotechnique, implanté en Martinique, a mandaté Sol Solution pour étudier le risque d'érosion du barrage de Rorota en Guyane Française.

À cet effet, Sol Solution a réalisé trois essais d'érosion Hole Erosion Test (HET). Ce test permet de connaître le comportement d'un échantillon de sol préalablement perforé dans le sens longitudinal. Les résultats de cet essai sont la contrainte de cisaillement critique et l'indice d'érosion du sol. Le dispositif d'essai est constitué d'une cellule cylindrique en plexiglas, divisée en trois parties amovibles, qui permet

de recevoir l'échantillon, lui injecter de l'eau et d'analyser le différentiel de pression entre l'entrée et la sortie du dispositif de mesure.

« Ce type de diagnostic est d'autant plus important qu'il permet de prévenir des éventuels sinistres, notamment la rupture d'un ouvrage en terre, ajoute Anne-Sophie Veret. Comme le barrage de Teton aux États-Unis qui avait cédé lors de son remplissage en 1976 du fait de l'érosion interne. Cette illustration montre combien il est important pour nous de suivre au maximum les nouveaux procédés issus du savoir-faire Irstea, désormais Inrae, et de nouer des partenariats avec les universités ou centres de recherche qui sont nombreux et nous permettent d'ouvrir notre offre pour une solution complète à destination de nos clients. »

**SINGAPOUR : RENOUELEMENT DES VOIES**

Sol Solution a été mandatée par le SMRT (Singapore Mass Rapid Transit) pour réaliser le diagnostic d'une partie de son infrastructure de chemin de fer. L'objectif est de fournir des informations pour un projet de renouvellement de ballast.

En effet, le réseau du SMRT a été construit en différentes phases. Les premières portions sont en service depuis 1987.

En ce qui concerne l'infrastructure, le ballast n'a pas été renouvelé depuis sa construction il y a plus de 30 ans. Même si les voies ferrées ballastées sont construites et entretenues depuis plus de deux siècles, la dégradation du ballast et sa durée de vie sont encore très difficiles à évaluer.

L'un des objectifs de cette étude est de fournir des informations qui permettront de comprendre l'état du ballast. Ces données doivent être croisées avec d'autres informations de maintenance afin d'aider à construire un programme de maintenance/renouvellement.

La méthodologie proposée est basée sur le couplage de mesures géophysiques (Ground Penetrating Radar) et géotechniques (tests Pandoscope®), peu invasives.

Sur ce type de projet, Sol Solution réalise une étude de voie avec une investigation initiale par géoradar (GPR). Une analyse préliminaire de cette étude combinée aux informations sur la géométrie de la voie et son entretien permet de localiser les endroits où les sondages Pandoscope® permettraient de comprendre et d'analyser les informations GPR et la particularité de la

© SOL SOLUTION



21

**LE E-KODIAK® : UN PÉNÉTRMÈTRE DYNAMIQUE "CONNECTÉ"**

Dernier né de la gamme Solution et lancé en novembre 2020, le e-Kodiak® est un pénétromètre dynamique à énergie modulable, connecté.

Il permet de mesurer, d'enregistrer et d'analyser des données directement sur le terrain grâce à un boîtier équipé de capteurs "nouvelle génération" et une application mobile Sol Solution DCP, téléchargeable sur un smartphone ou une tablette.

Autre fonctionnalité, le e-Kodiak® possède un système très simple de masses interchangeable par simple vissage-dévisage manuel qui rend possible la variation et l'adaptation de l'énergie de battage à la dureté des sols sondés.

Avec ce matériel, Sol Solution a pour ambition de mettre au service de la géotechnique des solutions intégrant les nouvelles technologies du big data, l'IoT, du cloud, ...

À travers le développement de la digitalisation des mesures géotechniques, le e-Kodiak® permet à ses utilisateurs de gagner en efficacité et en rapidité par le transfert, le stockage et le traitement des données. Les mesures prises lors de nombreux essais peuvent ainsi être géoréférencées, transférées en temps réel et par la suite traitées, stockées et partagées en toute sécurité, limitant l'édition de papier et permettant la mobilité des collaborateurs.

Il répond à la norme européenne EN ISO 22476-2 -DPL.

21- L'application mobile DCP associée au e-Kodiak® qui permet d'afficher les pénétrogrammes en temps réel, sur le terrain, à partir d'un smartphone ou d'une tablette.

voie : un échange avec le client final est alors conseillé pour expliquer les anomalies observées sur le GPR, ou pour fixer de nouvelles positions de sondages. Une fois les sondages Pandoscope® effectués et analysés, ils sont couplés aux données GPR, permettant à Sol Solution de faire une analyse de l'ensemble de la voie.

« Après une première étude de faisabilité effectuée en 2015, poursuis

Anne-Sophie Veret, les équipes de Sol Solution ont effectué une mission en 2020 qui consistait à fournir des informations d'appui pour étudier le renouvellement des voies. Les objectifs étaient : la définition de la nature et de l'épaisseur des couches existantes (ainsi que leurs variations) ; la définition de la profondeur de l'assise de la voie dans les sections à niveau ou de la dalle dans les sections en viaduc et en tunnel ; la détermination de la position des différentes interfaces 1- ballast / ballast colmaté, 2- ballast colmaté / sous-ballast et 3- sous-ballast / plate-forme. »

À préciser que la mission s'est déroulée sur trois semaines, avec un programme réajusté en raison du confinement lié à la première vague Covid-19 et a mobilisé quatre personnes du service international. Les résultats des investigations vont servir à bâtir le programme et la consistance du projet de renouvellement.

**MOBILITÉ DURABLE ET DIGITALISATION**

La question de la mobilité durable se situe au cœur des préoccupations de Sol Solution : réhabiliter les ouvrages existants, optimiser les quantités mises en place de matériaux, réutiliser les matériaux ont toujours été ses préoccupations N°1.

Trouver la solution adaptée à la contrainte de ses clients reste son fer de lance. 12 personnes sont entièrement dédiées à créer, améliorer les produits, services et logiciels de Sol Solution.

« Une de nos plus grandes contraintes, conclut Anne-Sophie Veret : faire en sorte que nos outils soient faciles d'utilisation, non destructifs et rapidement interprétables. »

Un pari facilité avec la digitalisation et la mise en place d'outils faciles et gratuits pour ses clients comme l'application mobile DCP associée au e-Kodiak® qui permet d'afficher les pénétrogrammes en temps réel, sur le terrain, à partir d'un smartphone ou d'une tablette. La transformation digitale est désormais au cœur des métiers de la géotechnique. □

1- La légende raconte que c'est en plantant une sardine dans le sol pour fixer sa tente que son inventeur, Roland Gourvès a eu l'idée d'utiliser l'énergie dégagée par la frappe accélérée d'une masse sur une tige pour mesurer la résistance du sol et relever des données.

2- INRAE, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, est né le 1<sup>er</sup> janvier 2020. Il est issu de la fusion entre l'Inra, Institut national de la recherche agronomique, et l'Irstea, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.



19 © SOL SOLUTION



20 © BETCG