

## Edito

C'est un grand honneur pour moi de succéder à Alain GUILLOUX au sein de l'équipe de TERRASOL, qui a su s'imposer au fil des années comme une ingénierie de référence dans le paysage géotechnique français.

Nous disposons aujourd'hui de tous les atouts nécessaires pour poursuivre notre route sur cette même voie et écrire les pages suivantes de la belle histoire de TERRASOL, débutée en 1979 avec François SCHLOSSER : l'expérience de nos experts alliée au dynamisme d'une équipe jeune et multiculturelle (nous comptons aujourd'hui 60 collaborateurs au total, dont près de 50 ingénieurs géotechniciens), de magnifiques références sur lesquelles nous appuyer, une grande capacité d'écoute et de dialogue auprès de nos clients et partenaires, la volonté de relever le défi de projets géotechniques toujours plus complexes, et une appétence constante pour le développement de nouvelles compétences et l'innovation en géotechnique (par exemple actuellement dans les domaines de la dynamique des sols - ci-contre -, des fondations géothermiques, ou encore de l'analyse de risques).

TERRASOL, c'est également une histoire déjà longue à l'international : très tôt, ses ingénieurs ont été sollicités pour des expertises à l'étranger, et nous effectuons actuellement en moyenne 25 % de notre chiffre d'affaires annuel sur des projets hors de nos frontières (article et carte en pages intérieures) : nous ambitionnons aujourd'hui de poursuivre le développement de nos activités à l'international, que ce soit pour nos clients directs, ou au travers de projets du groupe SETEC.

Ce nouveau numéro de notre « Lettre Terrasol » illustre quelques projets et thématiques abordés au cours du premier semestre 2014, et inaugure notre nouvelle identité visuelle, qui accompagne un mouvement commun à l'ensemble des sociétés du groupe SETEC, en France comme à l'international. Cette nouvelle identité visuelle est pour nous l'occasion de réaffirmer nos valeurs telles que l'excellence (géo)technique et l'indépendance, et ceci que nous intervenions directement pour nos clients et partenaires, ou au sein des équipes pluridisciplinaires du groupe SETEC. Vous allez la retrouver progressivement sur l'ensemble de nos supports et documents.

Toute l'équipe de TERRASOL se tient à votre disposition, et vous souhaite un bel été !

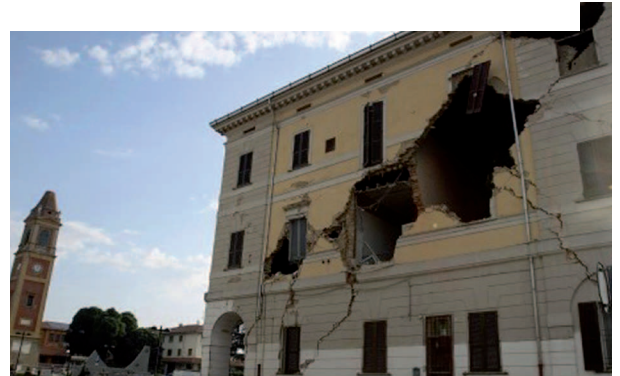
V. Bernhardt

## Conception parasismique et interaction sol-structure

Le risque sismique représente une menace contre laquelle il est impératif de prendre des dispositions permettant d'en minimiser les conséquences matérielles et humaines. Cette approche préventive passe surtout par une conception adaptée des ouvrages considérant pleinement le caractère dynamique des sollicitations sismiques.

Dans les études d'ouvrages géotechniques, la prise en compte du séisme était, jusqu'à un passé récent, principalement abordée par des modèles pseudo-statiques simplifiés permettant de se raccorder aux pratiques usuelles de dimensionnement. Aujourd'hui, l'arrivée des Eurocodes et la prise de conscience récente des enjeux liés au risque sismique font privilégier des modèles de calcul aptes à traiter d'une manière réaliste le comportement dynamique du sol en interaction avec la structure qu'il supporte. Ces modèles, qui exigent de l'ingénieur un regard neuf et éclairé, se heurtent néanmoins à un corpus géotechnique peu développé sur les aspects sismiques et qui privilégie largement les dimensionnements semi-empiriques basés sur le pressiomètre.

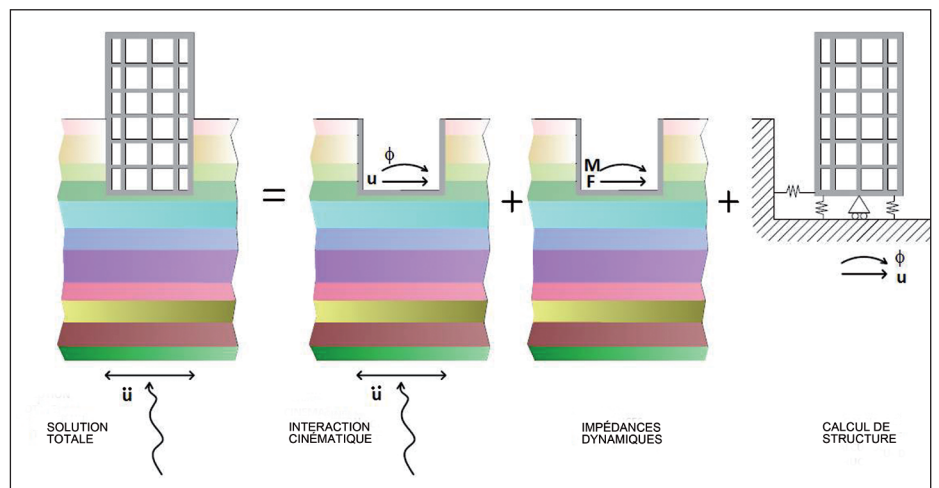
C'est dans ce contexte, et grâce à la formation pluridisciplinaire de son équipe, que TERRASOL a développé une pratique confirmée en conception parasismique.



Crédit photo : Alessandro Canella - Bâtiment après un séisme en Italie, 2012

Celle-ci requiert une parfaite maîtrise des effets d'interaction sol-structure allant bien au-delà de la simplification radicale consistant à supposer la structure parfaitement encastree à sa base, une simplification dont les résultats peuvent s'avérer parfois exagérément irréalistes. En pratique, cette interaction peut être analysée en représentant la réponse du sol par des fonctions d'impédances dynamiques (exprimant la raideur et l'amortissement du sol selon le contenu fréquentiel propre de la sollicitation) et en considérant, en toute rigueur, le mouvement sismique affecté par la présence de la structure (interaction cinématique). Ce type d'analyse, qui peut être conduit facilement à l'aide d'un modèle de type SASSI, est régulièrement mis en œuvre pour la conception parasismique d'installations industrielles existantes ou nouvelles, notamment pour le compte d'EDF et AREVA.

F. Cuiira et B. Simon



# Approvisionnement en eau potable

## Melamchi, Népal

L'objectif de ce projet est de fournir un approvisionnement en eau potable sûr et efficace dans la vallée de Katmandou, d'y améliorer les conditions sanitaires et d'aider ainsi au développement économique de la vallée. Il est prévu un tunnel de 26 km environ, 3 galeries d'accès (« adits ») et des ouvrages de déviation du fleuve à l'amont de la vallée.

Le tunnel et les galeries d'accès, réalisés à l'explosif, s'inscrivent dans le massif précambrien du complexe Himalayen, caractérisé par des formations rocheuses avec un métamorphisme élevé. Les horizons concernés par le creusement du tunnel sont le gneiss, les quartzites et les schistes. Le soutènement retenu par le Maître d' Œuvre est constitué principalement de boulons radiaux et de béton projeté. La mise en place de cintres est préconisée dans les zones de roche les plus dégradées.

Les travaux ont débuté en avril 2010 avec une première entreprise, mais ils ont été interrompus en septembre 2012. En juin 2013, une nouvelle entreprise a été désignée : CMC (« Cooperativa Muratori e Cementisti di Ravenna »).

CMC a demandé l'intervention de M. Marc PANET en tant qu'expert, et celui-ci a sollicité TERRASOL pour l'assister dans sa mission sur place en avril 2014. Les objectifs de cette mission étaient d'analyser les ouvrages déjà réalisées (environ 6 km au total de galerie d'accès et une partie du tunnel principal) et de proposer des recommandations pour la réalisation des sections restant à excaver.

La mission a permis de conclure que la stabilité à court terme des tronçons de tunnel déjà réalisés est assurée. Cependant, il est nécessaire de prévoir des travaux de reprise et confortement du soutènement en place pour garantir la pérennité de l'ouvrage. Il est préconisé en particulier un contrôle systématique de l'épaisseur et de la qualité du béton projeté. Des recommandations ont également été effectuées pour aborder les difficultés géologiques susceptibles d'être rencontrées lors de la suite de l'excavation et optimiser le cycle d'avancement ainsi que le soutènement/revêtement à mettre en place.

J.P. Janin

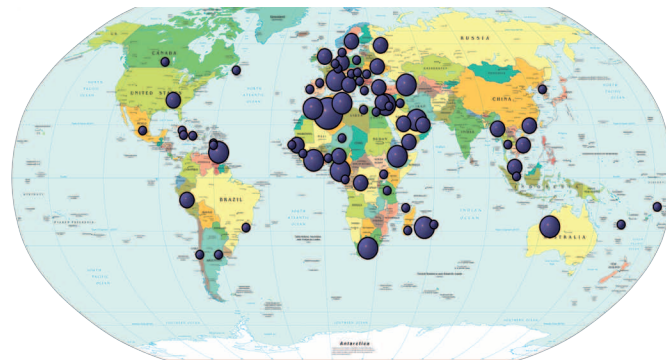


# Terrasol et le continent africain

## Afrique

TERRASOL réalise depuis plusieurs années environ 25 % de son chiffre d'affaires sur des projets à l'étranger, que ce soit pour des entreprises françaises de génie civil, pour des acteurs français dans le domaine de l'énergie, ou directement pour des clients locaux ou internationaux, et qu'il s'agisse d'interventions ponctuelles ou de projets au long cours. La carte ci-contre illustre les zones dans lesquelles nous sommes intervenus depuis 2006 : l'Afrique y apparaît comme l'une de nos régions d'intervention de prédilection et nous avons choisi dans ce numéro de faire le point sur la longue histoire qui lie TERRASOL et le continent africain.

En effet, TERRASOL est intervenue pratiquement dès sa création sur le continent africain, pour des expertises sur des projets emblématiques qui ont grandement contribué au développement de cette partie du monde : chemin de fer trans-gabonais, autoroutes du Maroc, phosphates de Tunisie, etc.



Viaduc du Bouregreg

Depuis une dizaine d'années, nous avons renforcé notre présence sur place : création de Terrasol Tunisie, présence continue en Algérie, collaboration avec les sociétés du groupe SETEC notamment au Maroc et au Sénégal, missions régulières pour les constructeurs français partout en Afrique.

Notre maître mot est à présent la diversification : outre nos expertises ponctuelles sur tout le continent, et notre participation à de nombreux projets routiers et d'ouvrages d'art (Autoroute Est-Ouest en Algérie pour l'entreprise CRCC, route de la corniche à Brazzaville avec SETEC TPI et SGI, pont sur le fleuve Gambie avec SETEC TPI et STUDI, pont du Bouregreg au Maroc avec SETEC TPI, pont Riviera Marcory pour BOUYGUES TP en Côte d'Ivoire, etc), nous sommes également intervenus récemment dans :

- les transports : projets ferroviaires en Algérie et en Afrique du Sud...
- l'énergie : champs d'éoliennes en Ethiopie, réservoirs de pétrole et gaz en Tunisie, centrales thermiques en Côte d'Ivoire, Tunisie, Maroc, Afrique du Sud, ...
- le portuaire : port en Guinée Equatoriale...

Le continent africain est actuellement en développement rapide et constitue clairement un potentiel important : TERRASOL compte bien mettre à profit son expérience et sa connaissance du marché local pour y renforcer encore sa présence dans les prochaines années, dans le cadre du développement global de ses activités à l'international.

J. Drivet, V. Bernhardt



# Tunnel de Saint-Béat

Haute-Garonne, France

L'aménagement de la RN 125 entre Saint-Béat et Arlos (Haute-Garonne) permettra de contourner le village de Saint-Béat grâce à un tunnel creusé dans la montagne du Cap de Mount. Ce village est renommé pour son exploitation de marbre blanc, formation constituant l'essentiel du massif où est excavé le tunnel.

Le groupement GUINTOLI – SOLÉTANCHE-BACHY – SOLÉTANCHE-BACHY TUNNELS – PIZZAROTTI a confié à TERRASOL et BMCI (filiale de SETEC TPI) l'ensemble des études d'exécution géotechniques et de génie civil. Le tunnel, long de 1018 ml, a été excavé en méthode traditionnelle à l'explosif avec un soutènement essentiellement constitué de boulons et béton projeté. Malgré une géologie favorable à la réalisation d'un tunnel (calcaire Marmoréen et marbre de bonne qualité, avec une fracturation peu développée), le chantier a connu quelques surprises, avec la rencontre de karsts en tête nord, puis de fortes venues d'eau sur l'attaque sud. La principale difficulté du projet, bien identifiée dès les premières reconnaissances, était l'interception par la galerie de sécurité nord d'un sillon glaciaire rempli de matériaux alluvionnaires. L'analyse des reconnaissances complémentaires réalisées depuis le tunnel et depuis la surface a conduit à proposer de traverser cet accident géologique à l'aide d'un soutènement cintré renforcé par une voûte parapluie. Le tunnel principal a été percé en décembre 2013.



H. Le Bissonnais

# Complexe Oil & Gas à Das Island

Abu Dhabi, Emirats Arabes Unis

L'ADNOC est une des plus importantes compagnies pétrolières nationales et une des plus avancées sur les techniques d'analyse sismique et d'optimisation des taux de récupération de ses gisements tant dans l'onshore que dans l'offshore. Sa filiale Abu Dhabi Gas (ADGAS), spécialisée dans le traitement, la commercialisation et la distribution de GPL et GNL, a retenu CEGELEC OIL AND GAS dans le cadre de la construction d'une 8<sup>ème</sup> turbine de 36 MW de type Frame 6 sur le complexe de l'île de Das, située dans le golfe Persique à environ 110 km de l'Emirat d'Abu Dhabi.

Dans le cadre des études de génie civil, CEGELEC a sollicité TERRASOL pour les études géotechniques d'exécution. TERRASOL est d'abord intervenue sur la définition et la supervision des investigations géotechniques sur site, en se conformant strictement aux procédures offshore en termes de sécurité et de risque. Nous avons ensuite réalisé le dimensionnement des fondations des différents ouvrages de la centrale (turbine, charpente métallique, cheminée, bâtiments, etc), en portant une attention particulière au comportement des fondations profondes sous sollicitations dynamiques.



C. Bernuy

Crédit photo : Cegelec

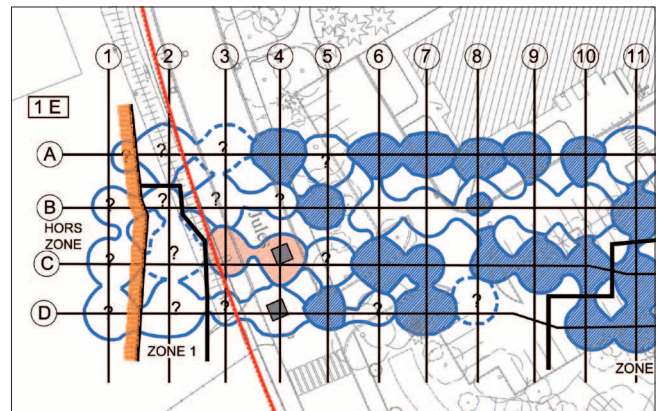
# Comblement de catiches à Lille

Nord, France

À Lille comme à Paris, les champs de catiches, carrières souterraines semi-artisanales en forme de « bouteille » (200 à 350 m<sup>3</sup> en général) regroupées en « grappes », ont été rattrapés par l'urbanisation.

Ces catiches présentent des risques d'effondrement au cœur de l'agglomération lilloise. TERRASOL est intervenue dans le cadre de la Maîtrise d'Oeuvre complète du réaménagement des quartiers Sud pour traiter cette problématique :

- En phase d'avant-projet : identification et recalage en plan des 260 catiches répertoriées dans la zone (synthèse des données existantes, définition et suivi de reconnaissances complémentaires, situation de chaque catiche – vide ou partiellement comblée).
- En phase de projet : définition du traitement primaire (suppression de l'aléa d'effondrement par comblement avec un tout-venant économique, par déversement ou forage), et le cas échéant du traitement secondaire (maîtrise des tassements au droit des voiries et réseaux sensibles, par réalisation d'une dalle BA ou injections).
- En phase d'exécution : phasage de l'opération avec prise en compte du contexte urbain complexe, et adaptation au fil de l'eau du cycle d'injection afin de maîtriser les quantités injectées (marché au bordereau).



Les travaux ont été achevés à l'automne 2013, et le bilan est globalement positif : les principes confortatifs retenus ont été validés et, même si individuellement le traitement de la plupart des catiches différait de l'estimation initiale, les quantités du marché ont été globalement respectées.

F. Binet

# Pôle logiciels

Talren v5.0.5

K-rea v3.1.2

Foxta v3.1.4

Plaxis2D AE.01

Straticad v1.4

Plaxis 3D 2013.01

## Foxta v3.1



Foxta évolue pour encore plus d'efficacité.

Les modules Groupie et Tasplaq ont fait l'objet d'évolutions importantes afin d'en simplifier l'utilisation et d'optimiser vos temps de calcul :

- Groupie + permet désormais de s'affranchir des modules Taspie + et Piecoef + pour le calcul des raideurs des appuis : tous les calculs pour les groupes de pieux se font au sein d'un seul et unique module.
- La méthode de maillage proposée dans Tasplaq a été profondément revue et sera désormais semi-automatique, basée sur les points d'intérêt du modèle (géométrie, chargements...). De plus, de nouveaux développements scientifiques permettent à présent de prendre en compte une inclinaison des couches de sol.

D'autre part, Foxta v3 est à présent disponible en version bilingue français/anglais. C'est donc l'ensemble des logiciels TERRASOL que vous pouvez désormais utiliser soit en anglais, soit en français.

## K-Réa v3.1



Cette nouvelle mise à jour est disponible gratuitement sur notre site web pour les utilisateurs actuels de K-Réa v3 : l'interface utilisateurs a été revue pour une parfaite compatibilité avec les dernières versions de Windows®.

## Plaxis 2D AE

La nouvelle interface du logiciel Plaxis 2D est disponible depuis février 2014. Vous êtes nombreux à avoir fait évoluer votre licence dans le cadre de votre contrat VIP et à utiliser cette nouvelle version innovante et flexible. Une journée de lancement a été organisée en avril dernier dans les locaux de TERRASOL et a permis aux participants d'échanger et découvrir cette nouvelle interface.

F. David

## Conférences

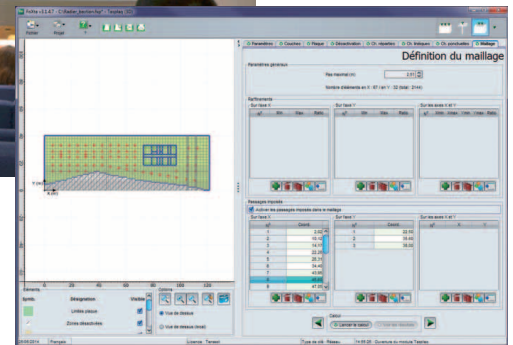
- TERRASOL sera présente aux prochaines JNGG (Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur) organisées cette année à Beauvais les 8 et 9 juillet. Nous serons disponibles sur notre stand pour échanger avec vous.
- TERRASOL partagera avec le groupe Setec un espace d'exposition lors du prochain congrès AFTES à Lyon du 13 au 15 octobre 2014.

## Formations 2014

18 septembre	Paris 12 <sup>ème</sup>	Session K-rea v3
23 septembre	Paris 12 <sup>ème</sup>	Session Talren v5
16 octobre	Lyon	Workshop Plaxis «Tunnels»
25 au 28 novembre	Paris La Défense	Session Plaxis 2D



Lancement PLAXIS 2D AE, avril 2014



Foxta v3.1 - Module Tasplaq

# Publications et interventions récentes

## RSS 2014 Rock Slope Stability – Marrakech, Avril 2014

- Stabilité de pentes en sols indurés et roches tendres (**A. Guilloux**)
- Déviation de la RD1091 au droit des Ruines de Séchillienne : évolution du dimensionnement d'un grand déblai rocheux dans un site géologiquement complexe (**Jean Drivet** et **Anthony Bachelier**)

## NUMGE 2014 - Delft, Juin 2014

- 2D and 3D numerical analysis for the design of a TBM dismantling cavern to be excavated under sensitive buildings for Paris metro line extension (**JP. Janin**, **A. Martin** et **O. Gastebled**)

## International Workshop – Maritime & Port Engineering, ESITC Caen, du 1<sup>er</sup> au 30 juin 2014 :

- **Cécile Babin** et **Bruno Simon** sont intervenus lors de ce workshop qui a réuni des étudiants de 12 nationalités différentes, dans le cadre d'un cursus commun à leurs universités et à l'ESITC. L'intervention d'une journée était consacrée à la conception des digues soumises à marée et l'utilisation du logiciel Talren.



Scannez ce QR Code avec votre Smartphone

## Siège social

Immeuble Central Seine  
42-52 quai de la Râpée  
75583 Paris Cedex 12  
France

Tel : +33 (0)1 82 51 52 00  
Fax : +33 (0)1 82 51 52 99  
Email : [info@terrasol.com](mailto:info@terrasol.com)

## Agence Rhône-Alpes

Immeuble le Crystallin  
191/193 cours Lafayette  
69458 Lyon Cedex 06  
France

Tel : +33 (0)4 27 85 49 35  
Fax : +33 (0)4 27 85 49 36  
Email : [lyon@terrasol.com](mailto:lyon@terrasol.com)

## Terrasol Tunisie

2, rue Mustapha Abdesslem  
El Menzech  
2037 Tunis  
Tunisie

Tel : +276 71 23 63 14  
Fax : +256 71 75 32 88  
Email : [info@terrasol.com.tn](mailto:info@terrasol.com.tn)

Conception, mise en page :  
Margot COWBURN