

## Edito

Voilà maintenant douze ans que nous éditons cette "Lettre de TERRASOL", et un petit retour sur le passé permet de mettre en lumière quelques points forts de notre société, bien illustrés par les projets évoqués dans cette édition :

- un fort ancrage dans le domaine de la recherche et des technologies nouvelles, qui nourrit à la fois notre savoir-faire sur les projets et les développements de logiciels ;
- le souci de diversification progressive dans tous les domaines de la géotechnique, illustrés ici par nos travaux sur l'évolution de la réglementation parasismique sur les projets LGV ;
- le développement de nos activités dans le domaine industriel, avec les projets de terminal LNG de Dunkerque, et surtout les projets de centrales dont Alstom nous a confié ces derniers mois plusieurs missions géotechniques ;
- des interventions adaptées sur les projets complexes, illustrés ici par la Fondation Louis Vuitton pour la Création ;
- et enfin notre forte implication à l'international, avec le Qatar et plusieurs des centrales Alstom.

C'est grâce à cette continuité dans nos métiers de base, à notre attachement à intégrer complètement la géotechnique dans les projets les plus variés, à notre souci constant de qualité et à l'attention portée à nos clients, que TERRASOL présente une croissance régulière de son activité et de ses effectifs. Avec aujourd'hui 45 collaborateurs, nous sommes plus que jamais en mesure de répondre aux demandes les plus variées, en France comme à l'étranger.

**Alain GUILLOUX**  
Président Directeur Général

## Les centrales thermiques ALSTOM

Le début d'année 2009 a été marqué notamment par diverses études géotechniques de centrales thermiques en France et à l'étranger pour le compte de la société ALSTOM, spécialiste des installations clé en main pour des projets de centrales électriques. Le contact a été établi entre les deux sociétés en 2006, quand TERRASOL s'est vu confiée une expertise sur le comportement géotechnique et hydrogéologique du site de la centrale de Tucuman en Argentine permettant d'identifier la cause des désordres (tassements) affectant le groupe turboalternateur.

En 2007, TERRASOL a travaillé sur l'appréciation des données d'entrée sismiques à prendre en compte dans les études de projet de la centrale de Cycofos à Fos-sur-Mer (13).

Depuis 2008, ALSTOM sollicite régulièrement l'expertise de TERRASOL pour l'assister dès le montage des offres (6 dossiers à ce jour).

De nombreux projets ont suivi (en phase de réalisation) :

- Electrabel : centrale électrique à cycle combiné GT26 de 420 MW à Fos-sur-Mer (2008),
- Terga (Algérie) : centrale électrique d'une puissance globale de 1200 MW composée de 3 tranches de 400 MW (2008).
- Ghannouch (Tunisie) : centrale électrique à cycle combiné de 400 MW (2008-2009).

TERRASOL réalise les études géotechniques de projet et l'assistance géotechnique en phase travaux dans le cas de la future centrale de Ghannouch par exemple. Construite pour la STEG (Société Tunisienne de l'Electricité et du gaz), principal producteur et distributeur d'électricité en Tunisie, la centrale permettra de répondre à l'essentiel de la demande en électricité dans le sud de la Tunisie.

La nouvelle centrale de Ghannouch est construite à côté de l'ancienne centrale. Le projet se caractérise par :

- des charges ramenées au sol correspondant à 0.25 MPa sous certains ouvrages (bloc usine, turbine gaz-vapeur),
- un contexte géotechnique défavorable marqué par la présence d'une couche de remblais constitués de sables limoneux surmontant des sables fins à grossiers, de faibles caractéristiques géotechniques, rencontrés jusqu'à 11m de profondeur par rapport au TN.

Afin de limiter les tassements à des valeurs admissibles (2 cm) pour ces ouvrages, le choix du mode de fondation s'est orienté vers un système de fondation mixte constitué de pieux battus préfabriqués en béton de dimension 0.45m x 0.45m liaisons au radier.

Le dimensionnement du système de fondation a été réalisé sous TASPPIE+ en partant de l'hypothèse d'un égal tassement du sol et des inclusions sous la fondation, et en répercutant sur les pieux le frottement négatif engendré par le tassement du sol. Ce dimensionnement a conduit à la réalisation de plus de 900 pieux battus sous l'emprise des bâtiments principaux.

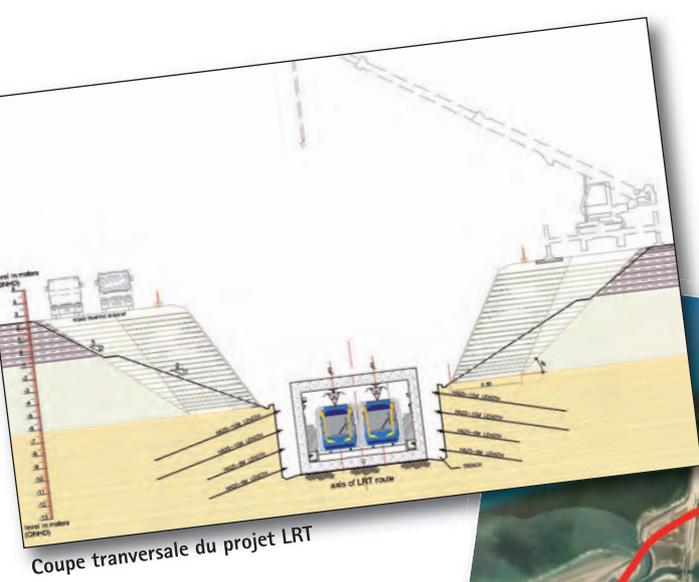
Enfin, des modèles aux éléments finis ont permis de valider les tassements sous les ouvrages et l'influence des terrassements et du rabattement de nappe par pointes filtrantes à proximité des bâtiments existants.

Notre mission consiste actuellement en une assistance géotechnique en phase travaux pour l'exécution des pieux battus et des soutènements provisoires.

**J. Drivet**  
**A.-L. Fauroux**



Chantier de pieux battus - centrale de Ghannouch (Tunisie)



Coupe transversale du projet LRT



Tunnel de Chavanne



Tracé du terminal méthanier de Dunkerque

## Qatar

### Projet LRT : Light Rail Transit System

**T**ERRASOL intervient pour le compte de VINCI au QATAR dans le cadre du projet LRT (Light Rail Transit System) reliant la ville nouvelle de LUSAIL à DOHA. Le projet dans son ensemble comporte 23 km de voies ferrées calées au niveau du terrain naturel et 7 km en tranchées couvertes, avec au total 29 stations. TERRASOL est chargée d'une mission d'assistance pour les études des soutènements et des renforcements de talus au droit de la zone en tranchée couverte.

Le site a été gagné sur la mer et mis hors d'eau par remblaiement hydraulique ; les excavations profondes de 10 à 15 m se développeront à la fois dans les remblais hydrauliques de surface, les vases et limons compressibles sous-jacents et jusque dans le substratum marno-calcaire plus ou moins altéré.

Les soutènements prévus au projet incluent notamment des massifs renforcés par géotextiles, des berlinoises et du clouage, avec des sujétions importantes liées au rabattement de nappe et aux limitations d'emprises en surface des terrassements.

P. Chalivat

## Dunkerque

### Galerie hydraulique pour le projet de terminal LNG

**L**e projet du terminal méthanier de Dunkerque comporte la réalisation :

- de deux réservoirs de gaz liquide (LNG) d'une contenance de 190.000 m<sup>3</sup> chacun,
- d'un terminal portuaire pour l'accostage de bateaux de transport de gaz (apponement), qui accueillera environ 80 méthaniers par an, d'une capacité allant jusque 270 000 m<sup>3</sup>,
- d'une unité de regazéification,
- d'un tunnel d'amenée d'eau du CNPE de Graveline vers la zone des réservoirs (tunnel de 3,0 m de diamètre intérieur et 5.000 m de long), pour réchauffer le gaz liquide.

Terrasol est en charge de l'ingénierie en tant qu'assistant à la maîtrise d'ouvrage (EDF au travers de sa filiale DUNKERQUE LNG SAS) pour le tunnel d'amenée d'eau et le puits d'entrée du tunnel en phases études et travaux.

La galerie sera réalisée en souterrain sur 5 km à l'aide d'un tunnelier confiné à pression de terre, en restant entièrement dans le même horizon géologique (argile de Flandres). La couverture de terrain est de l'ordre de 45 m côté centrale de Graveline. Le tunnel traversera l'avant-port Ouest.

L'accès au tunnel se fera par un puits circulaire de 16 m de diamètre et 45 m de profondeur réalisé en paroi moulée.

Le chantier sera réalisé sur 3 ans, de 2010 à 2013 (consultation des entreprises en cours).

H. Le Bissonnais

## LGV Rhin Rhône

### Branche EST Tunnel de Chavanne

**D**ans le cadre de la maîtrise d'œuvre travaux du tronçon C de la ligne à Grande Vitesse Rhin Rhône, confiée par RFF au groupe SETEC, TERRASOL a assuré le suivi géologique et géotechnique du creusement du tunnel de Chavanne.

Les opérations de creusement se sont réalisées conformément aux délais prévus. La jonction des deux fronts de taille a eu lieu le 28 janvier 2009 dans les formations marneuses compactes du Toarcien.

Ce chantier de tunnel d'une longueur de 1970 m se singularise par la nature marneuse des terrains rencontrés sur plus des 2/3 du linéaire. Ces terrains de type roche tendre avaient montré, lors des études de projet réalisées par TERRASOL, des pressions de gonflement très importantes qui ont conduit à adapter la conception par fort épaissement du radier et à imposer dans le DCE de méthodes d'excavation permettant de réduire l'exposition à l'eau des terrains en radier.

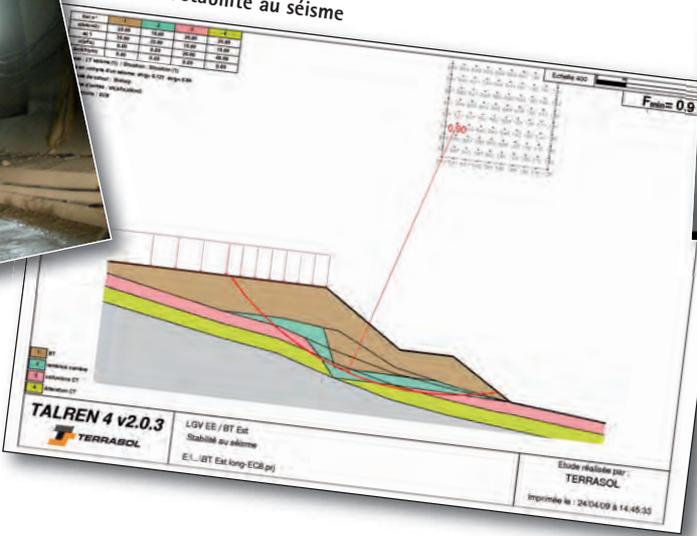
L'excavation a été conduite par abattage à l'explosif dans les calcaires et les marnes raides et par attaque ponctuelle à la fraise dans les zones de marnes où l'usage de l'explosif présentait un risque pour la stabilité immédiate.

Le bon comportement à court terme des matériaux marneux a permis à l'Entreprise de privilégier des soutènements par boulonnage et coque de 30 cm en béton projeté fibré.

Les relevés géologiques à l'avancement ont confirmé le modèle géotechnique établi par TERRASOL lors des études.

S. Curtil

## Eurocode 8 : stabilité au séisme



Maquette de la Fondation Louis Vuitton pour la Création : façade Sud (crédit photo : Fondation Louis Vuitton – N. Borel)



Maquette de la Fondation Louis Vuitton pour la Création : façade Nord (crédit photo : Fondation Louis Vuitton – N. Borel)



## Eurocode 8 et LGV

## Paris

### Projets LGV adaptés à une nouvelle réglementation

L'évolution prochaine de la réglementation sur la prise en compte du séisme dans le dimensionnement et de la construction des ouvrages géotechniques des infrastructures de transport a conduit RFF et ses maîtres d'œuvre à engager des études spécifiques pour anticiper ces changements.

Ainsi sur les projets de LGV Est Européenne et de LGV Bretagne Pays de Loire, TERRASOL a conduit des études spécifiques de comparaison des dimensionnements des ouvrages selon les AFPS 90/92 et PS92 d'une part, et selon l'Eurocode 8 d'autre part.

Ces études ont porté à la fois sur des ouvrages en terre de type remblais et déblais, et sur des blocs techniques de viaducs implantés sur versant.

Ces études comparatives ont montré que la prise en compte de la nouvelle réglementation Eurocode 8, mais également du nouveau zonage sismique de la France, conduit quasi systématiquement à une réduction des facteurs de sécurité calculés.

Ainsi, le projet de LGV Est Européenne a dû être adapté avec principalement l'allongement d'un viaduc et un renforcement des dispositions constructives liées à la stabilisation des remblais sur sols meubles.

C. Lefevre

### Fondation Louis Vuitton pour la Création

La Fondation Louis Vuitton pour la Création est un projet prestigieux dont la construction est actuellement en cours au jardin d'Acclimatation à Paris.

Sa réalisation a été confiée à l'architecte Frank Gehry, auteur de nombreuses réalisations prestigieuses, dont le musée Guggenheim de Bilbao. Sur le plan plus modestement géotechnique, il s'agit d'un ouvrage exceptionnel, à la fois par sa structure et ses dimensions, qui imposent des contraintes très strictes aux fondations, et parce qu'il est construit à l'intérieur d'une excavation de 7500 m<sup>2</sup> et 15 m de profondeur.

Cette fouille a été réalisée en parois moulées et est maintenant achevée, sans difficultés notables. La conception de la fondation sur radier est en revanche plus délicate, du fait de la présence des horizons argileux déformables du Sparnacien, Fausses Glaises et Argiles Plastiques à quelques 6 m sous le radier de fondation.

Or, si le bilan des contraintes est globalement équilibré entre les terres enlevées et les charges transmises par le bâtiment, la structure induit des concentrations de charges dépassant la contrainte initiale, tandis que d'autres zones sont déchargées.

C'est ainsi une nouvelle occasion de développer des modélisations numériques tridimensionnelles pour une analyse fine des tassements, où les effets différés sont à prendre en considération. Une problématique géotechnique voisine de celles des tours de La Défense, qui ne sont pas si loin de là.

A. Guilloux



Fond de fouille de la Fondation Louis Vuitton pour la Création

## PÔLE LOGICIELS



### Formations

Après une session de formation Taspie+ / Tasplaq qui s'est tenue au CISP (Paris) en janvier 2009, nous venons d'organiser 3 sessions de formation en petits groupes dans les locaux de Terrasol à Montreuil (Talren, K-Rea, Taspie+/Tasplaq). D'autres sessions de ce type seront proposées à l'automne 2009 : consultez notre site Internet pour obtenir le planning de ces formations.

D'autre part, la session annuelle de formation Plaxis v9 aura lieu à Paris du 25 au 27 novembre 2009.

Enfin, l'équipe du Pôle Logiciels est toujours à votre disposition pour organiser des sessions de formation intra-entreprises à la demande.

*TERRASOL est agréée en tant qu'organisme de formation et nous avons donc la possibilité de vous faire parvenir une convention de formation permettant une prise en charge par les organismes du type FAFIEC, AGEFOS PME, etc.*

### Alexandrie – Octobre 2009

TERRASOL sera présente à la Conférence Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique d'Alexandrie du 5 au 9 octobre 2009 : participation aux conférences, stand d'exposition, présentations techniques en parallèle des sessions de conférence le mardi 6 octobre 2009.

### Plaxis v9

Plaxis v9 (nouvelle version 2D) est disponible depuis quelques mois. Cette nouvelle version apporte les fonctionnalités suivantes (dont certaines déjà disponibles dans la version v8 pour les abonnés VIP) :

- Conservation de la définition du phasage quand le maillage est régénéré ;
- Nouvelle loi de comportement de sol "Hardening Soil model with small-strain stiffness" ;
- Outil d'analyse de sensibilité : variation automatique des paramètres d'entrée et calcul des fourchettes de sortie en contrainte, effort ou déplacement ;
- Virtual soil lab test : outil de simulation des essais de laboratoire (triaxiaux et oedomètres).

La mise à jour de Plaxis v8 vers v9 est disponible via la souscription de l'abonnement VIP. N'hésitez pas à nous contacter pour plus d'informations.

### Foxta v3 : Taspie+ / Tasplaq

La version anglaise du module Tasplaq sera disponible dès septembre 2009. La mise à jour correspondante (gratuite pour les utilisateurs Tasplaq) inclura aussi une version 2D de ce module (actuellement 3D uniquement). D'autre part, les développements se poursuivent sur les modules Taspie+ et Piecoef+ en vue de la future version Foxta v3.

## DERNIÈRES VERSIONS DES LOGICIELS

	Talren 4 v2.0.3		Plaxis v9.01
	Foxta v2.0.2		Plaxflow 1.6
	K-Rea v2.3.2		Plaxis 3DT v2.4
	Tunren v1.05		Plaxis 3DF v2.2

## PUBLICATIONS DU PREMIER SEMESTRE 2009

- **Rades bridge drilled shafts designed and tested using Menard pressuremeter** (F. Schlosser, **A. Guilloux**, K. Zaghouni, P. Berthelot) International Foundation Congress and Equipment Exhibition - Expo IFCEE 09 - Orlando - Mars 2009
- **Projet Gautrain – La zone dolomitique** (S. Bounatirou, R. Storry, J.P. Viallon, F. Pignerol, T. Demonceaux, **A. Guilloux**, **A. Bergère**) Revue Travaux - Février 2009



Immeuble Hélios  
72, avenue Pasteur  
93108 Montreuil Cedex - France

Tél. : + 33 (0)1 49 88 24 42  
Fax : + 33 (0)1 49 88 06 66  
Email : [info@terrasol.com](mailto:info@terrasol.com)



Immeuble L'Orient  
10, place Charles Béraudier  
69428 Lyon Cedex 03 - France

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



2, rue Mustapha Abdessalem  
El Menzeh  
2037 Tunis - Tunisie

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