



LA LETTRE DE TERRASOL

N° 6 - Année 2001

EDITORIAL

La compétence dont peut se prévaloir Terrasol en matière de développement de logiciels géotechniques élargit notablement son activité d'ingénieur conseil en fondations et lui donne à ce titre une place privilégiée parmi ses confrères. Deux des logiciels parmi les plus utilisés dans la profession se nourrissent de cette spécificité : Talren, dont le statut de référence est chaque jour confirmé en France comme à l'étranger, parce qu'il est le résultat des efforts internes de recherche et développement engagés par Terrasol depuis sa création ; Plaxis parce que Terrasol accompagne son développement en France en tant que distributeur, en tant que formateur, conjointement avec le laboratoire L3S de l'université de Grenoble, mais surtout en tant qu'utilisateur, dans le cadre des études confiées à Terrasol ou de nos actions de recherche interne. Cette spécificité a trouvé également un autre aboutissement dans le logiciel Foxta, fruit des développements menés durant plus de 10 ans en accompagnement ou réponse aux études spécifiques de fondations que nous avons eues à traiter.



L'innovation que caractérise chacun de ces produits est le résultat d'une imagination nourrie par l'expérience professionnelle quotidienne et d'un savoir-faire spécifique. Nous avons la ferme volonté de maintenir vivaces ces compétences croisées qui constituent notre image de marque.

C'est pourquoi nous sommes présents et actifs sur des projets de recherche, comme les travaux souterrains et le renforcement des sols par inclusions rigides, au plan national mais également au plan international pour améliorer, par exemple, les performances et capacités de Plaxis en chacun de ces domaines.

Enfin, le souci d'optimiser le dimensionnement des ouvrages, au bénéfice commun des maîtres d'ouvrages et entreprises, nous fait défendre inlassablement la nécessité d'une connaissance du comportement des sols et du choix d'une modélisation adaptés à chacun de ces projets. Nous nous réjouissons chaque fois où cette action est reconnue par nos clients comme un facteur décisif du succès de leurs projets ou un élément clé pour réagir efficacement à un aléa.

Devant la " banalisation " des outils désormais mis à la disposition du plus grand nombre, évolution à laquelle Terrasol a largement œuvré, je demeure convaincu que le besoin de conseils d'un géotechnicien expérimenté s'imposera toujours davantage mais appellera de celui-ci une expérience et une compétence toujours plus solides.

C'est le projet dans lequel nous sommes engagés et auquel nous travaillons chaque jour.

B Simon

Directeur Scientifique

DES PROJETS D'ACTUALITE :

Le déblai de CHABRILLAN

Situé dans la Drôme sur le tracé du TGV Méditerranée, le déblai de Chabrillan, d'une profondeur de 35 m, était terminé depuis plus de deux ans et s'était révélé stable depuis la fin des travaux. Suite aux fortes précipitations de l'été 2000, une fissure est apparue sur une petite route située 200 m environ en arrière du déblai. C'est alors que TERRASOL a été sollicité par la SNCF - LN5 pour analyser le problème et notamment juger du rôle joué par le déblai TGV et des conséquences possibles sur ce dernier.

Ce n'est qu'après trois mois d'investigations qu'il a été possible de conclure qu'il s'agissait d'un glissement de très grande ampleur (environ 8 ha, sur 25 à 35 m de profondeur, soit au total 1 200 000 m³) en mouvement régulier de 1 à 2 mm/jour. Du fait du caractère d'urgence, pour ne pas risquer de compromettre la mise en service de la ligne le



Le déblai avant les terrassements

10/06/2001, il a été décidé de stabiliser le glissement par un terrassement en grande masse (plus de 600 000 m³) associé à un rabattement de nappe. Ces travaux ont pu être menés à bien en 1,5 mois environ, conduisant effectivement à l'arrêt du glissement. Depuis l'exploitation commerciale de la ligne, le site demeure bien sûr sous haute surveillance !



Vue d'ensemble des terrassements

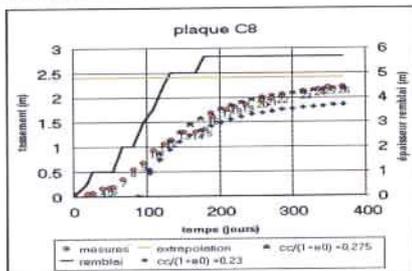
Préchargement pour une plate-forme logistique

Le Port Autonome de Nantes Saint Nazaire a missionné Terrasol en 1997 pour une comparaison des méthodes de fondation ou améliorations adaptées au projet d'un bâtiment d'environ 22000 m² pour une plate-forme logistique sur le site de Montoir de Bretagne.

Les conditions rencontrées, typiques de tout l'estuaire de la Loire, se caractérise par une épaisseur de vase qui varie de 4 m à plus de 16 m sur l'emprise à construire. Le choix s'est finalement porté sur un préchargement, associé à des drains verticaux, de l'emprise du bâtiment permettant une fondation superficielle de celui-ci.

Le projet de préchargement a été fait par Terrasol en référence aux surcharges attendues, aux cotes de plate-forme à respecter et à la vitesse annuelle de tassement différé acceptée par zone (bâtiment, quais) par l'exploitant. Le préchargement prévu d'une durée de 9 mois a fait l'objet d'une instrumentation détaillée mise en place et suivie par le LRPC d'Angers durant l'année 2000.

Les résultats ont confirmé les hétérogénéités attendues du site puisqu'on a observé des tassements compris entre 0,4 m et 2,2 m. Les prévisions détaillées préalables faites par Terrasol zone par zone se sont révélées correctes, dans une fourchette de 10 à 20 % autour des valeurs mesurées, tant du point de vue des amplitudes que des vitesses observées. Une analyse plus fine au droit de chaque plaque de tassement, à partir des observations faites lors de l'installation des drains et d'essais au piézocone a permis de démontrer que les objectifs fixés au préchargement avaient été atteints.



A89 : Franchissement des carrières souterraines de Saint-Astier

A proximité de Périgueux, l'autoroute A89 franchit une carrière souterraine de calcaire à chaux en activité, située à 10 m sous la surface. L'exploitation en chambres et piliers dégage une hauteur sous voûte de 12 m et des portées entre piliers de 17 m.

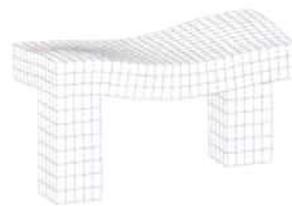
Une collaboration étroite avec l'exploitant a permis l'instrumentation du massif rocheux depuis la surface (photo ci contre) et le creusement d'une galerie expérimentale de 12 m d'ouverture avec une auscultation des déformations du massif calcaire.



Une modélisation par éléments finis 3D a permis de simuler ce creusement et d'analyser ensuite l'influence des surcharges de remblais apportées par le projet d'autoroute.

La modélisation tridimensionnelle des différentes configurations a conduit à recommander le confortement de l'ouvrage au moyen :

- De piliers en béton armé pour réduire les déformations induites par les surcharges
- D'un clouage de la voûte pour limiter l'extension des zones plastiques mises en évidence par le modèle.



Absence de renforcement



Renforcement par poteaux en béton armé

APPROCHES NUMERIQUES ELABOREES POUR LES PROBLEMES DE SOUTÈNEMENT

TERRASOL intervient régulièrement dans le cadre d'analyses ou d'expertises mettant en œuvre des calculs numériques aux éléments finis qui peuvent tenir compte à la fois :

- du comportement évolué du sol, par le biais de modèles de comportement de sol tel que le "Hardening Soil Model" intégré dans le logiciel PLAXIS ;
- de l'histoire des contraintes dans le massif de sol, liée notamment au phasage des travaux ;
- des sollicitations dans les structures intervenant dans la vie des ouvrages.

Les deux exemples suivants illustrent les fruits d'une telle approche :

- Quai de Chef de Baie 1 à la Rochelle : Calage d'un modèle complet de l'ouvrage, respectant le phasage particulier de construction, afin de valider l'origine de désordres survenus à ce quai et comparer différentes solutions de reprise (Figure 1). Le modèle a notamment permis d'examiner de manière détaillée l'interaction entre les tirants et les remblais en cours de poussage.

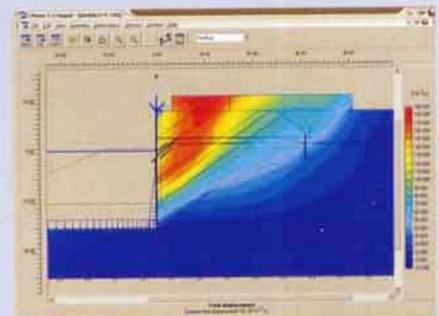


Figure 1

- Quai de Bougainville au Havre : Calage d'un modèle au droit du plot expérimental mené dans les années 1970 afin d'examiner les nouvelles conditions d'exploitation prévues pour cet ouvrage. Le modèle "Hardening Soil" ajusté sur les résultats des essais triaxiaux s'est avéré également apte à rendre compte des essais au pressiomètre autoforeur ; il a conduit à un accord satisfaisant avec les résultats très complets de l'expérimentation mise en place lors de la construction (bulletin liaison LCPC, mai 1981). Le modèle s'est révélé bien adapté pour simuler les nouvelles conditions de fonctionnement envisagées (Figure 2).

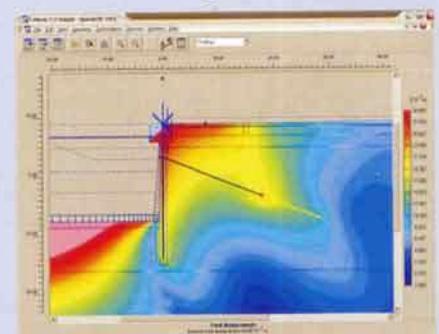


Figure 2

AFFAIRES DIVERSES

Le Palais de France à ISTANBUL

Superbe demeure du XIX^{ème} siècle classée monument historique, le Palais de France à Istanbul, résidence du consul de France, était " menacé " par le passage des tunnels du métro d'Istanbul. En effet, si le creusement du métro s'effectue, en général, sur la rive gauche de la Corne d'Or, dans des formations gréso-schisteuses de qualité correcte, n'engendrant que de faibles tassements en surface, à l'approche du Palais de France sont apparus des terrains nettement plus altérés et même une poche de remblais anciens (archéologiques ?) nettement plus défavorables.

Le Ministère des Affaires Etrangères a ainsi missionné TERRASOL pour l'aider dans ses analyses et discussions avec le Maître d'ouvrage et les entreprises. Ses inquiétudes étaient fondées puisque, dès l'arrivée dans l'enceinte du Palais de France, les tassements ont atteint environ 15 cm, avec des désordres importants sur la conciergerie, qui ont conduit à son évacuation. Des reconnaissances complémentaires et un renforcement des méthodes de creusement mis au point avec les entreprises ont heureusement permis le passage sous le Palais de France avec des tassements inférieurs à 10 mm, sans aucun désordre sur le bâtiment. Une collaboration franco-turque qui a permis d'épargner notre patrimoine culturel !



Lutte contre les inondations de l'agglomération Caennaise

Suite aux inondations répétées de l'Orne et de ses affluents dans le département du Calvados, le Syndicat Mixte de Lutte contre les Inondations, constitué du District du Grand Caen (DGC) et du Conseil Général du Calvados, a lancé un concours de maîtrise d'œuvre "études et travaux" pour la construction d'ouvrage de régulation à travers l'agglomération Caennaise (de Louvigny à la mer).

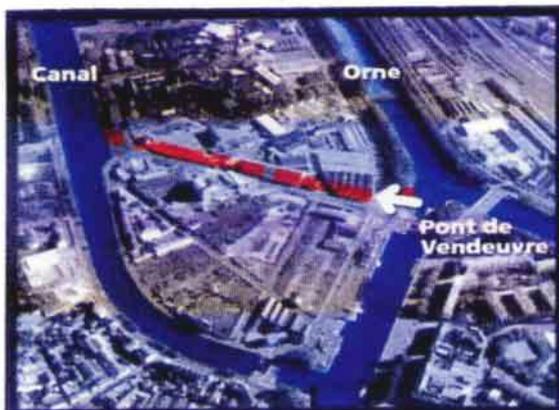
Le groupement HYDRATEC - SETEC TPI - TERRASOL - BIEF et le bureau d'architecte Dénicourt-Dubois, est adjudicataire du marché de Maîtrise d'œuvre.

Les aménagements comportent :

- la réalisation d'un déversoir et d'un chenal de restitution sur le site du Maresquier,
- la création d'un canal de liaison sur la presqu'île entre l'ORNE et le canal maritime,
- la démolition des anciens quais sous-fluviaux entre le pont de BIR HAKEIM et le pont VENDEUVRE,
- le recalibrage et l'élargissement du lit de l'ORNE dans le secteur de la CAVEE,
- la création d'un chenal sec dans le secteur de LOUVIGNY.

La mission de TERRASOL comporte plusieurs volets :

- la définition des sites (l'analyse des données issues des reconnaissances antérieures, préconisation de campagnes de sondages complémentaires, établissement du dossier de synthèse géotechnique, géologique et hydrogéologique et note d'hypothèses géotechniques.
- la participation au dimensionnement des ouvrages (fondation, soutènement, drainage),
- le suivi ultérieur des travaux (instrumentation, analyse des mesures).



Quelques chantiers d'inclusions rigides

GRAND QUEVILLY

La plaine alluviale de la SEINE est constituée d'alluvions fines, tourbeuses très compressibles, recouvertes de remblais divers, pour la mise hors d'eau du site

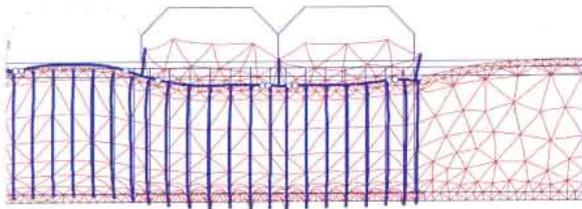
Pour fonder les ouvrages de maturation des mâche-fers, le groupement d'Entreprise QUILLERY - QUILLE - KELLER a proposé de renforcer l'assise par inclusions rigides en remplacement des pieux classiques.

Cette solution a nécessité la réalisation de plus de 900 colonnes de 0,40 m de diamètre et de 15 à 18 m de profondeur (taux d'incorporation de 2,3%).

Le SMEDAR a confié à TERRASOL la mission de contrôle extérieur géotechnique incluant :

- la vérification des notes de calculs ;
- le contrôle d'exécution avec mémoire de synthèse en vue de la réception des travaux.

Le chantier s'est déroulé normalement et à ce jour, l'ouvrage assure parfaitement sa fonction.



Modélisation Plaxis des Inclusions

SAINT QUENTIN / GAUCHY

La Station d'Épuration de SAINT QUENTIN - GAUCHY a subi, depuis sa mise en service en 1994, de graves désordres dus à la présence, d'une épaisse couche de tourbe franche (5 à 7 m) recouverte, pour les besoins de l'aménagement, par 2 à 3 m de remblais récents.

Les désordres concernent le réseau de conduites de 200, 700 et 1200 mm posées en terre plein, sans précaution particulière. Le génie civil, construit sur pieux, n'a pas subi de dégradation.

Au début de l'année 2000, le tassement des conduites atteignait, selon les zones, 40 à 60 cm, provoquant des ruptures et des fuites excessivement polluantes dans des conditions telles que l'arrêt total de la station était envisagé.

Les tassements prévisibles entre 2000 et 2010 étaient compris entre 40 et 80 cm sous les différents ouvrages. La solution de rénovation des conduites, y compris reprise en sous-œuvre sous les clarificateurs, s'est effectuée normalement après stabilisation des terrains au moyen d'injections solides.

La surface traitée est de l'ordre de 4000 m² et l'opération a nécessité :

- 600 forages de 15 m de profondeur (dont une partie à travers le radier des clarificateurs maille 2,3 x 3,0 m)
- environ 2500 m³ de mortier (diamètre moyen des colonnes 0,60 m, soit plus de 4% de substitution dans la tourbe)

TERRASOL a participé à la conception du projet de réparation (Maîtrise d'œuvre SETEC TPI) puis a assuré, pour le compte de la COMMUNAUTE URBAINE DE ST QUENTIN, le Contrôle Technique des travaux réalisés par la société SOLETANCHE BACHY.



NOUVELLES DIVERSES :

TERRASOL s'ouvre à l'Europe : nous avons accueilli en 2001 deux stagiaires européens de nationalités allemande et espagnol

A. GUILLOUX, avec R. Kastner (Insa Lyon), a été chargé de présenter le rapport général de la session 4 (Travaux Sous-terrains) du Congrès International de Mécanique des sols et des fondations, Istanbul, août 2001.

PUBLICATIONS :

"www.geotechnique.org et la géotechnique sur Internet", P. Mestat et V. Bernhardt, RFG n° 94, 1er trimestre 2001.

"Une méthode intégrée pour dimensionner les réseaux d'inclusions rigides en déformation" B. Simon, Congrès International de Mécanique des sols et des fondations, Istanbul, août 2001.

"L'étude des risques de liquéfaction des sols en cas de séisme sur l'aéroport de Fort de France", Ivy Mouchel (STBA), J. F. Heitz (ANTEA) et H. Le Bissonnais (TERRASOL), RGRA, Novembre 2001.