

Édito

TERRASOL réalise depuis plusieurs années environ 25 % de son chiffre d'affaires sur des projets à l'étranger, que ce soit pour des clients locaux, internationaux ou français, avec des interventions géotechniques de natures diverses : assistance aux maîtres d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, assistance aux entreprises, etc. Et le continent africain représente à lui seul à peu près la moitié de notre activité à l'international : c'est dire que nous connaissons bien ce territoire.

Ce continent est actuellement en développement rapide et constitue clairement un potentiel important : TERRASOL compte bien mettre à profit sa longue expérience de cette région et sa connaissance des marchés locaux pour y renforcer encore davantage sa présence dans les prochaines années, dans le cadre du développement global de ses activités à l'international, que ce soit en direct pour ses clients, au sein des équipes intégrées du groupe Setec, ou encore en groupement avec des partenaires locaux ou internationaux.

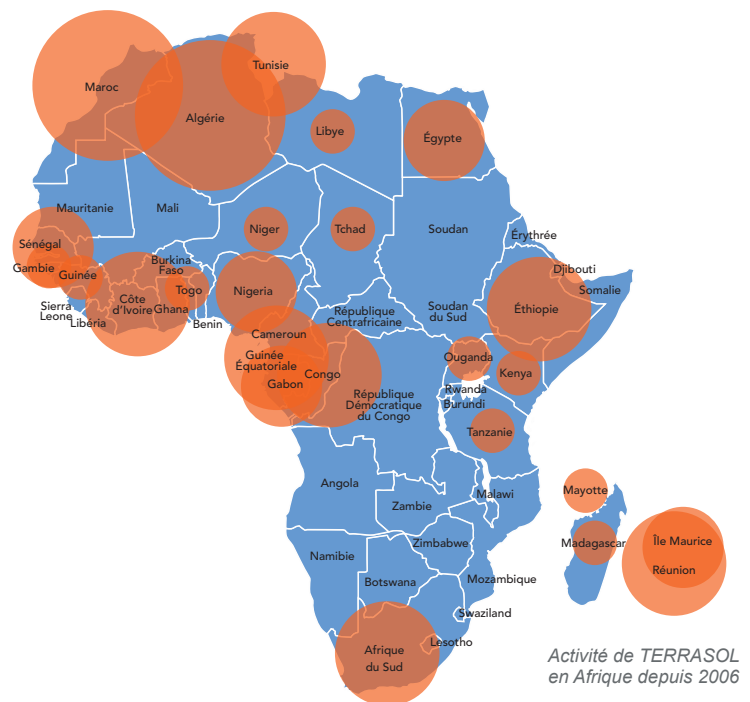
Nous avons ainsi choisi de vous faire découvrir dans ce numéro spécial de notre Lettre TERRASOL nos réalisations et nos ambitions en Afrique.

Vous en souhaitant une bonne lecture,

V. Bernhardt

Terrasol et le continent Africain

TERRASOL est fière de sa longue histoire avec le continent africain, et nous avons souhaité profiter de ce numéro spécial de notre Lettre TERRASOL pour l'illustrer et la mettre en valeur.



En effet, les premières interventions de TERRASOL en Afrique remontent pratiquement à la création de la société (en 1979) : les experts de TERRASOL ont très rapidement été sollicités pour des missions 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.

Depuis le début des années 2000, nous avons renforcé notre présence sur place : création de TERRASOL Tunisie, nombreux projets en Algérie, installation au Maroc, collaboration avec les sociétés du groupe SETEC dans l'ensemble de la zone, distribution de nos logiciels, actions de formation, etc.

Nous avons ainsi participé bien sûr 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).



Formation au calcul géotechnique sur les excavations en milieu urbain et le confortement des pentes, Rabat (Maroc), Avril 2017

- Nous avons également développé nos interventions dans de nombreux autres secteurs :
- les transports : projets ferroviaires en Algérie, en Afrique du Sud, ou encore au Sénégal, avec le TER de Dakar, projets de tram au Maroc ou en Algérie...
 - l'énergie et l'industrie : champs d'éoliennes, barrages, centrales électriques, projets parapétroliers et miniers, usines, ...
 - le portuaire, le bâtiment, les risques naturels...

Ce numéro spécial de notre Lettre TERRASOL présente une sélection de certains de ces projets, et la carte ci-dessus illustre l'ensemble de nos missions dans la région sur les 10 dernières années.

Outre notre activité d'ingénierie, nous distribuons également en Afrique nos différents logiciels de calcul géotechnique, et assurons régulièrement des sessions de formation consacrées à la modélisation géotechnique : application des normes, détermination des paramètres, utilisation des logiciels, exploitation des résultats, etc. Nous nous impliquons également dans des congrès ou colloques sur le continent, via des présentations scientifiques et des stands d'exposition, afin de renforcer nos échanges et nos liens avec les acteurs locaux.

J. Drivet et V. Bernhardt

Fondations du viaduc du Bouregreg

Maroc



Crédit photo : Olivier Panier des Touches

Depuis plusieurs années, ADM (Autoroutes du Maroc) souhaitait réaliser un pont à haubans pour le Royaume du Maroc. Après un premier projet envisagé sur l'Oued Sebou près de Fès et mené en 2005 jusqu'au stade APD par une équipe composée de SETEC TPI, MAROC SETEC, l'architecte Hervé Vadon (STRATES) et TERRASOL, une 2^{ème} opportunité s'est présentée sur l'autoroute de contournement de Rabat-Salé en variante d'un viaduc classique en voussoirs béton. La même équipe a présenté un projet ambitieux avec des dimensions exceptionnelles : une longueur totale de 952 m avec une travée centrale de 375 m, un tablier à 100 m de hauteur, et deux piles principales de 200 m de hauteur avec une architecture inspirée des arts de l'Islam.

Le contexte géologique et géotechnique est marqué par la présence de terrains métamorphiques (schistes du Houiller) recouverts en discordance par des formations sédimentaires (grès, calcarénites, argilites). La qualité des terrains d'assise des piles principales a conduit à privilégier une solution d'appui par fondations superficielles avec toutefois des dimensions imposantes (25x30 m, soit de l'ordre d'un terrain de tennis).

TERRASOL a réalisé entre 2008 et 2014 les études géotechniques APS et APD, la définition et le suivi des reconnaissances géotechniques, une assistance géotechnique pour l'exécution des travaux (terrassements, fondations) et le contrôle extérieur des études d'exécution géotechniques. Les travaux ont été menés à partir de 2011 par un groupement d'entreprises chinoises (COVEC MBEC). L'ouvrage baptisé « Pont Mohammed VI », devenu le plus grand pont haubané du continent africain, a été inauguré le 7 juillet 2016 par le Roi du Maroc.

H. Le Bissonnais et J. Marlinge

Viaduc Riviera – Marcory

Côte d'Ivoire

La construction du troisième pont d'Abidjan est sans doute, pour la Côte d'Ivoire, l'un des projets les plus emblématiques du XXI^{ème} siècle. Ce viaduc de 1500 m de longueur et comptant 30 appuis permet depuis décembre 2014 de franchir la grande lagune Ebrié et s'intègre ainsi dans le projet global de liaison entre les quartiers de Marcory et de la Riviera. Le projet a été réalisé par BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS et est exploité par la société concessionnaire SOCOPRIM, dans le cadre d'un marché de construction / concession.

A la demande de BOUYGUES, TERRASOL est intervenue, dès l'amont du projet, avec la définition de la campagne géotechnique et une mission de suivi de sondages sur site en novembre 2011, qui ont débouché sur la définition et l'analyse d'essais de chargement statiques de pieux, et les études de projet et d'exécution.

La campagne de reconnaissances a été difficile, d'une part à cause de la profondeur des investigations, dépassant 80 m, et d'autre part du fait de l'environnement lagunaire. Il a ainsi fallu modifier le programme initial, prévoyant la réalisation d'au moins un sondage au piézocône par appui, en les remplaçant par des sondages destructifs et pressiométriques. Le viaduc est fondé sur des pieux de 2 m de diamètre, forés à la tarière creuse, et qui dépassent 80 m de profondeur dans la partie centrale de la lagune afin de s'ancrer dans un horizon de sables compacts situé sous une importante épaisseur de dépôts argilo-vasards. Cet horizon compact inclut en outre une couche d'argile profonde moins porteuse, qui a nécessité une définition précise de la stratigraphie, définition rendue délicate du fait des conditions de sédimentation erratiques et des difficultés rencontrées lors de la réalisation des investigations.

Des essais de pieux avec cellules Osterberg ont été réalisés afin de confirmer les hypothèses adoptées, notamment en ce qui concerne la portance en pointe, étroitement liée à une méthodologie d'exécution incluant des injections en pointe de pieux afin de recomprimer les terrains.

B. Simon



Corniche de Brazzaville

Congo-Brazzaville



Crédit photo : CRBC

Le fleuve Congo sépare le Congo-Brazzaville de la République Démocratique du Congo et coule entre leurs deux capitales (Brazzaville et Kinshasa sont les capitales les plus proches du monde). Le Congo-Brazzaville a décidé de se doter d'une route côtière moderne qui doit permettre à terme de désengorger le centre-ville de Brazzaville. Le premier tronçon de ce projet, de 2,5 km de long environ, a été confié à l'entreprise chinoise CRBC. Plus de la moitié du tronçon est composée d'ouvrages d'art (un viaduc d'accès et un pont haubané de grande ampleur, emblématique pour Brazzaville), et le reste du linéaire est construit en remblai sur sols compressibles.

L'expertise géotechnique de TERRASOL a été mise à contribution par le groupement SETEC TPI / SGI, qui a été chargé de la mission de contrôle de ce projet (VISA + contrôle de chantier).

Ce projet présente une grande complexité géotechnique et a nécessité :

- Le renforcement du sol support des remblais par des inclusions rigides en béton renforcées par profilés métalliques,
- Le renforcement de la plateforme par des colonnes ballastées,
- La fondation des ouvrages d'arts sur fondations profondes de gros diamètre ancrées à des profondeurs importantes,
- La mise en œuvre de protections de talus contre l'érosion,
- Un ouvrage hydraulique de plus de 200 m de long sous un remblai de grande hauteur.

La phase chantier a confirmé que les techniques de renforcement des sols les plus récentes ont pu être mises en œuvre sur ce projet avec une qualité optimale et une maîtrise des coûts. Les travaux se sont terminés fin 2015 et l'ouvrage a été inauguré le 5 février 2016.

J. Drivet

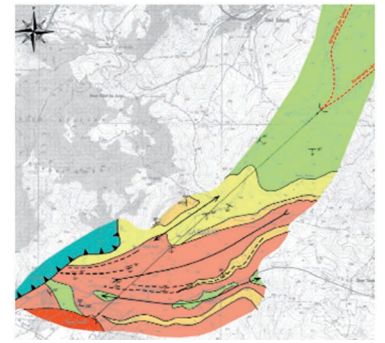
Tunnel du Ganntas

Algérie

Dans le cadre de sa mission auprès de l'entreprise CCECC, en charge des travaux du projet de dédoublement de la voie ferroviaire avec rectification du tracé entre les gares d'El Affroun et Khemis Miliana (à l'Est d'Alger), TERRASOL a élaboré l'étude d'exécution du tunnel du Ganntas. Il s'agit d'un bitube de 6,7 km qui permet le franchissement du Djebel Ganntas culminant à 800 m environ entre l'Oued Zebboudj au Nord-Est et Ain Soltane au Sud-Ouest. Il présente une section de 41 m² et une couverture maximale de 390 m, avec excavation selon la méthode traditionnelle.

Avant même l'entame des travaux, TERRASOL a été mobilisée pour mettre à jour le profil en long compte tenu des incertitudes géologiques relevées lors de la phase d'APD. TERRASOL a élaboré une analyse paramétrique basée sur des calculs aux éléments finis (CESAR), afin d'approcher le comportement du massif encaissant en fonction du contexte géologique (variation des faciès de terrains traversés, couverture), et des méthodes/phases de creusement. A l'issue de cette étude, TERRASOL a établi un catalogue de soutènements à mettre en oeuvre au vu des constats effectués lors du creusement.

Le suivi des travaux, avec relevés géologiques de terrain, mesures des convergences mais aussi sondages à l'avancement, a permis d'ajuster les hypothèses de calcul et d'adapter les méthodes dans la zone de faille attendue dans la partie sud du tunnel. L'avancement des travaux de creusement à l'été 2017 atteint 98% du linéaire : il reste 114 m pour le tube Nord et 170 m pour le tube Sud avant de faire la jonction.



M. Yahia-Aissa, P. Brossier et F. Binet

Projet Gautrain

Afrique du Sud

C'est en Afrique du Sud, où se construisent 80 km de ligne nouvelle ferroviaire à 160 km/h, que TERRASOL a été missionnée entre 2006 et 2009 par BOUYGUES TP pour traiter les aspects géotechniques sur une partie du projet Gautrain, qui a été mis en service le 8 juin 2010.

Dans cette zone longue de 6 km, des dolomies très fortement karstifiées sont surmontées de terrains d'altération extrêmement variables sur une épaisseur allant de 0 à 80 m. Des fontis d'une dizaine de mètres de diamètre s'y produisent régulièrement et représentent par conséquent le cas de charge dimensionnant des fondations de viaducs, mais également des ouvrages en terre.

Tout l'enjeu est de concevoir ces ouvrages pour le « design sinkhole event », évalué selon une étude de risque à 15 m de diamètre ; un cas de charge qui n'est pas pour autant accidentel étant donné la fréquence élevée des événements; et ce avec bien sûr de fortes exigences d'exploitation et de sécurité.

La conception des ouvrages a permis de proposer diverses solutions techniques de construction à l'échelle de l'hétérogénéité des terrains : pour les viaducs, depuis des semelles superficielles jusqu'à des puits de 7 m de diamètre et 50 m de profondeur; pour la section courante, des poutres en béton précontraint de 180 m de long portant la voie. Ces ouvrages sont en outre associés à toute une variété de techniques d'amélioration des sols, de gestion des eaux et d'auscultation.

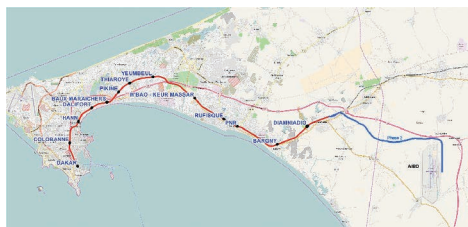
Le chantier a confirmé dès les premiers coups de pelle la géologie extrêmement aléatoire de ces dolomies et de leur recouvrement d'altération.



A. Bergère

TER Dakar

Sénégal



La réalisation du Train Express Régional (TER) à Dakar fait partie du plan de développement économique du Sénégal. Ses deux fonctions principales sont d'assurer une desserte de la banlieue de Dakar, en substitution du Petit Train de Banlieue (PTB) existant, et de fournir une liaison avec l'Aéroport International Blaise Diagne (AIBD).

Le projet du TER Dakar est divisé en deux phases. La phase 1 correspond à l'aménagement et l'élargissement de l'infrastructure existante entre les gares de Dakar et de Diamniadio (36 km), et la phase 2 porte sur la construction d'une ligne nouvelle entre la Gare de Diamniadio et l'aéroport AIBD (19 km).

EIFFAGE a confié au groupe SETEC les études APD du projet et l'assistance technique pendant la durée des travaux. Au sein des équipes SETEC, TERRASOL est responsable de l'analyse géotechnique des fondations des ouvrages d'art de tout le tracé. Une centaine d'ouvrages est concernée : ponts-routes, ponts-rails et passerelles piétonnes.

La nature des sols le long du tracé est très variée. De manière générale, le projet peut être divisé en trois secteurs géologiques distincts :

- Secteur 1 : 21 km côté Dakar, constitués de sables dunaires d'épaisseur variant entre 15 et 40 m ;
- Secteur 2 : environ 20 km dans la partie centrale, avec des formations marnieuses et marno-calcaires, surmontées d'une couche argileuse ;
- Secteur 3 : les 14 derniers km côté aéroport, avec des grès, des argiles et des dépôts latéritiques.

L'un des grands défis du projet est son planning, puisque la mise en service de la ligne est prévue le 14 janvier 2019.

S. Delattre et K.V. Nguyen

Barrage de Tabellout

Algérie

L'Agence Nationale des Barrages et des Transferts d'Algérie (ANBT) a confié au groupement GEIE/RAZEL/CMC/RAVENA l'exécution du projet de barrage de Tabellout situé près de la ville de Texenna à 70 km environ au sud de la wilaya de Jijel (Algérie).

Le projet comporte dans son ensemble la réalisation d'un barrage en béton compacté au rouleau (BCR) de 366 m de long et de 112 m de haut (capacité de retenue de 294 hm³), et d'une galerie de transfert de 4,3 m de diamètre (3,5 m de diamètre fini) et de 13 km de long, dont la réalisation est prévue au tunnelier (TBM).

Dès l'entame des travaux, en mars 2010, de nombreux problèmes géotechniques ont été mis en évidence, notamment un éboulement sur la rive gauche du barrage mais aussi de fortes dégradations des voussoirs de la galerie avec développement d'un éboulement, et un blocage du tunnelier pendant plus de 6 mois.

Sur demande du groupement d'entreprises, TERRASOL a effectué courant juillet 2012 une mission d'expertise sur l'éboulement de la rive gauche du barrage avec revue complète des risques d'instabilité de talus et terrassements de l'ensemble du site.

Compte-tenu de la complexité du contexte géologique et du déficit de données géotechniques, TERRASOL a également assuré une mission d'assistance technique et de conseil au groupement sur les différents aspects géotechniques, notamment pour la prédiction du comportement du massif lors du creusement de la galerie, et tout particulièrement celui des argiles numidiennes et des zones de fauchage suspectées d'être à l'origine des problèmes rencontrés.



M. Yahia-Aissa et A. Guilloux

Projet Ashegoda

Éthiopie



Crédit photo : Ashegoda Wind Farm Project – VERGNET

Dans le cadre d'un contrat EPC, VERGNET s'est vu confier la réalisation de la ferme éolienne « Ashegoda Wind Farm » en Ethiopie, d'une puissance totale de 120 MW pour 84 machines installées.

TERRASOL a réalisé pour le compte de VERGNET les études géotechniques pour les fondations des éoliennes, comprenant notamment le dimensionnement des micropieux d'ancrages pour les haubans des machines GEV HP, qui subissent des efforts de traction variant cycliquement.

Spécifiquement pour ces micropieux, TERRASOL a mis au point une méthode de dimensionnement basée sur la notion de diagramme de stabilité cyclique : cette approche consiste à tracer un domaine de stabilité des sollicitations cycliques dans un plan défini par leur part moyenne en abscisse et leur part cyclique en ordonnée, et à comparer ce domaine, défini à l'aide des propriétés du micropieu et du sol environnant, aux efforts cycliques subis par la fondation.

TERRASOL a également réalisé la définition et le suivi des reconnaissances géotechniques sur site, le suivi et l'interprétation des essais de traction sur les micropieux, ainsi que le suivi d'exécution des fondations des machines.

Les 30 premières éoliennes de la zone Sud ont été mises en service en Décembre 2011 et les 54 éoliennes de la zone Nord ont été mises en service au cours de l'année 2013.

B. Madinier

Centrale photovoltaïque de Djermaya

Tchad

Le Tchad est un pays où les conditions climatiques sont particulièrement propices à la mise en œuvre d'installations solaires de production d'énergie.

A la demande de la COMPAGNIE DES ÉNERGIES NOUVELLES et d'un consortium de développeurs, TERRASOL a réalisé une étude géotechnique préliminaire pour un projet de centrale photovoltaïque à Djermaya (environ 30 km au nord de N'Djaména). SETEC HYDRATEC est également intervenue en parallèle pour une étude des conditions hydrauliques du projet.

Le site représente grossièrement un carré d'1 kilomètre de côté, soit environ 100 ha, et est situé partiellement en zone inondable. Le projet, d'une puissance installée de 60 MW prévoit la mise en œuvre de 200 000 panneaux solaires de 72 cellules chacun avec la technologie de tracker solaire 1 axe.

Après une visite du site, la mission de TERRASOL a consisté en la définition d'un programme d'investigations géotechniques ainsi qu'en son suivi. Ce programme a été réalisé par un bureau Tchadien (LAGEMOT), que TERRASOL a mis en relation directe avec le consortium opérateur.

L'étude géotechnique a permis de définir les conditions de fondations des panneaux orientables (pieux battus), les conditions de terrassement (réemploi des déblais, compactage, nivellement général) ainsi que les principes d'assainissement/drainage du site.



J. Drivet

Confortement du littoral à Cap Lopez

Gabon



Crédit photo: Total Gabon

Le Cap Lopez constitue la pointe la plus avancée dans l'océan Atlantique de l'île Mandji, au Gabon. Le Cap Lopez se compose de dépôts deltaïques de nature majoritairement sableux, reposant sur une couche très dense, située à plus de 20 m de profondeur. Les courants maritimes principaux tournent autour du Cap, d'Ouest en Est, faisant transiter les sédiments arrachés à la côte Ouest vers la côte Est. En arrivant dans la baie des Princes, protégés par le Cap, les courants maritimes s'affaiblissent et les sables très fins, de granulométrie très uniforme, se déposent alors le long de la côte Est, qui s'engraisse.

La côte Est est le siège régulier de glissements de talus sous-marins, de plus ou moins grande ampleur (pouvant atteindre plusieurs millions de m³). Les glissements se produisent le long de pentes très faibles (inférieures à 5°). Les glissements récurrents semblent trouver leur explication dans le fait que les sables présentent localement des densités relatives en place inférieures aux densités critiques.

Ces sables sont, de ce fait, très sensibles aux générations de surpressions interstitielles, et on peut alors parler de « lateral spreading ». En effet, sous l'action de l'engraissement, ou de toute autre sollicitation provoquant des surpressions interstitielles, les sables perdent leur résistance au cisaillement et s'écoulent.

Dans ce contexte, TERRASOL est intervenue pour le compte de TOTAL SA et de TOTAL GABON pour étudier le confortement du littoral Est, dont l'érosion par glissements successifs menace le terminal pétrolier installé à la pointe du Cap Lopez.

C. Babin, K.V. Nguyen et M. Blanchet

Centrale de production d'énergie de Vridi – CIPREL IV

Côte d'Ivoire

La centrale thermique de la Compagnie Ivoirienne de Production d'Electricité (CIPREL) est située au sud-est d'Abidjan, dans la zone du canal de Vridi, qui fait communiquer la lagune Ebrié avec l'Océan Atlantique. La société CEGELEC a été retenue par la CIPREL pour la construction clé en main d'une extension, en quatrième tranche, de la centrale existante, permettant d'augmenter la capacité de production de 111 MW supplémentaires.

A la demande de SETEC ENERGY SOLUTIONS, qui assurait l'assistance technique auprès de CEGELEC pour les aspects liés au génie civil, TERRASOL a été sollicitée pour les études géotechniques de projet G2. TERRASOL est d'abord intervenue avec la définition de la campagne géotechnique et une mission de suivi des sondages en juin et août 2012. La campagne de sondages a été marquée par la mise en place d'essais Cross-Hole, dont la réalisation fut une grande première en Côte d'Ivoire. L'analyse des essais a permis d'écartier le risque de liquéfaction lié au phénomène vibratoire de la turbine.

Dans un second temps, TERRASOL a dimensionné les fondations des différents ouvrages (turbine, charpente métallique, cheminée, bâtiments, etc) en adaptant au cas par cas les techniques mises en oeuvre en fonction des niveaux de chargement et des critères stricts de tassements différentiels (fondations superficielles sur radier, micropieux, radier couplé à des viroles réalisées par havage, etc).

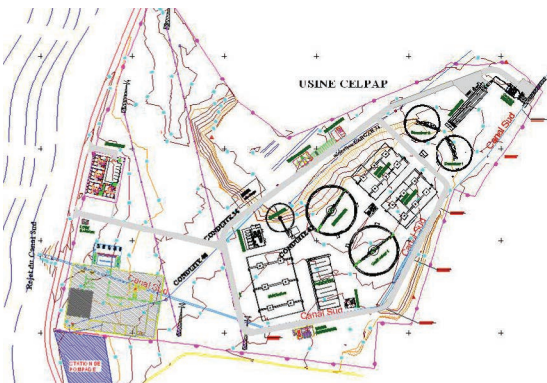
C. Bernuy



Crédit photo: CEGELEC

Station d'épuration de Mostaganem

Algérie



Dans le cadre de la construction de la station d'épuration (STEP) des eaux usées urbaines de la ville de Mostaganem (Algérie) d'une capacité de 130 000 équivalents-habitants, TERRASOL a réalisé pour le compte de BUTEC une étude géotechnique d'avant-projet de la zone concernée par le projet (La Salamandre - Mostaganem) dans le but de définir le système de fondations requis en fonction des ouvrages projetés mais aussi de préciser les dispositions constructives à prévoir, notamment pour l'aménagement des zones de circulation et de stationnement au sein du site.

Suite à la définition du programme de reconnaissances spécifiques, TERRASOL a procédé à la supervision de la campagne de sondages, réalisée par un sondeur local, puis à l'interprétation des données et à l'établissement du rapport d'étude.

En concertation avec les ingénieurs structures de BUTEC, TERRASOL a proposé à la fois un recalage des ouvrages en nivellement mais aussi l'aménagement de dispositifs spécifiques limitant le risque de sous-pressions en cas de remontée de la nappe.

TERRASOL a également assisté BUTEC lors de l'exécution des travaux de terrassement pour s'assurer de la conformité des constats sur site avec les prévisions mais aussi pour répondre aux éclaircissements complémentaires demandés par le Maître d'Ouvrage, notamment vis-à-vis des problèmes de liquéfaction des sols d'assise en cas de sollicitation sismique ainsi que du risque potentiel de remontée de la nappe au droit du projet.

M. Yahia-Aissa

Falaise Fluviale de Rabat

Maroc



Dans le cadre des travaux de confortement de la falaise fluviale de Rabat, le groupe formé des bureaux d'études TERRASOL et INGEAB a été mandaté par le client RABAT RÉGION AMÉNAGEMENT pour réaliser une mission d'étude de la tranche 1 du confortement de la falaise.

D'une hauteur moyenne de 20 m, la falaise en question s'inscrit dans un cadre lithologique formé par des argiles graveleuses dans la partie sommitale surmontant une dalle gréseuse supportée par une calcarénite (sable grésifié coquiller) friable sujet à érosion prononcée.

Située au bord de l'embouchure du Bouregreg, la falaise en question présente plusieurs signes d'instabilité dont la présence d'un réseau de fissures formant des dièdres instables et des souscavages métriques de la dalle gréseuse.

Devant l'exigence du Maître d'Ouvrage de préserver au maximum le cachet historique de la falaise et éviter ainsi tout usage systématique du béton projeté pour son confortement, le traitement retenu a consisté en la réalisation d'une paroi clouée pour conforter la partie meuble et sommitale de la falaise, avec usage d'un béton projeté teinté à la couleur de la falaise, puis un confortement par des clous d'ancrage de 8 à 12 m associés à un grillage plaqué galvanisé et plastifié pour la sécurisation des blocs rocheux fissurés et des dièdres potentiellement instables. Il est à noter que les opérations de confortement et pose du grillage ont nécessité le recours à des travaux acrobatiques et à un matériel de forage léger permettant le travail en paroi.

Un suivi régulier sur chantier a été assuré par le représentant marocain de TERRASOL. Il a porté sur le suivi des opérations de confortement, le suivi et la validation des essais d'arrachement de clous, et les avis sur les adaptations ponctuelles.

T. El Malki et F. Binet

Mise en sécurité du village de Korbous

Tunisie

Le village de Korbous sur les rives de la baie de Tunis, coïncé entre la Méditerranée et les falaises du Cap Bon, est célèbre pour ses sources thermales et ses paysages.

Les chutes de blocs en provenance des falaises de grès qui dominent le village sont connues, mais le développement touristique du village a conduit la Province à mettre le site en sécurité.

TERRASOL a visé les études (études trajectométriques, dimensionnement des ancrages...) afin d'optimiser le projet, et a participé au suivi d'exécution des travaux (essais d'arrachement d'ancrages, conformité de la mise en oeuvre par rapport aux prescriptions du fournisseur) :

- Parades passives (écrans dynamiques de classe 9) dans les secteurs où le recul est suffisant pour leur mise en oeuvre, grillage pendu ;
- Parades actives (ancrages, contreforts, filets plaqués, emmaillotages...) pour les secteurs de falaise dominant directement le bâti ou les rues, et pour les blocs excédant les capacités des écrans dynamiques.

La configuration du site (proximité de la falaise, variabilité des enjeux, et des volumes des blocs), la prise en compte de larges vires (scindements des trajectoires de chute) et la fréquentation des lieux (abris sous roche) ont conduit à retenir une grande diversité de solutions techniques.



F. Binet

Autoroutes marocaines – Expertises géotechniques

Maroc

Mi-2011, la société des AUTOROUTES DU MAROC, ADM, a confié à TERRASOL un marché à commandes pluriannuel portant sur des expertises géotechniques sur le réseau autoroutier marocain (renouvelé depuis). Le marché comporte également des expertises de structures et hydrauliques, confiées à MAROC SETEC.

C'est ainsi que nous avons effectué depuis lors des missions régulières, essentiellement sur des sections en service, et portant sur des aspects aussi variés que :

- Des remblais instables depuis une dizaine d'années, ou montrant des fissurations évolutives après quelques mois seulement d'exploitation ;
- Des talus de déblais rocheux avec des problématiques de protection vis-à-vis des chutes de blocs, ou des instabilités de plus grande ampleur ;
- Des talus de déblais en sols meubles, souvent des argiles et marnes évolutives, sur des hauteurs atteignant parfois une centaine de mètres ;
- Des désordres sur des passages souterrains ou culées de viaducs ;
- Des fissurations de chaussées.

Ces interventions couvrent l'ensemble du réseau autoroutier national, du Nord au Sud : Tanger, Rabat – Fès – Oujda, Marrakech – Agadir ... et sont l'occasion de mettre en application notre savoir-faire sur les divers aspects de pathologie et réparation d'infrastructures autoroutières.

A. Guilloux



Tour Casablanca Finance City

Maroc

Dans le cadre de la construction de la tour « Casablanca Finance City », l'entreprise BYMARO, en charge des travaux, a confié à TERRASOL d'une part la réalisation de missions géotechniques d'étude d'exécution relatives au dimensionnement des soutènements provisoires, du système de drainage et aux phénomènes d'interaction sol-structure, et d'autre part le suivi d'exécution.

Le projet, situé dans l'emprise de l'ancien aéroport d'Anfa (Casablanca), est constitué d'une tour de 25 étages et 6 niveaux de parking enterrés (jusqu'à 20 m de profondeur). Les terrains en place sont des formations meubles sur une dizaine de mètres d'épaisseur, reposant sur un substratum schisteux. La nappe est attendue à 8 m sous le TN.

Les soutènements provisoires sont ainsi constitués d'une paroi clouée en partie supérieure, justifiée à partir de calculs Talren, et d'une paroi boulonnée au rocher en partie inférieure, justifiée à partir de calculs de stabilité de bloc.

Les études des tassements de la tour et du système de contrôle des sous-pressions d'eau ont également été réalisées.

La mission de suivi régulier sur chantier a été assurée par notre géotechnicien sur place au Maroc. Elle a porté sur le suivi des opérations de terrassement : suivi et validation des essais d'arrachement de clous, contrôles en cours de terrassement, levés de fracturation, avis sur les adaptations ponctuelles.

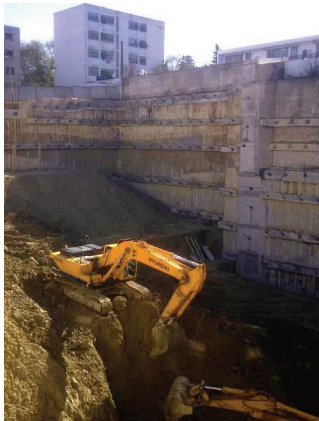
T. El Malki, J-F. Bruchon et J. Marlinge



Crédit photo : CFC © BYMARO

Complexe bancaire d'AGB Bank à Château-Neuf

Algérie



Dans le cadre de la construction du nouveau siège du complexe bancaire AGB Bank à Château-Neuf dans la banlieue d'Alger, TERRASOL a réalisé, pour le compte de SSHI (Maître d'œuvre de l'opération), la conception et le dimensionnement de l'écran de soutènement pour la réalisation de la fouille du projet (un niveau de sous-sols et 3 niveaux de parkings).

A la suite de l'établissement d'une synthèse géotechnique et de la définition du modèle et des hypothèses géotechniques, TERRASOL a procédé à la justification de l'écran de soutènement constitué d'une paroi lutétienne tirantée.

Compte tenu de la mitoyenneté de nombreux ouvrages, dont une trémie sur la route principale, TERRASOL a procédé à de nombreux ajustements, notamment sur les inclinaisons des tirants et leur longueur.

TERRASOL a également examiné la stabilité d'un mur de soutènement mitoyen et a proposé un mode de renforcement spécifique par micropieux.

Enfin, TERRASOL a assisté le Maître d'Œuvre pour l'établissement de son dossier de consultation des entreprises et pour l'analyse technique des offres. A ce propos, TERRASOL s'est assurée que la variante de soutènement en pieux sécants tirantés, proposée par l'un des soumissionnaires, est également justifiée ; variante qui a d'ailleurs été retenue pour l'exécution des travaux.

M. Yahia-Aissa

Immeuble « Little Manhattan »

Madagascar



Le projet baptisé « Little Manhattan » consiste en la construction d'une tour de 21 étages dans le quartier d'Ivandy à Antananarivo, à Madagascar. Il s'agit d'un immeuble d'habitation avec trois niveaux de parking, dont l'architecture s'inspire de celle des immeubles new-yorkais des années 50. Le projet avait été initié par DREAMSLAND et le cabinet d'architecture MCA RAHARISON & ASSOCIES, en partenariat avec le groupe ASSIST.

TERRASOL est intervenue sur ce projet en 2014 et 2015, à la demande du bureau LAGEOTEC, dans le cadre d'une mission de type G2 portant sur le dimensionnement des fondations profondes de l'immeuble, et la vérification de la stabilité du projet.

Au droit du futur ouvrage, les formations géologiques rencontrées sont les suivantes :

- En surface, une couche latéritique de limon marron sableux, d'épaisseur variable, avec présence d'éléments rocheux fragmentés ;
- Puis une couche de rocher altéré sur 10 à 15 m d'épaisseur ;
- Enfin, on trouve les roches suffisamment résistantes à l'altération pour rester en relief lors de la formation de la surface d'érosion.

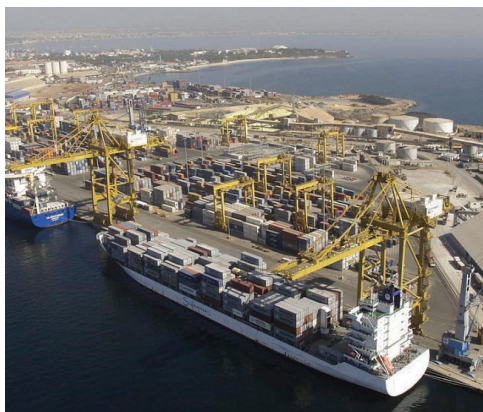
TERRASOL a assuré successivement :

- la synthèse des données géotechniques disponibles et la détermination des paramètres géotechniques ;
- le dimensionnement des pieux à l'aide du logiciel Foxta ;
- les calculs de stabilité à l'aide du logiciel Talren ;
- la préconisation des dispositions constructives.

H. Le Bissonnais

Port autonome de Dakar

Sénégal



Depuis de nombreuses années, TERRASOL intervient sur des projets d'infrastructures portuaires et maritimes pour le compte d'EIFFAGE Sénégal et de ses sous-traitants, dans le cadre de la réhabilitation et du développement du Port Autonome de Dakar. La géologie locale est particulière avec une alternance de niveaux calcaires très compacts et de niveaux marneux moins résistants, au sein desquels peuvent également se développer des zones décomprimées et des lentilles argileuses de faibles caractéristiques.

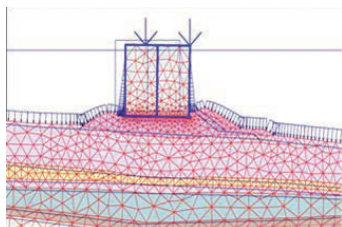
TERRASOL a apporté récemment son expertise géotechnique pour les projets suivants :

- Analyse des reconnaissances complémentaires et réactualisation du design des fondations du terminal à conteneurs TAC1 (700 ml en bord de quai, fondation sur pieux de 12 à 13 m).
- Études géotechniques d'exécution pour le rempiètement du wharf pétrolier (môle 9) par réalisation d'un double-rideau de palplanches battu à 2 m à l'extérieur de l'existant, ancré dans le substratum marno-calcaire, et tiranté en tête (longueur 260 m, largeur 30 m).
- Assistance en phase d'appel d'offres pour l'extension du môle 8 (longueur 300 m environ).

C. Bernuy

Nouveau port Tanger Med

Maroc



Le Nouveau Port de Tanger est constitué de caissons en béton armé posés sur un remblai en fond de mer. Les terrains d'assise sont des sables silteux à graveleux épais d'une trentaine de mètres reposant sur le substratum.

Les calculs temporels ont été réalisés avec le logiciel Plaxis. Les lois de comportement et les caractéristiques mécaniques de ces sols ont été adaptées au domaine de déformations sous sollicitations sismiques. Les hypothèses géotechniques, dynamiques et numériques ont nécessité de nombreux calculs de calage afin de conserver au mieux la qualité du signal lors de sa propagation à travers le modèle.

Les signaux temporels d'accélération placés au niveau du substratum ont été construits à la suite d'une étude sismotectonique qui a permis de déterminer les séismes les plus dommageables pour la structure. Ils sont générés à partir d'un traitement analytique par déconvolution de signaux réels comparables. L'étude a permis de mettre en évidence les effets de séismes lointains et de séismes proches, et plus particulièrement l'influence majeure du contenu fréquentiel des signaux sur la réponse de l'ouvrage.

En effet, si les séismes lointains produisent une accélération au droit du site plus faible que les séismes proches, leur contenu en basses fréquences est voisin de la fréquence de résonance du système global (~ 1 Hz). Ils sont donc plus défavorables pour la stabilité des caissons. Les déplacements maximaux irréversibles sont de 4 cm à la fin du séisme lointain et de 12 cm à l'arrivée des ondes de cisaillement. Les déplacements au cours du séisme proche sont en revanche de faibles amplitudes et le modèle montre un comportement élastique.

A. Bergère

Aménagement de la lagune de Cocody

Côte d'Ivoire

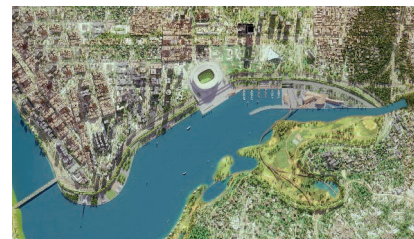
La Côte d'Ivoire s'est lancée dans un ambitieux projet de sauvegarde et d'aménagement de la lagune de Cocody, idéalement située sous le quartier de Plateau à Abidjan, et qui était menacée par l'envasement et l'ensablement. Les aménagements comprennent une première phase de remblai dans la lagune pour créer des plateformes qui seront aménagées plus tard, ainsi qu'une marina.

Les travaux relatifs à la création des plateformes en remblai sur la lagune ont été confiés à l'entreprise marocaine SGTM, sous maîtrise d'œuvre conjointe BNEDT et CID, et sous maîtrise d'ouvrage déléguée MARCHICA.

Le contexte géotechnique complexe avec présence d'importantes épaisseurs de vase et de matériaux extrêmement compressibles a poussé SGTM à s'adjoindre les services de TERRASOL en tant qu'expert géotechnicien pour appréhender au mieux les risques géotechniques. TERRASOL est donc intervenue en expertise ponctuelle sur une partie des travaux déjà réalisés (phase 1), puis en conception sur la partie en cours de réalisation (phase 2).

La problématique principale de ces travaux de remblaiement est d'anticiper non seulement les tassements mais également le volume de sable se substituant aux vases qui sont poussées à l'avancement. Actuellement, les investigations géotechniques de la phase 2 (dont le programme a été déterminé par TERRASOL) sont en cours de réalisation, et la phase d'étude proprement dite va débiter dès leur achèvement.

J. Drivet



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

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

Représentation au Maroc

c/o Semartec - Bureaux Regus
71, Angle Bd Mohamed V
et Rue Azilal - 3^{ème} étage
Casablanca - Maroc

Tel : +212 (661) 25 53 89
Fax : +212 (529) 03 64 00
Email : t.elmalki@terrasol.com

TERRASOL Tunisie

2, rue Mustapha Abdessalem
El Menzech
2037 Tunis
Tunisie

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