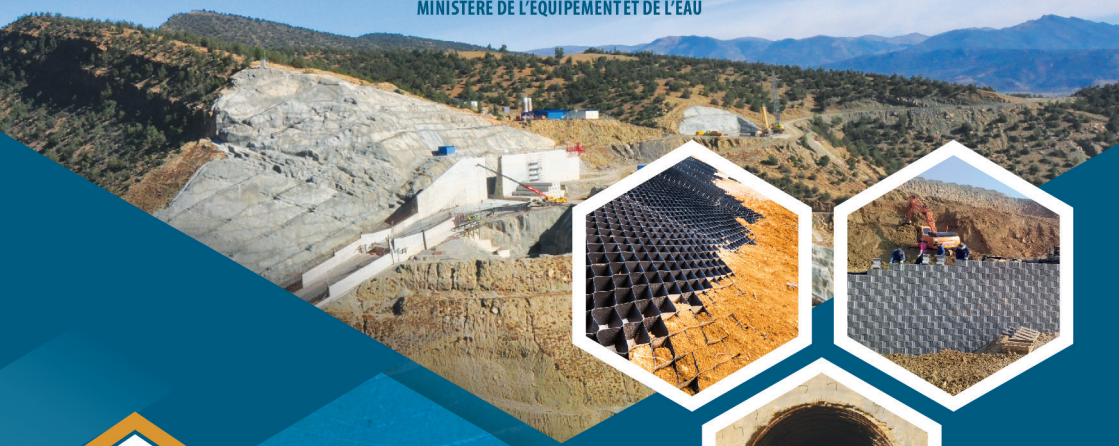


ROYAUME DU MAROC



SOUS L'ÉGIDE DU  
MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DE L'EAU



COLLOQUE  
NATIONAL

SUR  
LA **GEOTECHNIQUE**

Thème général :

## INSTABILITE DES SOLS MAÎTRISE DES OUVRAGES LIÉS AUX INSTABILITÉS

- Sols Gonflants, Affaissables et Cavités dans le sous-sol
- Fondations Superficielles et Profondes
- Instabilité de talus
- Fondation des Barrages, Ouvrages d'Art et Ouvrages particuliers
- Excavation en site urbain
- Liquéfaction des sols
- Sismotectoniques et Aléas sismiques
- Galeries et Tunnels
- Utilisation des géosynthétiques dans le domaine du Génie civil

**DU 17 AU 19**  
**OCTOBRE 2024**  
**À MARRAKECH**

Contact Secrétariat CMMSG :

✉ e-mail : lpee.dts@lpee.ma

☎ Tél. : +212 5 22 30 75 10

☎ Fax : +212 5 22 30 15 50

# PROGRAMME

En partenariat officiel avec le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE), le Comité Marocain de Mécanique des Sols et de Géotechnique (CMMSG), le Comité Marocain des Géosynthétiques (CMG), l'Association Marocaine de Génie parasismique (AMGS), l'Association Marocaine des Travaux en Souterrain (AMTES), organisent, sous l'égide du ministère de l'équipement et de l'eau, le **COLLOQUE NATIONAL SUR LA GÉOTECHNIQUE**.

Cette nouvelle édition, prévue du **17 au 19 octobre** à Marrakech, sera intitulée « **Instabilité des sols : Maîtrise des ouvrages liés aux instabilités** ».

A travers ce thème, il sera question de traiter des problématiques géotechniques rencontrées lors de l'édification des grands ouvrages à travers le Maroc. Dans ce sens, les différents intervenants dans le domaine de la géotechnique, nationaux et internationaux, partageront leurs expériences et recherches autour des sols gonflants, affaissables et cavités dans le sous-sol, fondations superficielles et profondes, de l'instabilité du talus, la fondation des barrages, des ouvrages d'art et ouvrages particuliers, de l'excavation en site urbain, la liquéfaction des sols, des galeries et tunnels, ainsi que de l'utilisation des géosynthétiques dans le domaine du génie civil. En outre, les sismotectoniques et aléas sismiques ne seront pas en reste notamment après la tragédie d'Al Haouz et régions.

## COMITÉ D'ORGANISATION

**Président : Lahcen AIT BRAHIM (CMMSG)**

*Houssine EJJAOUANI, CMMSG*

*Lahcen BAH, CMMSG*

*Abdelkrim DERRADJI, CMMSG*

*Youness MAACHI IDRISSE, CMMSG*

*Ilyasse LAMSAOUGAR, CMMSG*

*Younes CHARIH, CMMSG*

*Hammou Oraho MANSOURI, CMMSG*

*Mohammed KALAI TLEMCANI, CMMSG*

*Soufiane CHAGRAOUI, CMMSG*

*Hasna METRANE, CMMSG*

*Naima WAFI, CMMSG*

*Hamza MRIDAKH, CMMSG*

*Tayeb EL KARIDI, CMMSG*

*Youssef AL MOTASSIM*

*EL BALGHITI, CMMSG*

*Abdelohad GOURRI, CMMSG*

*Hassane EL MAKRINI, CMMSG*

*Lahcen AIT BRAHIM, AMGS*

*Abdelaziz KHATTARI, CMG*

*El Mostapha CHIHANI, AMTES*

*Abdellatif EL FAHSSI, AMTES*

*Abdelhak SABIHI, AMTES*

*Mustapha RHAROUSS, AMTES*

*Ahmed BOUHALTIT, AMTES*

*Ikram HATTAB, AMTES*

## COMITÉ SCIENTIFIQUE

**Président : Houssine EJJAOUANI (CMMSG)**

*Lahcen BAH, CMMSG*

*Lahcen AIT BRAHIM, AMGS*

*Ben Aissa TADILI, AMGS*

*Mustapha RHAROUSS, AMTES*

*Hassane EL MAKRINI, CMMSG*

*Abdelkrim DERRADJI, CMMSG*

*Abdelaziz KHATTARI, CMG*

*Youness BESSAM, CMG*

*Mehdi HAMD, CMG*

*Hamza MRIDAKH, CMMSG*

*Yahya BOUCHAOUR, AMGS*

*Sanan LAOUY, AMTES*

*Nacer Jabour, AMGS*

*Mohammed ERROUAI, AMGS*

*Abdelohad GOURRI, CMMSG*

*Youness LAASRI, CMG*

*Soufiane CHAGRAOUI, CMMSG*

*Fatima-Azzahra BENOMAR, AMGS*

*Ilyasse LAMSAOUGAR, CMMSG*

*Abdellatif EL FAHSSI, AMTES*

## SECRETARIAT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE ET D'ORGANISATION

Hasna METRANE



Vous trouverez les informations utiles sur la page de l'événement :

[www.cmmsg-asso.com](http://www.cmmsg-asso.com)

# Jeudi 17 octobre 2024

08h15-09h00	Accueil des participants Ouverture des inscriptions
09h00-09h30	Ouverture officielle du colloque Mot du Ministre de l'Équipement et de l'Eau Mot des Présidents des comités Sociétés Savantes Mot du Directeur Général du LPEE Mot du représentant de l'ISMR et de l'IGS
09h30-10h15	Ouverture des stands Pause-café

Président de séance : Hammou BENSADOUT,  
Directeur Général - LPEE

## 10h15-11h00 1<sup>ère</sup> Keynote

Séance plénière - Houssine EJJAOUANI - CMMMSG

« Instabilité dans une autoroute à l'étranger »

### Séances parallèles présidées par

*Lahcen AIT BRAHIM,*  
Président - CMMMSG

*Ahmed CHALABI,*  
Directeur Général - CID

Les inclusions rigides  
verticales en béton de type  
CMC pour la stabilisation de  
versants.  
*Stéphane BRULE,*  
*MENARD - France*

Approche expérimentale  
de la consolidation des sols  
argileux.  
*Mohamed AYEB, L3E - Maroc*

Instrumentation et  
surveillance de certains  
déblais rocheux sur l'autoroute  
Marrakech - Agadir : système  
géotechnique intelligent.  
*Mustapha RHAROUSS, Société*  
*Nationale des Autoroutes du Maroc -*  
*Maroc*

L'essai d'aptitude au  
traitement mixte : effet du  
délai d'incorporation du  
ciment et de la cure.  
*Magatte FALL NDEYE, École*  
*Supérieure Polytechnique - Sénégal*

Système de monitoring  
des grands ouvrages : suivi  
des mouvements et des  
tassements - cas des tours.  
*Nabil BOUNAJMA,*  
*TERRA MODUS - Maroc*

Un état d'art sur les argiles  
dispersives : perspectives sur  
les méthodes d'investigation  
et d'identification.  
*Ilyasse LAMSAOUGAR,*  
*LPEE - Maroc*

11h00-13h00

# Jeudi 17 octobre 2024 (suite)

*Lahcen AIT BRAHIM,  
Président - CMMMSG*

*Ahmed CHALABI,  
Directeur Général - CID*

Capacité portante des pieux battus avec grand diamètre et application aux constructions offshores et marines.

*Zineb ABCHIR, ENSMR - Maroc*

Estimation de la courbe de rétention d'eau des sols granulaires en se basant sur les propriétés granulométriques.

*Abdelhadi AIT MANSSOUR,  
EHTP - Maroc*

11h00-13h00  
(suite)

Analyse de l'instabilité des talus par la méthode de cartographie des risques « Machine Learning » : Cas de la voie express Taza-Al-Hoceima.

*Abdellatif EL FAHSSI, Hicham  
CHERIFI, LPEE, IFSTTAR - Maroc,  
France*

Retour d'expérience sur le traitement par drains verticaux sur Oued Chbika

*Ahmed SKALI SENHAJI,  
SETEC - Maroc*

Avancées dans la modélisation et le suivi du fluage des pentes.

*Jean-Claude GRESS, ACE  
GEOTECHNIQUE - France*

Les comparaisons inter-laboratoires en essais.

*Abdellah Ziti, Ihsane SLAOUI,  
LPEE - Maroc*

13h00-14h30

Déjeuner

Président de séance : Houssine EJJAAOUANI, Président du CMG

14h30-15h15

2<sup>ème</sup> Keynote

*Séance plénière, Eric BLOND (IGS/CMG)*

**« Les géosynthétiques pour la réduction de l'empreinte de carbone en construction routière »**

Séances parallèles présidées par

*Youness MAACHI IDRISI,  
vice-président - CMMMSG*

*Mounir EL HOUMA,  
Directeur Général Délégué - NOVEC*

15h15-16h30

Barrage Rhiss - Traitement des instabilités en rive droite.

*Hassan EL MAKRINI, CID - Maroc*

Mise en sécurité des cavités souterraines à l'aide de géosynthétique équipé par fibre optique.

*Marwan AL HEIB, INERIS - France*

# Jeudi 17 octobre 2024 (suite)

**Youness MAACHI IDRISSE,**  
vice-président - CMMMSG

**Mounir EL HOUMA,**  
Directeur Général Délégué - NOVEC

Méthodologie d'évaluation et de classification du risque de chute de blocs au niveau des talus routiers.

*Hatim BOUKER,*  
*SETEC MAROC - Maroc*

Impact environnemental de l'utilisation de géomembranes hautes performances sur la durée de vie des décharges : Étude comparative de deux décharges sous climat méditerranéen.

*Charo REDONDO,*  
*ATARFIL - Espagne*

Diagnostic de l'état du pont naturel d'Imi N'Ifri, modélisation numérique et analyse de stabilité de l'arche naturelle.

*Youssef AL MOTASSIM*  
*EL BALGHITI, LABORATOIRE S2G-*  
*Maroc*

Renforcement par géosynthétique au-dessus de cavités – Utilisation de PET ou de PVA.

*Daniel DIAS, AFITEXINOV*  
*Geosynthetics Youness BESSAM,*  
*AFITEXINOV - France, Maroc*

15h15-16h30  
(suite)

Application de la méthode d'injection des massifs rocheux (gin) aux sols résiduels tropicaux (barrage Comoé au Burkina Faso).

*Said RIHI, NOVEC - Maroc*

Comment améliorer la stabilité de la barrière imperméable sur plans inclinés.

*Adrian Castillo,*  
*SOTRAFA - Espagne*

Utilisation des géosynthétiques en complément aux inclusions rigides pour le renforcement des sols.

*Charaf-Eddine ANNIS,*  
*ETUCAD - Maroc*

Protection fiable des digues par des géosynthétiques.

*Omar NACIRI, NAUE - Allemagne*

16h30-17h00

Pause-café & Visite des stands

# Jeudi 17 octobre 2024 (suite)

## Séances parallèles présidées par

*Abdelkrim DERRADJI,  
Vice-Président - CMMSG*

*Abdelaziz KHATTARI,  
Vice-Président - CMG*

Étude des glissements de terrain affectant le réseau route au nord du Maroc et leurs méthodes de stabilisation.

*Abdellah AZOUGAY, Université Mohammed Premier - Oujda, Maroc*

La rocade méditerranéenne - Tétouan - Al Hoceima - les murs en sol renforcent terre armée.

*Eric LUCAS, TERRE ARMEE - France*

Enjeux géotechniques et stratégie de conception des fondations profondes de la tour Mohammed VI - Vallée compressible du Bouregreg à Rabat.

*Ahmed SKALLI SENHAJI, Sébastien BURLON, SETEC - Maroc, TERRASOL - France*

Géosynthétique en base de remblais sur inclusions rigides : derniers développements.

*Alain NANCEY, SOLMAX - France*

17h00-18h30

Mouvements de masse menaçant la rocade méditerranéenne : étude et inventaire dans le Rif Interne, Nord du Maroc.

*Houda MEROUANI, Université Moulay Ismail - Maroc*

Étude expérimentale des plateformes granulaires renforcées par géosynthétiques sur sol peu porteur.

*Laurent BRIANCON, Alain NANCEY, INSA Lyon - France, SOLMAX - France*

Quelques considérations pratiques autour du calcul des semelles et radiers sur inclusions rigides.

*Fahd CUIRA, TERRASOL - France*

Contrôle de qualité des installations des géosynthétiques.

*Mehdi HAMDY, GEONORD - Maroc*

Étude de cas sur la protection côtière grâce aux Géosynthétiques.

*Tiru KULKARNI, Garware Technical Fibres Limited - Inde*



# Jeudi 17 octobre 2024

*Abdelkrim DERRADJI,  
Vice-Président - CMMSG*

*Abdelaziz KHATTARI,  
Vice-Président - CMG*

17h00-18h30  
(suite)

La gestion de stabilité des grands remblais sur une assise compressible.

*Fouad EL KHALFI, Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, FES - Maroc*

La détection de fuite dans les systèmes d'étanchéité.

*Albert KOFFLER, TEXPLOR - Allemagne*

Renforcement du sol de fondation par du géotextile d'un bâtiment R+2 à Sidi Maârouf à Casablanca en 2012.

*Ida Josiane KI BIBALO, L2M (UIDT)/ LACAPSE (UNZ) /LSTP - Sénégal*

20h30

Dîner Gala

# Vendredi 18 octobre 2024

Président Lahcen BAHY, Vice-président AMGS

08h30- 09h15

3<sup>ème</sup> Keynote

*Séance plénière, Lahsen AIT BRAHIM (AMGS)*

**« Nouveau zonage sismotectonique pour l'étude de l'aléa sismique de la région du Haut Atlas »**

Séances parallèles présidées par

*Muriel GASC-BARBIER,  
Présidente du CFMR (ISRM /CMMSG)*

*Lahcen BAHY,  
Vice-président AMGS*

09h15-11h00

Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain en utilisant l'approche du processus analytique hiérarchique. Étude de cas : province de Tanger-Assilah (nord du Maroc).

*Abdellah AZOUGAY, Université Mohammed Premier - Maroc*

Réglementation parasismique au Maroc : état de l'art.

*Yahya BOUCHAQUOR,  
BMZM - Maroc*

# Vendredi 18 octobre 2024 (suite)

Muriel GASC-BARBIER,  
Présidente du CFMR (ISRM /CMMSG)

Lahcen BAHJ,  
Vice-président AMGS

Étude de la compressibilité et la perméabilité des dépôts fluviaux de la vallée de Bouregreg à partir des CPTU.

Ahmed Hamza MRIDAKH,  
ENSMR - Maroc

La crise sismique du Haut Atlas marocain déclenchée par le séisme majeur du 8 septembre 2023.

Nacer JABOUR, CNRST - Maroc

Confortement d'une voie côtière à Tanger - études et suivi des travaux.

Soufiane CHAGRAOUI,  
NOVEC - Maroc

Classification des sols par mesures de la Vs30 et H/V- techniques actives et passives-cas d'études.

Mohamed KALAI TLEMCANI,  
LPEE - Maroc

Étude de faisabilité d'une carte géotechnique à base de l'intelligence artificielle.

Abdelkrim DERRADJI,  
LABOTEST - Maroc

Evaluation de l'aléas sismique d'un site de projet par la méthode P.S.H.A.

Abdellatif EL FAHSSI, LPEE - Maroc

Traitement des remblais hydrauliques - Retour d'expérience sur les projets du complexe portuaire Tanger Med.

Houda RKAINA, Mohammed Rida ALAOUI, Moussa BENAMAR, TMPA -  
Tanger MED Engineering - Maroc

La sismicité de la marge Atlantique marocaine et du Haut Atlas occidental : l'apport de la géophysique

Abdelaziz MRIDEKH, Université Ibn Tofail - Maroc

Importance de la géophysique pour la réalisation des cartes d'aptitudes à l'urbanisation des zones sinistrées du Haut Atlas

Ben Aissa TADILI, Université Mohammed V - Maroc

09h15-11h00  
(suite)

11h00-11h30

Pause-café & Visite des stand



# Vendredi 18 octobre 2024 (suite)

## Séances parallèles présidées par

*Ilyasse LAMSAOUGAR,  
membre CMMMSG*

*Lahsen AIT BRAHIM,  
Vice-président AMGS*

Évolution des caractéristiques de résistance dans les sols pollués des bas-fonds de la ville de Yaoundé - Cameroun.

*Joele Pascal DJOUKOUO  
TUTCHAMO, Université de  
Yaoundé 1 - Cameroun*

Séisme d'Al Haouz du 08-09-2023 : retour d'expériences et défis relevés pour la reconstruction ou la consolidation des constructions et des zones sinistrées.

*Hammou Oraho MANSOURI,  
Consultant - Maroc*

Expertise géologique géotechnique des instabilités des déblais de la section de Bouarma de la voie express Taza - Al Hoceima.

*Mohsine ABOULFADL,  
LPEE - Maroc*

Étude de la liquéfaction des sols : cas d'un village touristique à Al Hoceima.

*Abdeloihad GOURRI,  
Consultant - Maroc*

Dissipation de la pression durant le processus de la consolidation des sols argileux.

*Youssef AYEB, L3E - Maroc*

Application de la Norme NF P 94 500 Pour un Projet de Patrimoine.

*Youness CHARIH, LPEE - Maroc*

Étude d'exécution d'une paroi moulée avoisinant des immeubles à Tétouan.

*Youssef CHAQQOUR,  
SETEC - Maroc*

Justification du risque de liquéfaction du sol à partir d'une évaluation directe des tassements sismo-induits.

*Fahd CUIRA, Terrasol - France*

Identification des zones à risques liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles en milieu urbain de la ville de Fès.

*Mohamed EL BOUMASHOULI,  
Laboratoire NBR Centre - Maroc*

Comportement d'une construction en pisé sous l'effet sismique.

*Abdelkader CHERRABI,  
Consultant - Maroc*

11h30-13h00

13h00-14h30

Déjeuner

# Vendredi 18 octobre 2024 *(suite)*

Président : El Mostapha CHIHANI, vice-président AMTES

14h30-15h15

4<sup>ème</sup> Keynote

Séance plénière, Muriel GASC-BARBIER, Vice-Présidente d'Europe -  
Présidente du CFMR (Société Internationale de Mécanique des Roches, ISRM)

« Dimensionnement des talus rocheux : comment choisir les  
«bons» paramètres »

## Séances parallèles présidées par

Hammou BENSADOUT,  
Directeur Général - LPEE

El Mostapha CHIHANI,  
vice-président - AMTES

Les malfaçons des  
fondations profondes  
« diagnostic et traitement ».

*Soufiane CHAGRAOUI,  
NOVEC - Maroc*

Justifications et gestion des  
instabilités liées aux creusement  
d'une galerie hydraulique T200  
(intersection du Réseau ONCF  
et RAK à la région de Kénitra).

*Mohammad ETTAYEB, BET BIETAP/  
IFSTAR - France*

Méthodes d'estimation des  
tassements des remblais  
sur sols compressibles, cas  
d'étude d'un chantier dans  
la région de Rabat.

*Yassine EL MARRAKCHI,  
LPEE - Maroc*

Tunnel Zaouiat Ait Mellal :  
reconnaitances et suivi des  
travaux de stabilisations des  
terrains en place.

*Abdeloihad GOURRI,  
Consultant - Maroc*

Le contentieux des travaux  
géotechniques : étude de la  
jurisprudence de la Cour de  
cassation.

*Mohamed Reda DERYANY,  
DERYANY LAW OFFICE - Maroc*

Les fouilles urbaines au Maroc  
illustrées à travers des projets  
à Casablanca, Tanger et Rabat,  
un retour d'expérience vers  
une maîtrise des enjeux et des  
risques.

*Tarik EL MALKI,  
GEOTEM Expertise - Maroc*

Un suivi de mouvement  
précis et en temps réel.

*Albert KOFFLER,  
TEXPLOR - Allemagne*

Excavation à l'explosif en milieu  
sensibles et contraignants :  
cas du barrage SMBA et pont  
Mohammed VI.

*Said RIHI, NOVEC - Maroc*

Expertise géotechnique  
d'un bâtiment sinistré par  
un fontis.

*Alain Serge MBOPDA KAMDEM,  
Soil and Water Investigation  
S.A - Cameroun*

Justifications et gestion des  
instabilités liées à l'installation  
des voussoirs de tunnel en béton  
fibre : rex du métro de Toulouse.

*Hicham CHERIFI, IFSTAR - France*

15h15-17h30

# Vendredi 18 octobre 2024 (suite)

Hammou BENSADOUT,  
Directeur Général - LPEE

El Mostapha CHIHANI,  
vice-président - AMTES

15h15-17h30  
(suite)

Fondations sur rocher.

*Fouzia KASSOU,  
Laboratoire S2G - Maroc*

Étude comparée des  
différentes méthodes de  
pose des blocs artificiels  
pour carapaces de digue.

*Eric SKIERNIEWSKI,  
CLAS - France*

La conception et le calcul des  
micro-tunnels sous-marins.

*Thibaut MOULET, BEFES - France*

Caractérisation des bétons  
plastiques utilisés dans les  
parois moulées des barrages.

*Hicham NASSER, Nezha SADIQI,  
Mohammed DKHISSI, LPEE - Maroc,  
DAH - Maroc*

17h30

Recommandations - Remerciements - Clôture - Pause-café

# Samedi 19 octobre 2024

08h00-13h00



Visite chantier : Barrage, Mine





## Biographie de Houssine EJJAOUANI

*Président du CMMMSG*

Dr Houssine Ejjaouani, ingénieur des Ponts et Chaussées, a consacré toute sa carrière à la géotechnique au sein du LPEE de 1981 à 2020, évoluant d'ingénieur d'études à directeur adjoint. Il est aujourd'hui expert indépendant. Actif dans plusieurs sociétés savantes, il préside le CMG, l'AMGS et le CMGS, et occupe également le poste de secrétaire général du CMMMSG et vice-président de l'AMTES.

## INSTABILITÉ DANS UNE AUTOROUTE À L'ÉTRANGER

**Résumé :** La communication traite le passage d'une autoroute dans un environnement très difficile. Elle se situe dans un terrain topographiquement accidenté situé sur un versant limité d'un côté par la mer et donc un couloir imposé. Sur tout le tracé les risques d'instabilités sont généralisés et tous les ouvrages de l'autoroute à savoir Remblai Déblai, Mur de soutènement, Ouvrage d'Art et Tunnel sont menacés par des glissements. Certains ouvrages tels que tunnel, murs de soutènements et fondations du viaduc ont été réalisés lorsque les risques géotechniques ont été mis en évidence par les inclinomètres. Il faut donc trouver des solutions d'urgence à chaque cas sans compromettre les délais des travaux et surtout tenir compte de l'interaction entre différents ouvrages. Dans ce cadre

le viaduc initial a été abandonné avec ses fondations et remplacé par un ouvrage d'art isostatique sur une partie et l'autre partie par des remblais. Toutes les solutions seront présentées mais surtout l'analyse fine des lectures inclinométriques pour optimiser les solutions. On souligne l'importance de l'esprit collectif du travail entre les différents intervenants pour trancher rapidement dans les solutions à mettre en œuvre.

## Capacité portante des pieux battus avec grand diamètre et application aux constructions offshores et marines

*Zineb ABCHIR, ENSMR - Maroc*

**Résumé :** Les pieux battus de grand diamètre sont largement utilisés dans les domaines maritime et off-shore pour différents types de structures (fondations de ponts maritimes ou d'éolienne Offshore, pieux d'ancrage, etc.). Leur dimensionnement optimal est gouverné par une estimation précise de la capacité portante axiale. Celle-ci peut être estimée selon le DNV 30.4 à l'aide d'essais de pieux en vraie grandeur, de formules de calculs statiques ou de méthodes semi-empiriques basées sur des essais in-situ. Les normes utilisées traditionnellement (API-RP-2A) proposent des méthodes de calcul de capacité portante axiale, mais elles présentent de nombreuses limitations. Cet article propose une comparaison entre la méthode proposée dans l'API, et les méthodes semi-empiriques développées récemment pour le dimensionnement des pieux battus. Un champ d'application de ces méthodes est le dimensionnement de pieux battus de ponts maritimes des nouveaux ports marocains.

## Estimation de la courbe de rétention d'eau des sols granulaires en se basant sur les propriétés granulométriques

Abdelhadi AIT MANSSOUR, EHTP - Maroc

**Abstract:** The study of unsaturated soils has become increasingly important in geotechnical engineering, with the goal of gaining a better understanding of soil behaviour across various saturation states. The water retention curve is a key element in this analysis. This article reviews simulation models and methods for reproducing the water retention curve of granular soils. To minimize potential biases, the models are grouped into four distinct approaches: regression and empirical fitting, physico-empirical methods, numerical modeling, and fractal approaches. A multi-criteria analysis is applied to compare the different approaches. The results provide insight into the various methods for simulating the water retention curve and help identify the most suitable approach for the granular soils under study.

## Approche expérimentale de la consolidation des sols argileux.

Mohamed AYEBA, L3E - Maroc

**Résumé :** Le modèle classique et usuel de la consolidation comprend deux phases :

- une phase qualifiée de primaire ou d'hydraulique décrite par l'équation de la dissipation de la pression (Terzaghi 1923) ; elle fait intervenir le coefficient de compressibilité verticale  $C_v$  et s'achève avec la dissipation totale de la pression au point de coordonnées  $(t_{100} ; \Delta h_{100})$  dans la représentation de Casagrande de la courbe de consolidation ;
- et une phase qualifiée de secondaire ou de fluage et qui fait intervenir le taux de fluage  $C_\alpha$ .

Il est à signaler qu'aucune justification que la dissipation totale de la pression a lieu au point  $(t_{100} ; \Delta h_{100})$  n'est fournie ; par ailleurs, certains auteurs considèrent que les deux phases de la consolidation se succèdent l'une à l'autre alors que d'autres placent leur genèse en même temps...

En relevant les incohérences et les impertinences de l'approche actuelle, ces travaux ont privilégié une approche expérimentale. Dans le processus de consolidation et au regard de l'ordre de grandeur des contraintes auxquelles les sols sont soumis, les compressibilités de l'eau et des particules solides ne sont pas mises en jeu. Le volume des tassements correspond à celui de l'eau évacuée ; la courbe des tassements en fonction du temps est celle de l'écoulement de l'eau : la dynamique de la consolidation est exclusivement hydraulique. Cette assertion est confirmée par le dépouillement des courbes de dissipation de pression en fonction des déformations (ou des tassements) et qui font l'objet d'un article complémentaire annexé aux présents travaux.

Les essais à l'œdomètre effectués sur des types de sols présentant différents niveaux d'activité argileuse, montrent que la fonction qui caractérise la courbe de consolidation dans son intégralité est du type hyperbolique à deux paramètres que sont : la déformation asymptotique finale  $\varepsilon_\infty$  - ou le tassement asymptotique final  $\Delta h_\infty$  - et la vitesse initiale de déformation  $\varepsilon'_i(0)$  (ou  $(v'_i(0))$ ) [Sridharan et al., 1981 ; Tan et al., 1991 ; Al Shamrani, 2004].

La déformation asymptotique finale obtenue par cette méthode est conforme à celle que fournit la méthode d'Asaoka.

La transposition de la loi hyperbolique à n'importe quelle longueur de chemin hydraulique, permet d'établir un modèle prévisionnel de tassements à différents horizons de temps. Toutefois, il est indispensable de procéder à une

confrontation régulière entre les prévisions de ce modèle et les données recueillies sur le site du projet ; et ce, afin de pouvoir procéder aux ajustements nécessaires à la bonne maîtrise des délais d'exécution des réalisations.

## Système de monitoring des grands ouvrages : suivi des mouvements et des tassements – cas des tours

*Nabil BOUNAJMA, TERRA MODUS – Maroc*

**Abstract:** Due to their height and specific construction, towers are sensitive to ground movements and settlements. It is essential to differentiate between auscultation, referring to punctual observations, and monitoring, which involves continuous and systematic surveillance. The latter is crucial for verifying the accuracy of design calculations, providing real-time construction site monitoring, and identifying potential risks during and after construction. Our topographical survey company has extensive experience in using monitoring systems for towers, such as the Mohammed VI Tower and the New Ibn Sina Hospital Tower. Investing in these systems, despite being costly, is vital to ensure the quality and safety of structures and extend their lifespan.

## Les inclusions rigides verticales en béton de type CMC pour la stabilisation de versants

*Stéphane BRULE, MENARD – France*

**Résumé :** Les inclusions rigides verticales en béton ont connu un fort développement en renforcement de sol pour les ouvrages avec fondations superficielles, depuis 20 années.

Pour des applications en stabilisation de talus de remblais ou versants naturels instables, elles sont moins utilisées, alors que l'un des avantages de la technique est

la possibilité d'en réaliser une quantité significative par jour de travail sur chantier.

Après un historique de la technique, cet article examine les atouts des inclusions rigides verticales pour une application de stabilité de versant.

## Analyse de l'instabilité des talus par la méthode de cartographie des risques « Machine Learning » : Cas de la voie express Taza-Al-Hoceima

*Abdellatif EL FAHSSI, Hicham CHERIFI, LPEE, IFSTTAR – Maroc, France*

**Résumé :** Les interventions multiples du Laboratoire LPEE dans la réalisation de la voie express Taza - Al Hoceima et plus particulièrement dans les phénomènes de glissement de terrain ont montré que les plus spectaculaires entre ces derniers sont principalement liés aux structures géologiques. Ces interventions ont également permis de mettre en l'évidence le rôle primordial de l'eau, des pentes de talus et des aléas sismiques dans le déclenchement des ruptures. Certains de ces glissements ont fortement impacté le coût global du marché et ont souvent causé des retards dans les délais d'exécution des travaux.

Par le présent travail, nous essayons de contribuer, via un retour d'expériences, pour apporter plus de précisions sur les facteurs permanents du risque de glissement des talus. C'est une initiative pour tenter de mieux comprendre, grâce à une connaissance géotechnique plus approfondie couplée à l'Intelligence artificielle, les processus de déclenchement de glissement dans cette zone et les paramètres les plus influents sur la stabilité.

C'est dans ce cadre que les données ont été exploitées par des algorithmes machine-learning afin de ressortir une cartographie prédictive des glissements de terrain sur



la base de l'historique et des facteurs de risque les plus influents. La connaissance de ces facteurs déclencheurs ou influents, à travers une compilation et traitements de la base de données, permet d'hierarchiser leur rôle dans le déclenchement des phénomènes de glissement et donc de mieux cibler les champs d'intervention du géotechnicien avant ou en cours de l'exécution des travaux.

### L'essai d'aptitude au traitement mixte : effet du délai d'incorporation du ciment et de la cure

*Magatte FALL NDEYE, École Supérieure Polytechnique - Sénégal*

**Résumé :** Les tests d'aptitude au traitement mixte des sols gonflants restent souvent douteux ou inadaptés bien que les mélanges répondent aux critères de traficabilité avec les performances mécaniques escomptées. Pour comprendre les raisons de l'inaptitude au traitement mixte, on a évalué dans un premier temps l'effet du délai d'incorporation du ciment après traitement à la chaux et l'effet de la durée de cure des sols traités avant leur mise en immersion. Critères de stabilité dimensionnelle et de performances mécaniques pour identifier et fixer le dosage en liant dans le traitement des sols, on note qu'une mise à l'immersion des mélanges en moins de 24h favorise une fragilisation des ponts d'hydrates et conduit à des valeurs de gonflement supérieures à 5% voir 10%.

### Avancées dans la modélisation et le suivi du fluage des pentes

*Jean-Claude GRESS, ACE GEOTECHNIQUE - France*

**Résumé :** l'Afrique du Nord est confrontée à d'importants glissements de terrain, dont une partie de la cinématique est du type fluage. Une réanalyse des essais de fluage

de Bis-hop (1966) permet de comprendre comment modéliser des pentes en situation de fluage. Cette approche permet ensuite de mieux les suivre et de décider des actions à mener.

### Un état d'art sur les argiles dispersives : perspectives sur les méthodes d'investigation et d'identification

*Ilyasse LAMSAOUGAR, LPEE - Maroc*

**Résumé :** Le mode de comportement d'une argile dispersive en contact d'un milieu humide est l'objet de cet article qui décrit le phénomène de dispersion, liste les facteurs précurseurs et les éléments prédisposants à son déclenchement. Il présente aussi l'approche à suivre pour caractériser un tel sol ainsi que les différentes méthodes d'investigation et les tests à réaliser pour identifier ce type d'argile.

### Instrumentation et surveillance de certains déblais rocheux sur l'autoroute Marrakech – Agadir : système géotechnique intelligent.

*Mustapha RHAROUSS, Société Nationale des Autoroutes du Maroc - Maroc*

**Abstract:** This article presents an intelligent geotechnical system that has been installed on the following three (03) high rock excavations on the Marrakech - Agadir highway: • Excavation D323 : PK323,480 - 323,920 • Excavation D324 : PK324,570 - 324,910 • Excavation D350 : PK349 - 351. The instrumentation installed to track and monitor these unstable excavations consists of: - Extensometers installed on the main cracks and fractures visible on the surface of the excavations; - GPS sensors installed on the slopes of the excavations; - Data acquisition central with GSM and weather station to measure rainfall. Then, some monitoring results



from sites instrumented by this system will be presented using a web interface.

## Retour d'expérience sur le traitement par drains verticaux sur Oued Chbika

Ahmed SKALI SENHAJI, SETEC - Maroc

**Résumé :** La voie express Tiznit-Dakhla traverse quelques zones compressibles notamment au droit de l'Oued Chbika qui nécessitent une vigilance particulière pour la construction des remblais d'accès aux culées de l'ouvrage d'art. Une partie de ces remblais d'accès a connu un effondrement partiel sur un linéaire de 100 m après avoir atteint une hauteur de 4 m de remblai de pré-chargement en présence des drains verticaux préfabriqués. Ce travail permet aux géotechniciens de tirer un retour d'expérience précieux de ce cas d'étude. Par exemple, la corrélation de Cassan pour estimer la cohésion non drainée des vases ne semble pas être adaptée. Des essais spécifiques ont été menés pour mesurer la cohésion non drainée in situ. Une reprise du traitement par drains verticaux et une montée phasée du remblai ont été recommandées. Le suivi d'instrumentation montre que les tassements obtenus restent inférieurs à ceux estimés dans la nouvelle configuration

## Les comparaisons inter-laboratoires en essais

Abdellah Ziti, Ihsane SLAOUI, LPEE - Maroc

**Résumé :** Les comparaisons interlaboratoires (CIL) sont des processus essentiels qui visent à évaluer la performance des laboratoires à réaliser des essais avec compétence et garantie aux clients sur l'exactitude de la méthode d'essais utilisée ; fournir aux laboratoires des outils pour la validation des nouvelles méthodes d'essais et pour la validation de leur incertitude de mesure ; aider les laboratoires dans leurs

démarche d'amélioration de la qualité ou d'accréditation.

Les CIL permettent aux participants de répondre aux exigences de la norme ISO/CEI 17025 et constituent une obligation pour les laboratoires accrédités ou candidats à l'accréditation selon la norme ISO/CEI 17025 et aussi pour leur qualification-classification dans une catégorie d'activités en relation avec le secteur du Bâtiment et Travaux Publics et des Industries Associées.

La participation aux CIL et en particulier aux essais d'aptitudes constitue un outil important pour permettre aux laboratoires de vérifier la fiabilité de leurs résultats par rapport aux valeurs assignées (référence ou consensus) et de donner confiance, par des éléments extérieurs de validation de leurs compétences, aux clients et organismes d'accréditation.

## 2<sup>ème</sup> Keynote



### Biographie de Eric BLOND

IGS/CMG

Eric Blond est un consultant indépendant qui offre des services techniques aux industries des géosynthétiques et des matériaux de construction. Eric Blond cumule 30 ans d'expérience, d'abord comme directeur d'un laboratoire de recherche pendant une vingtaine d'années avant de se lancer comme consultant indépendant. Eric Blond a présidé de nombreux comités en normalisation, tant à l'ASTM D35 qu'à l'ISO TC221. Il a été élu trois fois au conseil de l'IGS et préside actuellement son comité technique sur l'hydraulique (TC-H). Il est l'auteur de plus de 100 articles techniques,

conférences et cours, et contribue à la formation de la relève en offrant un contenu en géosynthétiques aux étudiants de l'École Polytechnique de Montréal. Eric est enregistré comme ingénieur au Québec et en Alberta, et a été impliqué sur un grand nombre de projets au travers du monde, de l'Amérique à l'Australie, incluant l'Europe et le Moyen-Orient.

## LES GÉOSYNTHÉTIQUES POUR LA RÉDUCTION DE L'EMPREINTE DE CARBONE EN CONSTRUCTION ROUTIÈRE

**Résumé :** Les géosynthétiques sont déjà reconnus comme des outils extraordinaires pour améliorer la performance et la durabilité des ouvrages en géotechnique. Cependant, un de leurs avantages moins bien connu est leur contribution au développement durable. Dans le cadre de cette présentation, on montrera à quel point les géosynthétiques peuvent contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, contribuant à l'atteinte des engagements pris par les différents gouvernements dans le cadre des accords de Paris, tout en améliorant la performance et la durabilité des infrastructures routières et en réduisant la consommation en matériaux granulaires.

### Mise en sécurité des cavités souterraines à l'aide de géosynthétique équipé par fibre optique

*Marwan AL HEIB, INERIS – France*

**Résumé :** Les cavités souterraines, situées à faible profondeur, qu'elles soient d'origine naturelle (karsts, dissolution de gypse, etc.) ou anthropique (carrières, mines), présentent un risque significatif de dégradation et d'effondrement. Ces instabilités souterraines constituent un

danger particulièrement préoccupant dans les zones fortement urbanisées, où elles peuvent causer des dommages considérables. Afin de limiter ces risques, diverses méthodes de mise en sécurité peuvent être déployées, parmi lesquelles figure le renforcement par géosynthétique. Le recours aux géosynthétiques pour prévenir les effondrements localisés est reconnu pour être à la fois pratique et économique, surtout en comparaison avec les méthodes de comblement des vides. En outre, l'intégration récente de la fibre optique dans ces géosynthétiques constitue une avancée majeure. Cette innovation offre une capacité de surveillance accrue, permettant une détection précoce des signes d'effondrement. De plus, elle offre la possibilité de suivre en temps réel l'évolution de ces effondrements lorsqu'ils se produisent. Cet article se divise en deux parties principales. Dans la première partie, nous abordons l'aléa d'effondrement localisé et passons en revue les solutions traditionnelles de mise en sécurité. La deuxième partie est consacrée au développement du géosynthétique instrumenté, qui intègre des technologies avancées comme la fibre optique pour améliorer la prévention et la gestion des risques liés aux cavités souterraines.

### Utilisation des géosynthétiques en complément aux inclusions rigides pour le renforcement des sols

*Charaf-Eddine ANNIS, ETUCAD - Maroc*

**Résumé :** L'utilisation synergique des géosynthétiques et des inclusions rigides pour le renforcement des sols en génie civil est étudiée. Les géotextiles et géogrilles, combinées à des pieux ou colonnes en béton, améliorent considérablement la capacité portante et la stabilité des sols. Cette approche hybride réduit les tassements et augmente la capacité portante, renforçant ainsi la durabilité

et les performances des infrastructures. Des études de cas illustrent les avantages pratiques de cette méthode dans divers contextes géotechniques.

## Étude des glissements de terrain affectant le réseau route au nord du Maroc et leurs méthodes de stabilisation.

*Abdellah AZOUGAY, Université Mohammed Premier - Oujda, Maroc*

**Résumé :** Les glissements de terrain affectent les routes et les réseaux de transport dans le nord du Maroc, posant un risque majeur sur le plan économique, humain et de service d'infrastructure routière. Pour évaluer ce dernier, une étude analytique détaillée des principaux facteurs contribuant aux glissements de terrain a été menée, et 319 glissements de terrain répartis dans toutes les provinces du nord du Maroc ont été recensés. Les facteurs causatifs ont été classés en 6 catégories (hydrologie, hydrogéologie, géologie, géométrie du sol, climatologie et topographie). Les résultats ont montré que le facteur hydrologique est le plus important déclencheur de glissements de terrain dans le nord du Maroc. Les résultats ont dévoilé aussi que les glissements de terrain circulaires sont le type de glissement le plus courant dans cette région. Enfin, la solution que nous proposons pour stabiliser les glissements de terrain dans cette région est un drainage adéquat des eaux de surface des collines ou des routes.

## Méthodologie d'évaluation et de classification du risque de chute de blocs au niveau des talus routiers

*Hatim BOUKER, SETEC MAROC - Maroc*

**Résumé :** Les instabilités de talus se manifestent selon la nature et l'amplitude du mécanisme de rupture, qui relève des

formations et des structures géologiques traversées. En particulier, les chutes de blocs sont une forme courante des instabilités observées sur les tracés routiers, notamment dans les zones à topographie accidentée. Le risque de chute de blocs requiert des mesures de prévention et de protection des ouvrages et de leurs usagers. Pour ce faire, une cartographie du risque est menée, en se basant sur une analyse croisée de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences du phénomène au niveau de la zone étudiée. Une fois les risques évalués et hiérarchisés, les niveaux d'acceptabilité sont définis afin de justifier les mesures d'intervention.

## Étude expérimentale des plateformes granulaires renforcées par géosynthétiques sur sol peu porteur

*Laurent BRIANCON, Alain NANCEY, INSA Lyon - France, SOLMAX - France*

**Résumé :** Pour étudier le rôle des géosynthétiques de renforcement dans les routes non revêtues, des plateformes non renforcées et renforcées par géotextile ont été construites dans un banc d'essai à grande échelle et testées sous des charges verticales cycliques et des charges de circulation. Deux géotextiles ont été placés à l'interface entre la plateforme granulaire et le sol de faible portance. Les résultats ont permis d'estimer l'efficacité des géotextiles et l'influence du mode de chargement.

## Comment améliorer la stabilité de la barrière imperméable sur plans inclinés

*Adrian Castillo, SOTRAFA - Espagne*

**Résumé :** L'étanchéité dans les travaux de génie civil, les projets hydrauliques, environnementaux et miniers sont principalement réalisées à l'aide de géomembranes, un

type de géosynthétique qui remplace l'argile traditionnelle, offrant une plus grande homogénéité, une plus grande durabilité et un moindre impact sur l'environnement. Ces géomembranes permettent une installation efficace au moyen de larges feuilles (7,5 m) qui sont jointes par thermofusion. Dans les projets à forte pente, la stabilité de la géomembrane est cruciale pour maximiser le volume de stockage, comme dans les réservoirs et les déversoirs. Cet article explore les types de géomembranes texturées et structurées, en soulignant leurs caractéristiques clés dans le calcul de la stabilité des pentes étanchées.

## Quelques considérations pratiques autour du calcul des semelles et radiers sur inclusions rigides

*Fahd CUIRA, TERRASOL - France*

**Résumé :** Cet article présente quelques recommandations visant à clarifier la mise en œuvre pratique des modèles simplifiés développés dans le cadre du projet de recherche ASIRI 2012, pour le calcul des semelles et radiers sur inclusions rigides. Ces recommandations s'appuient sur les enseignements tirés, d'une part de l'expérience acquise sur les projets de renforcement par inclusions rigides traités par Terrasol ces dix dernières années, et d'autre part des travaux menés actuellement dans le cadre du projet de recherche ASIRI+ 2024.

## Renforcement par géosynthétique au-dessus de cavités - Utilisation de PET ou de PVA

*Daniel DIAS, AFITEXINOV Geosynthetics  
Youness BESSAM, AFITEXINOV - France,  
Maroc*

**Résumé :** Les aménagements routiers et urbains sont parfois confrontés à des désordres localisés (fontis) dus à l'effondrement de cavités naturelles (karstiques) et

anthropiques (anciennes mines souterraines ou d'anciennes carrières souterraines) situées à faible profondeur. Dans ce cadre, l'utilisation de renforcement par géosynthétique au-dessus de cavités est une technique intéressante pour la stabilisation des cavités.

En France, les premières études menées sur cette thématique dans le cadre du projet Rafael (Renforcement des assises ferroviaires et autoroutières contre les effondrements localisés) ont débouché sur une méthode de dimensionnement simplifiée qui a été reformulée pour permettre de prendre en compte les mécanismes d'interaction jusqu'alors négligés entre la nappe géosynthétique et le sol environnant.

Ces travaux ont conduit au développement d'une méthode de dimensionnement prenant en considération : le comportement en membrane du géosynthétique et un modèle d'effondrement cylindrique du sol de remblai au-dessus de la cavité.

Dans cet article, un cas de référence prenant en compte deux cavités de diamètre 2m et 3m sont considérées. Deux types de fibres constituant le géosynthétique sont présentées (PET et PVA). La différence en termes de dimensionnement est présentée pour ces différents géosynthétiques.

## Diagnostic de l'état du pont naturel d'Imi N'Ifri, modélisation numérique et analyse de stabilité de l'arche naturelle

*Youssef AL MOTASSIM EL BALGHITI,  
LABORATOIRE S2G - Maroc*

**Abstract :** The Imi N'Ifri Natural Bridge is an exceptional natural heritage. Assessing its stability requires unwavering rigor and precision in the analysis of geotechnical data. Indeed, this bridge embodies the inherent complexity of the interaction of rock mechanics while necessitating meticulous integration of geological,

geotechnical, and geophysical data for the development of a numerical model that accurately reflects reality.

In this work, we undertook thorough investigations, both in situ and in the laboratory, to address concerns about instability. Geological surveys, as well as a geophysical campaign, were conducted to identify potential anomalies and to reconstruct the geometry of the structure.

Based on the results obtained, a 2D/3D model was developed to evaluate the resilience of the natural structure against significant loads generated by traffic on the regional roads RR302 and RR307.

## La gestion de stabilité des grands remblais sur une assise compressible

*Fouad EL KHALFI, Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, FES - Maroc*

**Résumé :** Le développement du réseau autoroutier au Maroc a fait que, dans des zones accidentées, l'adoption de grands remblais a été nécessaire. Leur mise en place et leur stabilité nécessitent généralement des études géotechniques approfondies. Sur l'axe Fès-Taza (A2), quelques remblais ont présenté plusieurs signes d'instabilité, qui se sont traduits par des tassements de chaussée et des arrachements au niveau de talus, ce qui a nécessité d'importants travaux de confortement. Cette étude met l'accent sur l'importance de la conception et de la mise en œuvre des grands remblais, en identifiant les éléments essentiels à prendre en compte lors de la phase d'étude géotechnique, tels que le contexte hydrogéologique, la maîtrise du drainage, l'accrochage du grand remblai au sol d'assise et la qualité des matériaux utilisés dans le remblai. Cela permet de vérifier la

stabilité globale à long terme de l'ouvrage remblai-assise.

## Barrage Rhiss - Traitement des instabilités en rive droite

*Hassan EL MAKRINI, CID - Maroc*

**Résumé :** Le barrage Rhiss, situé dans la province d'Al Hoceima, est de type remblais à masque amont en béton, édifié pour l'alimentation en eau potable et la protection contre les inondations.

La fondation correspond à des séries schisteuses avec intercalation de barres gréso-quartzitiques. Dès la phase de conception, des instabilités ont été identifiées en rive droite et jugées limitées et suffisamment confortées par les barres quartzitiques métriques.

Les travaux de reconnaissances et de fouilles ont révélé des glissements emboîtés, dont certains ont été réactivés. Des travaux de confortement par talutage et cloutage ont été réalisés et adaptés suivant la réponse du terrain et à la base de plusieurs modèles de calcul de stabilité.

## Contrôle de qualité des installations des géosynthétiques

*Mehdi HAMDJ, GEONORD - Maroc*

Aux fins de cette spécification, le contrôle de la qualité doit être défini comme un système planifié d'inspection et d'essais pour surveiller et contrôler directement la qualité des installations des géosynthétiques et la stabilité des ouvrages. Le contrôle des géosynthétiques vise le dimensionnement, l'adéquation matériau-milieu, la stabilité des géosynthétiques et leur vieillissement dans les conditions de service.

## Renforcement du sol de fondation par du géotextile d'un bâtiment R+2 à Sidi Maârouf à Casablanca en 2012

*Ida Josiane KI BIBALO, L2M (UIDT)/  
LACAPSE (UNZ) /LSTP – Sénégal*

**Résumé :** Au Maroc précisément à Casablanca on observe une raréfaction des sols de bonnes portances. Le site du centre de santé en Rez de chaussée plus 2 étages (R+2) à SIDI MAÂROUF à Casablanca après une étude géotechnique par le LPEE, nous a permis d'identifier un horizon de remblai hétérogène (déchets de matériaux de constructions, de matières organiques, micas,...) d'une profondeur allant jusqu'à plus de 2m suivant le nivellement des terrains. Il fut substitué avec du tout-venant 0/31.5 (GNA) renforcé par du géotextile sur 2m de hauteur. Le compactage se faisait tous les 25cm et espacé de géotextile tous les 50cm. Les essais de portance à la plaque ont donné en moyenne un module EV2 égal à 166,67Mpa supérieure à 100MPa et le rapport EV2/EV1 égal à 5,33.

## La détection de fuite dans les systèmes d'étanchéité

*Albert KOFFLER, TEXPLOR – Allemagne*

**Résumé :** Localiser précocement et précisément les fuites dans un système d'étanchéité et visualiser les flux d'eau souterraine pour une réparation ciblée dans les travaux publics, les travaux de génie civil et les travaux spéciaux, permet de réduire à minima les dommages, de réduire les coûts grâce à une réparation ciblée, tout en proposant des mesures non destructrices.

Prévenu en temps réel, le client peut réagir immédiatement pour mettre en œuvre les opérations de réparation.

Les fouilles profondes, les ponts et routes, les stations de métro et tunnels, les barrages et retenues diverses, les étanchéités géosynthétiques dans les bassins, les aires de stockage de déchets, sont les principaux domaines d'application.

Différents exemples illustrent la technologie utilisée ainsi que les principes de mesure dans différents projets.

## Étude de cas sur la protection côtière grâce aux Géosynthétiques

*Tiru KULKARNI, Garware Technical Fibres Limited - Inde*

**Résumé :** Certes, l'interaction de l'eau et du sol présente à la fois des opportunités et des défis tout au long de l'histoire de l'humanité. L'eau est vitale pour la vie et pour diverses utilisations bénéfiques telles que l'irrigation et la navigation. Cependant, elle peut également constituer des menaces, notamment du fait des inondations, qui nécessitent une gestion efficace pour protéger les vies et les biens (canaux d'irrigation, chenaux de navigation, ouvrages de régularisation des rivières, ouvrages en bord de mer et mesures de protection contre les inondations).

Les géosynthétiques jouent un rôle crucial dans le génie civil en fournissant des solutions à divers défis d'ingénierie liés au contrôle de l'érosion, à la protection contre l'affouillement, aux revêtements, à la gestion des sédiments, au filtrage et au drainage et à la protection de l'environnement. Dans de nombreux cas, les géosynthétiques offrent des solutions rentables par rapport aux matériaux traditionnels comme le béton ou l'enrochement, permettant une construction et un entretien efficaces des structures de gestion de l'eau. Dans cet article, deux études de cas sont discutées utilisant des géosynthétiques dans des applications de voies navigables.

## La rocade méditerranéenne - Tétouan - Al Hoceima - les murs en sol renforcent terre armée

*Eric LUCAS, TERRE ARMÉE - France*

**Résumé :** Nous présentons dans cet article les ouvrages Terre Armée en remblai renforcé réalisés sur les 220 km entre Tétouan et Al Hoceima pour la modification du tracé, l'élargissement et le rescindement des virages de la chaussée existante. 27 ouvrages sur les 62 réalisés présentent des hauteurs supérieures à 15m pour atteindre au maximum 24,4m. Nous détaillons dans cet article les avantages de la solution Terre Armée : économie de projet et rapidité de réalisation, ainsi que les particularités de certains des murs de soutènement.

## Mouvements de masse menaçant la rocade méditerranéenne : étude et inventaire dans le Rif Interne, Nord du Maroc

*Houda MEROUANI, Université Moulay Ismail - Maroc*

**Résumé :** La zone interne du Rif, composée géologiquement de séquences affectées par plusieurs phases tectoniques, présentant par conséquent une complexité géologique et structurale, et une susceptibilité élevée aux mouvements de terrain, accentuée sur sa face côtière en surplomb de la rocade méditerranéenne (RN16). Pour mieux comprendre la nature et les déclencheurs des instabilités importantes de cette zone, l'étude menée, de Tétouan à Jebha, a cartographié les types d'instabilités associés à chaque complexe géologique. Elle a mis en évidence les glissements et effondrements des schistes et pélites à Jebha et Tamrabet, ainsi que les chutes de blocs dans les péridotites à Beni Bousera et les gneiss à Steha. Cette recherche multidisciplinaire en géotechnique, mécanique des roches et

géologie structurale offre des perspectives essentielles pour comprendre et gérer les risques associés aux mouvements de terrain dans la région du Rif.

## Protection fiable des digues par des géosynthétiques

*Omar NACIRI, NAUE - Allemagne*

**Résumé :** Après les catastrophes causées par les risques naturels, crues et inondations dans de nombreux pays, de nouvelles structures de digues fiables et stables ainsi que d'importants travaux de réhabilitation ont été réalisés à l'aide de solutions et produits géosynthétiques pour assurer la performance et la sécurité de ces ouvrages. L'utilisation de solutions géosynthétiques pour différentes fonctions de filtration, drainage, stabilisation, renforcement et étanchéité dans la structure de la construction des digues sont des alternatives bien établies dans les recommandations actuelles. En outre, l'efficacité des mesures de stabilisation avec des géosynthétiques intégrés dans la digue a été étudiée et une stabilité élevée de ces techniques de construction en cas de débordement a été documentée. L'érosion du talus de la digue intérieure et les défaillances inattendues de digues peuvent être évitées ou retardées. Le risque de rupture de digues par formation d'une rupture est minimisé, car le corps de la digue ne peut pas être érodé. L'approche visant à améliorer considérablement la sécurité des digues en intégrant différents géosynthétiques dans le corps de la digue pourrait réduire considérablement le danger et l'étendue des dommages potentiels causés par les risques naturels, dont les crues et les inondations représentent des risques majeurs qui affectent chaque année des millions de personnes et causent des dommages économiques et sociaux considérables.



## Géosynthétique en base de remblais sur inclusions rigides : derniers développements

Alain NANCEY, SOLMAX - France

**Résumé :** L'amélioration par géosynthétiques du transfert des charges du remblai vers les inclusions rigides a fait la preuve de son efficacité. Cependant, pour affiner les méthodes de dimensionnement, des programmes de recherche ont été entrepris pour prendre en compte des conditions plus complexes ou pour se rapprocher au plus près du comportement réel de la plateforme. Ces recherches ont porté en particulier sur l'étude des mécanismes de transfert de charge avec la présence de renforcement géosynthétiques et diverses configurations d'ouvrages. Une expérimentation en site réel aux Pays-Bas ainsi que des essais de laboratoires ont permis d'étendre la validité de la méthode « arche concentrique » aux géotextiles tissés de fortes résistances et d'étudier l'influence d'une immersion de la plateforme sur le transfert de charge.

## Impact environnemental de l'utilisation de géomembranes hautes performances sur la durée de vie des décharges : Étude comparative de deux décharges sous climat méditerranéen

Charo REDONDO, ATARFIL - Espagne

**Résumé :** Cette étude analyse comment la mise en œuvre de géomembranes haute performance dans l'imperméabilisation des décharges de déchets ultimes non dangereux peut réduire leur impact environnemental. En comparant la durabilité et l'efficacité de ces géomembranes aux normes de confinement des lixiviats, l'impact environnemental et social de chaque alternative est quantifié

financièrement pour améliorer la gestion des décharges. Des géomembranes de différentes performances et durées estimées ont été évaluées en termes de capacité de confinement.

Pour représenter les valeurs monétaires associées au lixiviat, deux décharges situées dans le sud de l'Espagne, sous le climat méditerranéen, ont été prises comme référence. Cette approche innovante transforme l'impact environnemental en chiffres économiques, soulignant l'importance d'adopter des solutions technologiques avancées, démontrant comment les investissements dans les technologies environnementales peuvent apporter des avantages économiques significatifs et contribuer à la durabilité à long terme.

## Application de la méthode d'injection des massifs rocheux (gin) aux sols résiduels tropicaux (barrage Comoé au Burkina Faso)

Said RIHI, NOVEC - Maroc

**Résumé :** L'injection de coulis par Tubes à Manchettes (TAM), a été considérée inadaptée et dangereuse à la fondation en sol résiduel du barrage COMOÉ au Burkina Faso, pourtant elle a été réalisée par NOVEC selon la méthode GIN, réservée au massif rocheux fissuré, afin de maîtriser le risque d'hydrofracturation et réduire le gaspillage du coulis. Le nombre GIN (Grouting Intensity Number) choisi était faible, limité à 100 MPa.litre/m, avec un volume  $V_{max}$  de 300l/m et une pression  $P_{max}$  variant de 0 à 2MPa. Cette méthode GIN, s'est avérée adaptée à l'injection d'argile silteuse, sans constat d'hydrofracturation en rive gauche traitée. Le nombre GIN a été augmenté lors de l'injection en TAM en rive droite (GIN=300 MPa.l/m et  $V_{max}$ =1000 l/m. Ces paramètres se sont avérés bien adaptés à

cette fondation. Un retraitement local de la rive gauche en utilisant les paramètres réhaussés a ensuite été effectué.

## Enjeux géotechniques et stratégie de conception des fondations profondes de la tour Mohammed VI - Vallée compressible du Bouregreg à Rabat

Ahmed SKALLI SENHAJI, Sébastien BURLON, SETEC - Maroc, TERRASOL - France

**Résumé :** Cet article présente différents aspects de la conception du système de fondations de la Tour Mohammed VI construite dans la vallée du Bouregreg à Rabat. Les reconnaissances géotechniques ainsi que les approches de calcul mises en œuvre permettent de tirer différents enseignements quant à la conception de systèmes de fondations profondes dans cette vallée. Ce retour d'expérience permet de capitaliser les connaissances en vue de la réalisation de prochains ouvrages.

### 3<sup>ème</sup> Keynote



#### Biographie de Lahsen AIT BRAHIM

AMGS, Rabat, Maroc

Lahsen AIT BRAHIM Professeur UM5 Rabat, Expert gestion des risques sismiques, Vice-président de l'Association Marocaine de Génie Parasismique (AMGS), Secrétaire général comité Maghrébin de Génie Parasismique (CMGS), Membre CST du centre Africain des Risques Catastro-

phiques (CARC), Membre Conseil National de Génie Parasismique (CNGP), Vice-président de l'Association Marocaine de Génie Parasismique (AMGS), Membre d'Experts marocains ayant participé à l'élaboration RPS 2000 et sa mise à jour 2011.

Responsable de l'équipe scientifique : GEORISK (1991-2018).

Formation et encadrement dans le domaine des risques sismiques et géologiques : 50 diplômes de Docteurs es Sciences (PHD) et 120 diplômes de Mastères, DESA et DEA.

Plusieurs publications dans des revues internationales indexées et nationales

Plusieurs conférences et communications dans des congrès internationaux indexés et nationaux

Responsable de plusieurs projets de recherche à l'UM5 Rabat à l'échelle nationale et internationale

Responsable de plusieurs conventions et contrats entre l'UM5 Rabat et les organismes Publics, semi-public et privés

Reviewer-Evaluateur dans plusieurs revues scientifiques indexées Scopus.

## NOUVEAU ZONAGE SISMOTECTONIQUE POUR L'ÉTUDE DE L'ALÉA SISMIQUE DE LA RÉGION DU HAUT ATLAS

**Résumé :** Après le plus fort séisme enregistré au Maroc de magnitude Mw 7 du 8 septembre 2023 plusieurs questions se sont posées : 1- Les caractéristiques de la faille responsable de ce séisme, sa manifestation en surface. 2- La valeur très importante de l'accélération au niveau de l'épicentre de plus de 50%g. 3- L'impact de la sévérité des vibrations sismiques sur les édifices de la région sinistrée. 4- La nécessité de la mise à jour du RPS 2011.

Nous essayerons d'apporter des réponses à ses questionnements en présentant le contexte géodynamique responsable de la structuration du Haut Atlas, le développement de sa sismicité, l'apport des mécanismes au foyer et des données GPS pour définir un nouveau zonage sismotectonique indispensable pour le calcul de l'aléa sismique de la région du Haut Atlas.

## Expertise géologique géotechnique des instabilités des déblais de la section de Bouarma de la voie express Taza - Al Hoceima

*Mohsine ABOULFADL, LPEE - Maroc*

**Résumé :** La voie express Taza-Al Hoceima est un projet stratégique visant le développement des régions du Nord à travers des infrastructures de transport de haut niveau reliées au réseau rapide des autoroutes. Ce projet consiste en le dédoublement de la route nationale RN2 reliant Kassita à Ait Youssef Ouali sur 50,5 km et la route régionale RR505 reliant Taza à Kassita sur 98 km, sur une longueur totale de 148,5 Km avec un nombre important de franchissement d'oueds, la reconstruction et le dédoublement des ouvrages d'art et la reconstruction et le prolongement des ouvrages d'assainissement, avec l'introduction d'importantes améliorations sur le tracé routier.

La section étudiée, relie Kassita et Oued Nekkour à travers les reliefs du passage entre Jbel Marrou Ta Ôuanacht au Sud-ouest et Jbel Boukhoûkhene au Nord-est. Cette section longe le couloir de Bouarma au niveau de la zone du Rif externe dans un terrain accidenté. Il s'agit d'une zone de transition géologique traversée par deux failles majeures, caractérisée par des reliefs abrupts et des fortes précipitations

occasionnant en conséquence des instabilités des déblais de nature schisteuse et marno-schisteuse fracturée et altérée de caractère évolutif.

Le présent article évaluera le degré d'instabilité du déblai D7 étudié moyennant l'analyse géologique et structurale (direction, pendage) et la description et la représentation stéréo-graphique des principales familles de fractures rencontrées. Il présentera aussi les solutions de confortement proposées qui apparaîtraient nécessaires à la bonne réalisation du projet et ce sur la base du diagnostic effectué des différents mécanismes d'instabilités mis en jeu et les risques d'évolution.

## Dissipation de la pression durant le processus de la consolidation des sols argileux

*Youssef AYEYB, L3E - Maroc*

**Résumé :** Les essais réalisés sur des matériaux argileux normalement consolidés à l'aide d'un œdomètre équipé d'un capteur de pression interstitielle  $\Delta u$  au niveau de la section de la longueur de drainage -désignée Sld- ont mis en évidence que la dissipation de la pression  $\Delta u$  en fonction des déformations  $\epsilon$  se fait suivant deux modes successifs présentant chacun un ajustement linéaire ; les pentes de ces deux modes correspondent en valeur absolue aux modules œdométriques des matériaux au début et à la fin de consolidation : respectivement  $E_{oed}$  initial par le 1er mode et  $E_{oed}$  final par le second mode. Aussi la dissipation totale de la pression ( $\Delta u=0$ ) détermine la déformation asymptotique finale  $\epsilon_{\infty}$ . Les valeurs ainsi obtenues sont comparables à celles déterminées par la méthode hyperbolique ; cela confirme que la dynamique de la consolidation est exclusivement hydraulique.

## Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain en utilisant l'approche du processus analytique hiérarchique. Étude de cas : province de Tanger-Assilah (nord du Maroc)

*Abdellah AZOUGAY, Université Mohammed Premier - Maroc*

**Résumé :** Les glissements de terrain sont fréquents dans la province de Tanger-Assilah, ce phénomène peut provoquer d'importants dégâts matériels et humains. Des études sur les glissements de terrain, y compris la cartographie de l'inventaire et l'évaluation des risques, sont nécessaires pour contrôler ces dangers. Le fruit de cette étude est sous forme d'une carte de susceptibilité aux glissements de terrain, cette carte est produite en utilisant l'approche du processus analytique hiérarchique (AHP) et le système d'informations géographiques (SIG). Les facteurs contribuant à plus de 100 anciens glissements de terrain, tels que l'altitude, la pente, la densité du réseau routier, la densité des rivières, la densité des failles, la lithologie, l'utilisation/couverture des sols etc. ont été pris comme critères d'évaluation de la susceptibilité aux glissements. Les résultats montrent que les niveaux de susceptibilité estimés sont en bon accord avec les occurrences précédentes de glissements de terrain, ce qui indique que la carte est fiable pour la gestion future des risques de glissements de terrain.

## Réglementation parasismique au Maroc : état de l'art

*Yahya BOUCHAQOUR, BMZM - Maroc*

**Résumé :** La région du Maghreb est frappée au cours de l'histoire par des séismes violents en particulier le séisme, le séisme dit de LISBONNE de 1775 qui a ravagé toutes les cotes riveraines

méditerranéennes du sud le séisme d'ALGER (1915), le séisme d'AGADIR (1960), le séisme d'AL-HOCEIMA (2004) et le dernier d'AL HAOUZ (2023).

Ainsi, les pays du Maghreb notamment le Maroc et l'Algérie sont parmi les premiers pays ayant élaboré des projets de règlement (Recommandations de (1954), Norme Agadir 60 en (1960), PS67 et RPS 2011 en 2011)

Par ailleurs, les règlements n'ont été promulgués qu'à la fin des années 70 voire 90 comme tous les règlements de par le monde à l'exception de l'ITALIE (1927) et le CHILI (1928).

Les pays du Maghreb sont les premiers pays qui ont été inscrit dans le programme PAMERAR (Programme d'évaluation et d'atténuation des risques sismiques dans la région arabe) offrant ainsi une banque de données sismiques consistante.

Toutefois, plusieurs efforts colossaux ont été déployés entre autres :

- La tenue de six (7) séminaires maghrébins faisant circuler les idées du génie parasismique et vulgariser les données sismiques propres à notre région.
- L'élaboration du premier projet de carte sismique du Maghreb.
- Programmation de l'élaboration du code parasismique maghrébin.

Par contre, plusieurs chantiers sont ouverts en particulier :

- L'élaboration d'un code maghrébin pour les ouvrages d'art.
- L'adoption de la carte sismique maghrébine.
- L'élaboration des codes relatifs à la conception des structures en différents matériaux notamment celui relatif au structure en béton armé.

## Confortement d'une voie côtière à Tanger - études et suivi des travaux

*Soufiane CHAGRAOUI, NOVEC - Maroc*

**Résumé :** Le projet touristique Ghandouri, aménagé sur une colline en bordure de mer a subi une instabilité du terrain de grande ampleur. La route d'accès mitoyenne aux constructions est emportée sur plus de la moitié de son emprise.

Les terrains formant la colline sont des flyschs gresopelitiques des nappes de charriage présentant à l'échelle régionale. Elles sont, à cet endroit, plus riches en pelites et argiles, mais comportent quelques passages gréseux notamment dans les reliefs.

L'étude et le suivi d'exécution avaient pour objet, après la mission de diagnostic basée sur les investigations et d'inspections du terrain, la mise au point d'une solution permettant de sécuriser définitivement le projet du complexe touristique situé au-dessus de la route d'accès, moyennant la stabilisation de cet accès.

L'ampleur du désordre et le choix de la solution adaptée avait nécessité une modélisation et des calculs sur des logiciels permettant de localiser les zones de faiblesse, de délimiter la masse en mouvement et d'optimiser les moyens de traitement. Le confortement retenu à l'issue de cette étude, est la mise en place d'un système de soutènement en pieux et tirants d'ancrage.

Enfin, les mesures inclinométriques ont permis la localisation de la surface.

## Étude d'exécution d'une paroi moulée avoisinant des immeubles à Tétouan

*Youssef CHAQQOUR, SETEC - Maroc*

**Résumé :** Dans un contexte géotechnique complexe, marqué par la présence de

terrains meubles composés d'argiles et de marnes sableuses, ainsi qu'un niveau de nappe phréatique proche de la surface, la solution de paroi moulée s'est révélée particulièrement efficace pour réaliser une excavation à deux niveaux de sous-sols en milieu urbain à Tétouan. Le recours aux appuis ponctuels au niveau de l'écran (tirants d'ancrage ou butons) contribue à améliorer la stabilité et permet une bonne maîtrise des déplacements des fondations des immeubles, voiries et réseaux mitoyens. La prise en compte du gradient hydraulique sous l'effet du pompage de l'eau de nappe s'avère cruciale pour la justification de la stabilité de la paroi moulée en présence d'un horizon perméable à la base de l'écran. La vérification de la stabilité interne à l'ELU inclue le mécanisme de Kranz, le défaut de butée et le bilan vertical. De plus l'analyse de la stabilité générale au grand glissement demeure importante pour assurer la sécurité de l'ouvrage. Cette approche, bien que sécuritaire, nécessite une analyse approfondie des paramètres géotechniques, notamment la cohésion et l'angle de frottement des terrains meubles, qui peuvent avoir une influence déterminante sur les résultats de modélisation.

## Application de la Norme NF P 94 500 Pour un Projet de Patrimoine

*Youness CHARIH, LPEE - Maroc*

**Résumé :** Le présent article décrit l'utilisation de la norme NP F 94 500 des missions géotechniques et son importance dans l'organisation des différentes missions géotechniques et leur échelonnement dans le temps ainsi que sa grande utilité dans la maîtrise, la mitigation des risques et dans l'optimisation notamment pour un projet de valorisation de patrimoine, le cas échéant le projet de mise en valeur de la prison Mtamar à Tétouan.

## Comportement d'une construction en pisé sous l'effet sismique.

*Abdelkader CHERRABI, Consultant - Maroc*

**Résumé :** Ce travail consiste à présenter brièvement d'abord la vulnérabilité des constructions en terre à travers les enseignements post-sismiques aux niveaux national et international ; et ensuite les différentes dispositions techniques préconisées par le Règlement Parasismique des Constructions en Terre RPCTerre 2011 pour assurer la sécurité des personnes, des biens et des services, en cas de tremblement de terre.

La mise en application du Règlement Parasismique des Constructions en Terre RPCTerre 2011 nécessite des méthodes scientifiques bien établies qui permettent de déterminer l'état de contraintes et de déformations dans la structure de contreventement afin de pouvoir vérifier les critères réglementaires de stabilité et de résistance préconisés par le Règlement RPCTerre 2011. Ces méthodes sont illustrées à travers l'étude de stabilité et de résistance d'une construction en Pisé vis avis des actions sismiques réglementaires. Il s'agit d'une méthode analytique de calcul de structures et de modélisation en éléments finis.

## Justification du risque de liquéfaction du sol à partir d'une évaluation directe des tassements sismo-induits

*Fahd CUIRA, Terrasol - France*

**Résumé :** Cet article s'attache à rendre compte de l'apport d'une approche en « déplacement » appliquée à la problématique de liquéfaction des sols. A cet effet, des méthodes simplifiées peuvent être mises en œuvre pour évaluer empiriquement les tassements sismo-induits (ou post-liquéfaction) des sables sous nappe à partir des essais

géotechniques in situ de type SPT ou CPT. Ces analyses complètent les formalismes de sécurité usuels tels que ceux proposés par la méthode semi-empirique « NCEER ». Pour chaque type d'essai SPT ou CPT, cet article compare les résultats de deux méthodes courantes d'évaluation des tassements post-liquéfaction. Un exemple d'application est ensuite proposé pour chaque type d'essai.

## Étude de faisabilité d'une carte géotechnique à base de l'intelligence artificielle

*Abdelkrim DERRADJI, LABOTEST - Maroc*

**Résumé :** La connaissance précise des caractéristiques géotechniques du sol est cruciale pour les projets de construction, d'aménagement du territoire et d'infrastructures au Maroc, en raison de la diversité géologique du pays. Cet article présente les résultats d'une étude visant à établir des cartes géotechniques pour les villes d'Oujda, Taourirt et Nador, tout en explorant la possibilité d'utiliser l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer ces cartes.

L'étude se concentre principalement sur la ville d'Oujda et s'étend à Taourirt et Nador. Les cartes géotechniques thématiques de ces régions sont réalisées à l'échelle 1/25000, en utilisant des données existantes et des investigations préliminaires.

L'étude repose sur la synthèse de documents de cartographie thématique et couvre trois aspects principaux :

1. Une synthèse bibliographique des zones d'Oujda, Taourirt et Nador, définissant leurs caractéristiques géomorphologiques, géologiques, hydrogéologiques, géotechniques, sismiques, tectoniques et les risques associés.
2. Un programme détaillé de travaux de terrain incluant levés géologiques, sondages et prestations géophysiques.

3. Un découpage de l'aire en zones homogènes selon des critères pertinents tels que la lithologie et la géomorphologie.

Trois secteurs ont été définis et ont permis l'établissement de trois cartes principales :

- La carte d'Oujda, couvrant une superficie de 160 km<sup>2</sup> dans la Préfecture d'Oujda-Angad.
- La carte de Taourirt, couvrant également 160 km<sup>2</sup> dans la Province de Taourirt.
- La carte de Nador, couvrant 159 km<sup>2</sup> dans la Province de Nador.

Le développement des algorithmes d'IA et la validation du modèle sont réalisés en partenariat avec l'École Mohammadia d'Ingénieurs (EMI).

## Évolution des caractéristiques de résistance dans les sols pollués des bas-fonds de la ville de Yaoundé - Cameroun

*Joele Pascal DJOUKOUO TUTCHAMO, Université de Yaoundé 1 - Cameroun*

**Résumé :** Assez fréquemment les sols de bas-fonds des villes des pays en voie de développement suscitent de sérieuses appréhensions relatives à leur fréquente sollicitation en assise de fondation par les populations et ce malgré leur caractère compressible accentué par la contamination massive des déchets urbains solides dégradables ou non au fil des années. Ceci a conduit à se poser la question de l'éventuelle prédictibilité de l'évolution dans le temps des caractéristiques mécaniques et des profils de ces sols. Le site d'étude choisi est celui des bas-fonds du Mfoundi dans la ville de Yaoundé au Cameroun. Ce travail fait une comparaison des résultats des mesures par profils de résistivité et de résistance mécanique sur plusieurs décennies dans le site étudié.

La résistance  $\gamma$  est généralement faible, avec quelques pics qui démontrent l'hétérogénéité grandissante dans ces couches de sols pollués par les fréquents dépôt et départ de sol et déchets.

## Identification des zones à risques liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles en milieu urbain de la ville de Fès

*Mohamed EL BOUMASHOULI, Laboratoire NBR Centre - Maroc*

**Résumé :** Le périmètre urbain de la ville de Fès n'a cessé de s'accroître, et parfois, sur des terrains dangereux sous la pression de facteurs et enjeux multiples. Ces facteurs sont liés, entre autres, au développement démographique galopant, auquel s'ajoute un très grave retard en matière de l'aménagement et de l'urbanisme de la ville. Toutes ces contraintes ont généré un déséquilibre qui s'est traduit par des événements parfois tragiques comme par exemple les effondrements d'immeubles, glissements de terrain et l'expansion de l'habitat insalubre. En effet, la majorité de ces grands désordres des bâtiments sont dus aux sols de fondation et/ou à l'incompatibilité du type de construction avec les sols d'assises.

Nous avons cité ci-dessus uniquement les cas spectaculaires qui, malheureusement, avaient causé mort d'Hommes. Pourtant, il ne faut pas oublier un autre type de désordre qui passe plus au moins inaperçu et dont le coût pour la société est très important notamment les effets de retrait-gonflement des sols d'assise argileux.

Pour faire toute la lumière sur les désordres liés à ce phénomène, le présent travail consiste à cartographier cet aléa géotechnique à l'échelle des zones urbaines



les plus touchées par ce phénomène et d'établir des plans à l'échelle 1/10000. Ces plans résultent d'un croisement de données géologiques hydrogéologique et géotechnique ainsi que la densité des sinistres repérés par zones géologiques. Ces plans permettent de délimiter les zones qui sont a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement selon un degré d'aléa croissant. Les documents ainsi établis serviront comme un guide pratique pour l'élaboration des Plans de Prévention de ce Risque en vue de tenter de diminuer à l'avenir le nombre de sinistres causés par ce phénomène par la diffusion de certaines règles prévention.

## Évaluation de l'aléas sismique d'un site de projet par la méthode P.S.H.A

*Abdellatif EL FAHSSI, LPEE - Maroc*

**Résumé :** Des études géotechniques classique pour Trois ouvrages d'art dans la région de Taza ont mis en évidence la présence de failles au droit de ces projets. L'objectif de la prestation entamée par le LPEE est de réétudier le risque sismique dans la zone de projet en fonction des nouveaux éléments géologiques sachant que le règlement parasismique interdit la construction au droit de failles actives et exige un périmètre de protection. Cette étude a été réalisée dans le but de vérifier la présence de ces failles mentionnées au niveau des cartes géologiques et néotectoniques en premier temps, puis pour qualifier le risque sismique présenté par chaque faille confirmée. L'approche utilisée dans ces études est celle de la détermination de l'aléas sismique par la méthode PSHA.

## Étude de la liquéfaction des sols : cas d'un village touristique à Al Hoceima

*Abdeloihad GOURRI, Consultant - Maroc*

**Résumé :** Dans les zones fortement sismiques ; la liquéfaction des sols est responsable des dommages considérables. Elle se provoque lorsque les trois facteurs sont réunis ; séisme, sol sableux et présence d'eau. Dans pareil cas ; avant d'édifier un projet ; une étude de liquéfaction des sols s'impose. L'exemple traité ; concerne un village touristique à Al-Hoceima ; dont le sous-sol est composé essentiellement de sable lâche. L'évaluation du potentiel de liquéfaction a nécessité l'utilisation des résultats des essais géotechniques in situ. L'amélioration des caractéristiques du sol, s'est faite par colonnes ballastées. La mise en œuvre de ces colonnes a nécessité une reconnaissance géotechnique in situ très poussée, et un contrôle rigoureux par un personnel du LPEE hautement qualifié.

## La crise sismique du Haut Atlas marocain déclenchée par le séisme majeur du 8 septembre 2023

*Nacer JABOUR, CNRST - Maroc*

**Résumé :** La crise sismique qui a été déclenchée par le séisme majeur du 8 septembre 2023, Mw=7.0, dans le Haut Atlas marocain, a donné une série de répliques sismiques dont quelques chocs sont encore ressentis. Ce séisme major est dû au mouvement inverse d'une faille cachée entre 8 km et 32 km de profondeur. Le déplacement du compartiment supérieur de la faille a causé le soulèvement du massif montagneux central de 20 cm en moyenne. La distribution géographique

des hypocentres sismiques montre un groupement au sud-est du choc principal, ceci est lié principalement à la direction de la rupture sismique sur le plan de faille, essentiellement plongeante vers la racine du Haut Atlas.

## Classification des sols par mesures de la Vs30 et H/V-techniques actives et passives-cas d'études

*Mohamed KALAI TLEMCANI, LPEE - Maroc*

**Résumé :** L'utilisation de la vitesse des ondes de cisaillement, Vs, par les ingénieurs est devenue de plus en plus courante. Cependant, ses applications sont généralement limitées à la classification des sites (A, B, C, D, E) selon l'Eurocode et, dans certains cas, à fournir les modules dynamique des sols.

En effet, Vs est une mesure directe de la rigidité du sol et c'est le seul paramètre mesurable de manière non intrusive sur le terrain au moyen des techniques géophysiques passives ou actives tels que MASW-Cross hole-Down hole-H/V. Ces avantages font de Vs le paramètre de l'avenir dans l'ingénierie .

Ces techniques nécessitent l'intervention de professionnels géophysiciens utilisant des équipements performants pouvant assurer la fiabilité nécessaire et ce, en se basant sur des codes de bonnes pratiques communément admis.

Basée sur des exemples concrets, cette présentation montre l'importance d'obtenir des mesures précises de Vs sur le terrain. Plusieurs exemples seront ainsi présentés pour montrer le potentiel significatif de la Vs et comment elle peut être utilisée pour la conception et la prise de décision.

## Séisme d'Al Haouz du 08-09-2023 : retour d'expériences et défis relevés pour la reconstruction ou la consolidation des constructions et des zones sinistrées

*Hammou Oraho MANSOURI, Consultant - Maroc*

**Résumé :** Le séisme d'Al Haouz a engendré des dégâts matériels et humains lourds ; ce qui a nécessité la mobilisation des experts de LPEE en Géologie Géotechnique Structure et interactions sol-structure depuis la veille de la catastrophe à ce jour.

En effet, en tant que problème national, le LPEE a été sollicité pour contribuer à assurer les supports techniques et scientifiques auprès de Gouvernement Marocain afin de garantir au mieux la sécurité et la durabilité de la reconstruction poste sismique.

Les défis qui ont été relevés et les impasses étaient multiples et que l'on peut chronologiquement synthétiser comme suit :

1. Les routes sont en zones de montagnes difficilement accessibles dont les glissements ont été déclenchés par le séisme induisant des ruptures fréquentes ; on est sollicité pour apporter l'expertise optimisation et assistance en temps réels des équipes des directions de l'Equipement des cinq provinces pour assurer dans des déblais record le désenclavement des zones sinistrées et le passage des ambulances et les ravitaillements.
2. Classifications des bâtis impactés par le séisme des équipements publics et des établissements scolaires en vue d'une exploitation sécuritaire.

3. Études pathologique et d'interactions sol-structure des constructions des équipements publics et des établissements scolaires impactés en vue d'une reconstruction ou d'un confortement.
4. Études géotechniques avec les paramètres dynamiques et statiques du sol pour permettre la reconstruction ou le confortement post-sismique des bâtis impactés par le séisme.
5. Études de stabilité de 3000 douars affectés par le séisme.

Ce qui a nécessité l'élaboration de plusieurs guides et la formation d'un personnel chacun dans le domaine de sa compétence permettant de contenir rapidement la problématique dans les cinq provinces impactées (Al Haouz (environ 50% des dégâts) et le reste réparti dans l'ordre Taroudant puis Chichaoua puis Ouarzazat puis Azilal).

Après avoir donné un aperçu sur les diverses missions, l'exposé abordera le 5ème thème qui porte sur la stabilité des douars. Dans le cadre de la reconstruction ou le confortement des bâtisses affectées par le séisme, et suite aux études des cartes d'aléas réalisées par un comité d'experts et des bureaux d'études pour le compte du Ministère de l'Aménagement du territoire, le LPEE a été missionné pour réaliser l'étude de stabilité des douars à aléas de glissement moyen et fort et des douars non couverts par les cartes d'aléas.

### Étude de la compressibilité et la perméabilité des dépôts fluviaux de la vallée de Bouregreg à partir des CPTU

Ahmed Hamza MRIDAKH, ENSMR - Maroc

**Résumé** : les paramètres de la compressibilité et de la perméabilité

sont essentiels pour le calcul fiable des déformations des sols sous les infrastructures. Cependant, il est parfois difficile de sélectionner les paramètres représentatifs des sols organiques mous et des sols intermédiaires, qui sont principalement localisés dans les dépôts fluviaux de la vallée de Bouregreg. Cette étude, a comme objectif l'utilisation des piezocones (CPTU) pour estimer les paramètres du sol en exploitant une grande base de données des piezocones et des essais aux laboratoires. Ces derniers ont été collectés lors de la phase d'investigation du sous sol de la deuxième rocade Rabat-Salé au niveau de la vallée de Bouregreg. Comme résultat, de nombreuses corrélations sont développées entre la résistance à la pointe et les coefficients de consolidation. En outre, une approche appropriée est utilisée pour déterminer la perméabilité à base des mesures des CPTU. Ensuite, le processus de sélection des paramètres est validé à travers la modélisation numérique du sous-sol amélioré par drains verticaux préfabriqués d'un tronçon du remblai routier.

### La sismicité de la marge Atlantique marocaine et du Haut Atlas occidental : l'apport de la géophysique

Abdelaziz MRIDEKH, Université Ibn Tofail-Maroc

**Abstract:** The Essaouira-Agadir basins constitute the offshore extension of the Western High Atlas. In this key area of Morocco's western margin, modeling of the main lineaments and basin dynamics to which they give rise allows the reevaluation of the seismic activity during the last century.

Dense seismic grid with more than 1000 Km of seismic lines and the results of five oil wells have been used in this work. The division of the sections into seismostratigraphic units has permitted to emphasize the syn-genetic and structural events of the offshore of Agadir-Essaouira basin. Within these different components of the area, normal, reverse faults and fold related fold structures are present, and salt is mobilized in several patterns. Seismotectonic analysis has demonstrated an atypical margin where atlasic and atlantic structures coexisted during four phases, rifting, drifting, inversion and tectogenesis

The geographical distribution of seismic activity shows that there are no seismic foci on either side of the Haha plateau. Southwards, seismic foci are distributed along the branches of the southern Atlasic fault (El Kléa, Biougra) and offshore Agadir at the tectonic junction of the Tildi and El Kasba faults, on the Massa front and in the Cap-Rhir area. Meanwhile, in the Essaouira basin, seismic foci are distributed alongside the components of the Hadid Kourati fault and the arc of the Cap-Tafelney chain, the offshore component of the Western High Atlas.

These new data open new perspectives for understanding the seismic activity of this atypical margin.

### Traitement des remblais hydrauliques - Retour d'expérience sur les projets du complexe portuaire Tanger Med

*Houda RKAINA, Mohammed Rida ALAOUI, Moussa BENAMAR, TMPA - Tanger MED Engineering - Maroc*

**Résumé :** Pour la réalisation du complexe Tanger Med, il a été mis en œuvre plus de

douze millions de mètres cubes de remblais hydrauliques pour le port Tanger Med 2 et six millions pour le port

Tanger Med 1. L'ensemble de ces remblais hydrauliques mis en place pour les deux Port ont été traités par vibro-compactage pour parer au risque de liquéfaction et réduire les tassements des terre-pleins portuaires. La présente communication présente un ensemble de leçons tirées des travaux réalisés et les adaptations du traitement aux conditions du site et des gisements de sable utilisés.

### Importance de la géophysique pour la réalisation des cartes d'aptitudes à l'urbanisation des zones sinistrées du Haut Atlas

*Ben Aissa TADILLI, Université Mohammed V-Maroc*

**Résumé :** Apres le séisme du Haut Atlas et avant la phase de la reconstruction un vaste et colossal programme d'études pluridisciplinaires a été réalisé pour une meilleure résilience face aux risques naturels des douars sinistrés. Les études géophysiques (tomographie sismique, SAWS, H/V etc.) et de l'alea sismique se sont avérés d'un grand intérêt dans l'élaboration des cartes d'aptitudes à l'urbanisation dans les provinces sinistrés du Haut Atlas. Le caractère pratique des appareils pour mesurer H/V (portales, légers, temps de mesure 15 à 20 mn/site etc.) aurait pu être utilisé pour déterminer un paramètre sismique important « la Vs30 » des sols lors de la phase de préparation pour une meilleur résilience face aux risques sismiques (plus précise que la carte de facies utilisée).



## Biographie de Muriel GASC-BARBIER

*Vice-Présidente d'Europe -  
Présidente du CFMR  
(Société Internationale de  
Mécanique des Roches,  
ISRM)*

Muriel Gasc-Barbier est Directrice de Recherche au Cerema, l'établissement Public Français de référence dépendant du ministère de l'écologie et du développement durable. Ses recherches se concentrent sur le comportement mécanique des roches, du laboratoire à l'ouvrage, avec un intérêt particulier sur l'influence des facteurs climatiques sur les instabilités rocheuses. Elle est également présidente du CFMR (comité français de mécanique des roches) et vice-présidente, pour l'Europe de la société internationale de mécanique des roches (ISRM).

## DIMENSIONNEMENT DES TALUS ROCHEUX : COMMENT CHOISIR LES «BONS» PARAMÈTRES

**Résumé :** Cette keynote se concentre sur les études de stabilité des talus rocheux de moyenne hauteur (quelques dizaines de mètres). Elle s'intéresse principalement aux ruptures planes ou en dièdre dans les massifs rocheux, en insistant sur l'importance d'une exploitation correcte des données de fracturation issues du terrain à des fins d'ingénierie, ainsi que celle des résultats d'essais caractérisant la résistance mécanique des discontinuités.

La méthodologie des études selon les Eurocode impose successivement d'ac-

quérir des données, d'établir un modèle de terrain, puis de calculer et définir le niveau d'incertitude du dimensionnement. Pour cela, on a besoin d'un modèle structural et de paramètres géomécaniques.

Ainsi, nous reprendrons succinctement :

1. La géométrie à l'échelle du projet (analyse structurale) et à l'échelle de la discontinuité (rugosité et ondulations).
2. Les mécanismes de rupture.
3. Les paramètres géomécaniques.
4. La synthèse de l'ensemble de ces éléments en un modèle de terrain (approches de calcul, conception et dimensionnement).

## Les malfaçons des fondations profondes « diagnostic et traitement »

*Soufiane CHAGRAOUI, NOVEC - Maroc*

**Résumé :** Les accidents de fondations sont dus, en majorité, à des défauts de jugement et non à des fautes de calculs.

Compte tenu de la complexité de leur exécution, les fondations profondes sont celles qui représentent le risque le plus élevé de malfaçons qui peuvent être extrêmement variées.

Le retour d'expérience en matière de diagnostic des fondations profondes a révélé que les origines des anomalies sont liées, principalement, à la phase d'études et la phase d'exécution.

La détection de ces anomalies se fait par deux types de contrôle (contrôle d'intégrité et contrôle de portance).

On révélera leur rôle par des études de cas concrets portant sur des essais de chargement et des essais d'intégrités.

## Justifications et gestion des instabilités liées à l'installation des voussoirs de tunnel en béton fibre : rex du métro de Toulouse

*Hicham CHERIFI, IFSTAR - France*

**Résumé :** Le creusement par tunnelier est l'une des techniques répandues pour la réalisation des ouvrages de tunnel. Classiquement, les revêtements utilisés étaient à base de béton armé, dont la conception et la justification sont régulées par des recommandations internationales de l'ITA ou locales selon chaque pays. Ces dernières années, une variante de voussoirs basée sur le béton fibré prend de plus en plus d'ampleur pour les concepteurs et les maîtres d'ouvrage en raison de son coût optimal, des facilités d'exécution relativement aux choix classiques et surtout de sa bonne tenue face aux sollicitations accidentelles (feu, poussée du tunnelier...). L'objectif de cet article est de présenter l'état de l'art et les pratiques modernes concernant deux étapes importantes de la justification de ces ouvrages. La première concerne l'étude des déformations et de l'instabilité pouvant affecter le sol encaissant et, par la suite, le voisinage, surtout dans les contextes urbains complexes. La deuxième phase concerne les vérifications structurelles issues de modèles géotechniques rigoureux et adaptés. Le retour d'expérience présenté concerne le lot 3 de la nouvelle ligne de métro de Toulouse, qui s'étend sur 3,2 km et englobe quatre gares : Ray-nal (RAY), Bonnefoy (BON), Matabiau (MAT) et François Verdier (FVD), ainsi que trois ouvrages annexes (puits superficiels). La couverture au-dessus du tunnel varie entre 14 et 33 m environ. Le point le plus bas du tunnel se trouve au droit de l'ouvrage PSB (PK 10+400 environ). Le contexte géologique de la ville de Toulouse présente une complexité particulière liée à la présence des faciès quaternaires,

dont les caractéristiques mécaniques sont modestes, ainsi qu'à un substratum molassique à prédominance marneuse limoneuse. Le contexte hydrogéologique du projet est principalement influencé par le réseau hydrographique (Garonne, Touch, Hers) et ses vastes plaines alluviales. Deux principales nappes sont présentes à l'échelle du tronçon étudié, avec des comportements hydrauliques a priori spécifiques et des interactions interréservoirs. On note ainsi une nappe de faible profondeur dans les alluvions (basse terrasse, basse plaine de la Garonne, alluvions des cours d'eau secondaires, alluvions du seuil de Toulouse) et les remblais, ainsi qu'un deuxième aquifère plus diffus dans les formations molassiques semi-perméables, qui peut être en équilibre avec la nappe des alluvions/remblais ou subir l'influence de limites hydrogéologiques latérales. L'étude réalisée a permis de cerner les zones à risque et de proposer les solutions de stabilisation adéquates (recours à la méthode convergence-confinement et la méthode des éléments finis), en justifiant l'ouvrage durablement tout en tenant compte des propriétés du béton fibré (plastification du béton et développement de la fissuration).

## Le contentieux des travaux géotechniques : étude de la jurisprudence de la Cour de cassation

*Mohamed Reda DERYANY, DERYANY LAW OFFICE - Maroc*

**Résumé :** La Cour de cassation a eu l'occasion de statuer sur les litiges relatifs aux travaux de fondation des grands projets. Mais ce n'est pas une mince affaire pour la Cour de cassation de statuer sur les aspects techniques des travaux, notamment dans les dossiers impliquant une étude du sol (installation de palplanches, usage d'explosifs, etc.). L'étude des décisions de

la Cour de cassation permettra de définir les conditions exigées par la jurisprudence pour la bonne exécution des marchés de la part du maître d'ouvrage et du titulaire du marché. L'analyse d'une dizaine d'affaires portant sur le caractère géotechnique des fondations de grands projets, et ayant donné lieu à des arrêts de principe de la Cour de cassation, permettra d'identifier les problématiques juridiques pour mieux les anticiper.

## Les fouilles urbaines au Maroc illustrées à travers des projets à Casablanca, Tanger et Rabat, un retour d'expérience vers une maîtrise des enjeux et des risques

*Tarik EL MALKI, GEOTEM Expertise - Maroc*

**Résumé :** Les excavations en milieu urbain au Maroc connaissent une expansion spectaculaire pendant la dernière décennie. Dans cet article, on présente notre retour d'expérience sur les différents mode de blindage les plus courants au Maroc spécifiquement aux villes suivantes : Rabat, Casablanca et Tanger. Ce REX sera exposé avec des exemples de chantiers emblématiques tout en mettant l'accent sur les enjeux et les manquements à éviter aux différentes phases du projet. Une démarche rationnelle sera présentée pour la maîtrise des enjeux et des risques encourus.

## Méthodes d'estimation des tassements des remblais sur sols compressibles, cas d'étude d'un chantier dans la région de Rabat

*Yassine EL MARRAKCHI, LPEE - Maroc*

**Résumé :** Cette présentation traite du sujet relatif aux méthodes d'estimation des tassements des sols compressibles sous chargement de type remblai. Le sujet traite les méthodes servant à estimer

les tassements des remblais des sols compressibles en mettant en évidence l'influence des paramètres rhéologiques et la sensibilité de leurs mesures au laboratoire ainsi que leur évaluation basée sur les résultats des essais in situ par le biais de corrélations établies. Un retour d'expérience sur des chantiers de consolidation des sols, avec comparaison des calculs théoriques et résultats de l'instrumentation, est proposé

## Justifications et gestion des instabilités liées aux creusement d'une galerie hydraulique T200 (intersection du Réseau ONCF et RAK à la région de Kénitra)

*Mohammad ETTAYEB,  
BET BIETAP/IFSTTAR - France*

**Résumé :** Le creusement des galeries par la méthode conventionnelle présente plusieurs complexités liées à la maîtrise des déformations engendrées par le creusement et les sollicitations supportées par les soutènements provisoires et le revêtement définitif. Ce retour d'expérience présente un récent cas traité en 2024 pour le compte de la régie autonome de la gestion de l'eau et de l'électricité de Kénitra afin de justifier les opérations de la réalisation d'une nouvelle galerie hydraulique à section ovoïdale de type T200 et qui chevauche la voie ferrée de l'ONCF. Le souci majeur était de bien justifier les tassements différentiels et mise en pente engendrés par les opérations de creusement dans un contexte géologique relativement complexe. En fait, le sous-sol est marqué par une couche de remblai sableux à faibles caractéristiques mécaniques suivie par un substratum sableux-gréseux à consistance variable. Ainsi, l'analyse de ces trois critères est faite via la méthode des éléments finis avec un modèle en déformations planes (2D). Les taux de déconfinement étaient variés



pour l'analyse en déformations et celle des sollicitations. Le sol est modélisé via une loi de type Hardening Soil Model (HSM) permettant la considération des effets de déchargement. Les résultats trouvés permettent de bien justifier la galerie en question suivant le phasage de réalisation adopté par l'entreprise et d'estimer les tassements de la voie ferrée jugés comme admissibles.

## Tunnel Zaouiat Ait Mellal : reconnaissances et suivi des travaux de stabilisations des terrains en place

*Abdeloihad GOURRI, Consultant – Maroc*

**Résumé :** Cette communication abordera la reconnaissance géotechnique et le suivi des travaux de stabilisation provisoire au niveau des têtes et du Tunnel ZAOUIAT AIT MELLAL du tronçon de l'Autoroute Marrakech – Agadir. Les reconnaissances géotechniques spécifiques, et les essais de Laboratoire adaptés réalisés par le LPEE ; ont permis de dégager un modèle géotechnique du terrain devant abriter l'ouvrage en question. Lors de la phase de réalisation et au niveau des têtes Nord et Sud ; il a été procédé à la stabilisation des terrains en place par béton projeté et clouage. Le Front rocheux instable de la tête sud a nécessité un traitement spécial pour éviter la chute des gros blocs sur la chaussée. Au niveau du Tunnel ; la stabilisation provisoire lors du creusement a été effectuée par des Boulons de type Swellex.

## Fondations sur rocher

*Fouzia KASSOU, Laboratoire S2G - Maroc*

**Résumé :** Si la Géotechnique est une science non exacte à cause, entre autres, du caractère multiphasique des sols, elle l'est encore plus avec les roches et leurs singularités.

Il n'y a pratiquement pas d'approche en matière de fondation sur rocher sans la lourdeur des conditions multiples d'application. La présente synthèse est un croisement de plusieurs écoles, qui se veut une sorte de « prêt à consommer », loin des ramifications interminables des classifications par exemple, l'essentiel reste de satisfaire le dimensionnement des fondations de manière fluide, voire expéditive, et pourquoi pas ?

Sont donc regroupées dans cette synthèse, des recettes de dimensionnement, peut-être pas exhaustives, mais suffisamment pratiques, pour éviter aux participants de rester sur leur faim, et satisfaire la plus grosse part de leurs attentes et leur curiosité.

## Un suivi de mouvement précis et en temps réel

*Albert KOFFLER, TEXPLOR – Allemagne*

**Résumé :** Un suivi de mouvement précis de tous les ouvrages, qu'ils soient récents ou anciens, incluant également le suivi des zones de glissement potentielles ainsi que celui de la stabilité des falaises, devient un élément clé permettant de gérer au plus près le patrimoine existant et de veiller à la sécurité des personnes. Plus on parviendra à identifier les mouvements en amont et plus les mesures de réparation seront réduites tout en permettant une meilleure prévention des risques sur le plan humain. Un nouveau capteur de mouvement, le TEXtant, intégrant la vitesse et la direction des déplacements, de manière automatique, avec une précision millimétrique en x, y, z, permet désormais de suivre en temps réel et sans intervention humaine, les mouvements des ouvrages équipés. Différents exemples d'application illustrent son utilisation.

## Expertise géotechnique d'un bâtiment sinistré par un fontis

*Alain Serge MBOPDA KAMDEM, Soil and Water Investigation S.A - Cameroun*

**Résumé :** Au fil des années, plusieurs facteurs ont évolué défavorablement dans la réalisation des projets d'aménagement de sites ou de construction d'ouvrages : les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre (les « bons » sols deviennent rares), les projets de plus en plus complexes et l'environnement et/ou le voisinage est de plus en plus sensible à toute perturbation. Au Cameroun, pour répondre à ceci, on a : la réglementation plus développée et plus astreignante, les exigences de qualité, de conformité et de respect de délais et de budgets, les impératifs de sécurité et d'environnement, la préoccupation de critères sociétaux et de développement durables. Pourtant, les difficultés dans la construction se multiplient : de l'ouvrage accompli sans désordre à l'ouvrage sinistré ; non pas seulement parce que les techniques et les matériaux de construction ne sont pas parfaitement maîtrisés, mais en grande partie à cause de la non maîtrise de tous les incertitudes et risques géotechniques liés aux sols supports des ouvrages construits. Cette communication est un exemple concret et réel d'un cas d'expertise géotechnique sur un bâtiment sinistré par un fontis, où le rôle de l'Ingénieur-expert Géotechnicien est prépondérant: définir les bases et axes de l'expertise géotechnique, savoir analyser, interpréter et conclure pour contribuer à l'éclairage des acteurs de la construction de l'ouvrage. Ce cas traité ici constitue un retour d'expérience précieux et renseignements à retenir pour les Ingénieurs-experts Géotechniciens comme pour tous les acteurs de la construction et démontre que le respect scrupuleux de démarche qualité,

c'est-à-dire le respect de l'enchaînement des missions d'ingénieries géotechniques qui sert de base à l'assurance et le contrôle qualité de nos ouvrages de Génie Civil, permet d'éliminer au maximum les incertitudes et risques géotechniques liés aux sols supports des ouvrages construits, garantissant ainsi l'assurance qualité et sécurité de ceux-ci.

## La conception et le calcul des micro-tunnels sous-marins

*Thibaut MOULET, BEFES - France*

**Résumé :** Dans un environnement de plus en plus fragile et dense, les techniques de pose des réseaux énergétiques et utilitaires enterrés évoluent vers des méthodes «sans tranchée» pour préserver notre planète et maintenir le fonctionnement des structures existantes. Nous proposons d'apporter notre expertise dans les creusements sous-marins (microtunnels de prise et de rejet pour les usines de dessalement, comme à Dakhla au Maroc) ainsi que dans les atterrages des microtunnels sous-marins (connexion des réseaux de gaz et de pétrole en mer, connexion électrique entre la France et l'Espagne, etc.). Nous y aborderons les notions d'instabilité du front de taille, de tassements en surface, la conception des différentes phases de mise en place et, entre autres, de frottements entre le sol et le microtunnel.

## Caractérisation des bétons plastiques utilisés dans les parois moulées des barrages

*Hicham NASSER, Nezha SADIQI, Mohammed DKHISSI, LPEE - Maroc, DAH - Maroc*

**Résumé :** Les bétons plastiques sont des bétons autoplaçants faiblement dosés en ciment. Au Maroc, leur utilisation est

limitée au traitement d'étanchéité des barrages. Bien que ces bétons offrent des avantages technico-économiques et environnementaux très intéressants, l'étude de leurs comportements rhéologiques, mécaniques et de durabilité demeure peu avancée. Le présent article étudie la caractérisation des bétons plastiques utilisés dans les barrages souples. L'étude comporte l'identification des constituants, l'évaluation de la déformabilité par les essais triaxiaux ainsi que la mesure de la perméabilité à charge constante. Les essais de rhéologie et d'érodabilité au sens du Pinhol test modifié sont également expérimentés. Une présentation et interprétation des résultats obtenus ainsi que les recommandations relatives aux caractéristiques des bétons plastiques sont dévoilés.

## Excavation à l'explosif en milieux sensibles et contraignants : cas du barrage SMBA et pont Mohammed VI

*Said RIHI, NOVEC - Maroc*

**Résumé :** La maîtrise des tirs contrôlés lors de l'excavation à l'explosif en milieux sensibles et contraignants permet de réaliser des nouveaux ouvrages sans provoquer de dommages aux ouvrages névralgiques existants et en exploitation. NOVEC a préconisé cette technique, utilisée avec succès sur certains chantiers sensibles, notamment lors de la surélévation du barrage SMBA et au voisinage du pont Mohammed VI dans le

massif rocheux qui abrite la galerie AEP alimentant la région Rabat-Casa, où nombreux tirs ont été réalisés à proximité immédiate d'ouvrages existants en béton ou sous le barrage en exploitation, sans leur causer de dommages.

## Étude comparée des différentes méthodes de pose des blocs artificiels pour carapaces de digue

*Eric SKIERNIEWSKI, CLAS - France*

**Résumé :** Le présent article se veut plus terre à terre puisqu'il présente le fruit de 20 ans d'expérience et la pose de plus d'un million de blocs artificiels partout dans le monde pour des carapaces monocouche.

Le lien entre cette publication et le thème de la géotechnique s'établit par le fait qu'en cas de désordre survenant sur une carapace de digue en blocs artificiels, il est fréquent de mettre en avant une cause de nature géotechnique. Ce fut le cas notamment pour les digues de la NRL sur l'île de La Réunion. CLAS a apporté la preuve que la géotechnique n'était pas en cause, mais que la cause des désordres provenait de la mauvaise mise en place des blocs artificiels et d'un contrôle de la qualité inopérant. La société CLAS, succédant à la société IDMer, a pu tester et utiliser tous les outils de pose proposés ces dernières années pour en apprécier les qualités et les limites.

## Organisateurs



CMMMSG  
Comité Marocain de Mécanique  
des Sols et de Géotechnique



COMITÉ MAROCAIN DES  
GÉOSYNTHÉTIQUES



AMGS

ASSOCIATION MAROCAINE DU  
GENIE PARASISMIQUE  
الجمعية المغربية لمهندسة الزلازل



ASSOCIATION MAROCAINE  
DES TRAVAUX SOUTERRAINS

## Partenaires officiels



المختبر العمومي للتجارب والدراسات  
م.ع.ع.ع | خ.ع.ع.ع | م.ع.ع.ع  
LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES



igs



NOVEC  
GRUPE CDB



المختبر العمومي للتجارب والدراسات  
م.ع.ع.ع | خ.ع.ع.ع | م.ع.ع.ع  
LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES

مشروع الربط القار عبر مضيق جبل طارق  
Projet de Liaison Fixe par le détroit de Gibraltar



afitexinoy  
GEO SYNTHETICS

CAPEP  
CONSEIL ENGENIERIE ET DEVELOPPEMENT

GEONORD  
ENVIRONMENT

LNGE

Riegonor

SOLMAX

valtech



ATARFIL



MAGI TEST  
Fourniture • Fabrication • Maintenance

Naue

setec

TERAGEOS

## Contact Secrétariat CMMMSG



- Tél : +212 5 22 30 75 10
- Fax : +212 5 22 30 15 50
- E-mail : lpee.dts@lpee.ma
- www.cmmmsg-asso.com



Téléchargez ici  
les actes du colloque

