
Université d'Etat d'Haiti
Faculté des Sciences
L'Unité de Recherche en Géosciences

Université d'Etat d'Haiti
Faculté des Sciences
L'Unité de Recherche en Géosciences

Juin 2016

Sommaire

URGéo-FDS	7
Historique	7
Objectifs	7
Organisation de l'URGéo	8
Personnel de l'URGéo	8
Partenaires	11
Partenariat universitaire	11
Partenariat institutionnel	12
Académique	13
Recherche	15
Axes de recherche	15
Les instabilités de talus rocheux (Dr.-Ing. Berthoumieux Jean Jr.)	15
Le comportement des sols et des fondations (Dr.-Ing. Kelly Guerrier)	16
LE COMPORTEMENT DES SOLS ARGILEUX (DR.-ING. KELLY GUERRIER)	16
LES FONDATIONS PROFONDES : ING.-DOCTORANT KARL HENRY VICTOR	18
Failles actives et sismologie appliquée (Dr. Dominique Boisson & Dr. Roberte Momplaisir)	19
LA SISMOLOGIE APPLIQUÉE : ING. MSc — DOCTORANT SADRAC ST. FLEUR	19
LA GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE À LA NÉOTECTONIQUE : ING. DOCTORANT SOPHIA ULYSSE	21
Projets de recherche	23

Publications & Présentations, Conférences, Séminaires	27
Publications	27
Présentation, Séminaires et Conférences	30
Outils & Essais	31
Méthodes de prospection sismique	31
SISMIQUE RÉFRACTION	31
MULTI-CHANNEL ANALYSIS SEISMIC WAVES (MASW)	31
Méthode sismique H/V (enregistrement passif)	34
Méthode électrique	34
Pénétrromètre dynamique	36
Essai triaxial sur échantillon intact	39
Puits manuels	40
Sondages géotechniques	40
Études	43
Glossaire des sigles	45

URGéo-FDS

Historique

L'URGéo a pris naissance en janvier 2011 dans la foulée d'un Projet d'Initiative Ciblée (PIC) exécuté par l'Université d'Etat d'Haïti (UEH), l'Université catholique de Louvain (UCL) et l'Université de Liège (ULg) avec un financement de la Coopération Universitaire au Développement belge (CUD) qui avait permis la constitution d'une équipe de recherche et l'acquisition d'équipements scientifiques spécialisés. Après deux ans de fonctionnement, l'URGéo a bénéficié d'un second projet de la coopération visant sa pérennisation et a été formellement reconnue par le Rectorat de l'Université d'Etat d'Haïti en février 2015.

Objectifs

L'Unité de Recherche en Géosciences (URGéo) de la Faculté des Sciences (FDS) de l'UEH est une entité scientifique qui poursuit les objectifs suivants :

-  Fournir un encadrement didactique en géotechnique aux étudiants de la Faculté des Sciences dans le cadre de leur cursus régulier d'études ;
-  Poursuivre des recherches spécialisées en géosciences en y associant autant que possible des étudiants finissants de la Faculté

des Sciences (génie civil) ou des étudiants de niveau maîtrise, le cas échéant ;

- 🌐 Servir d'interface pour la FDS dans le cadre de la coopération dans le domaine des géosciences au niveau local et international ;
- 🌐 Tenir à jour une base de données géotechniques/géophysiques et la rendre disponible pour le public ;
- 🌐 Fournir sur demande des avis sur les problèmes de risques naturels affectant la communauté ;
- 🌐 Offrir des services de consultations et d'études en géosciences à la communauté.

Organisation de l'URGéo

L'URGéo comprend trois (3) catégories de membres :

- 🌐 des membres à temps plein faisant partie du corps professoral de la FDS ;
- 🌐 des membres à temps partiel faisant partie du corps professoral de la FDS ;
- 🌐 des enseignants-chercheurs associés faisant partie d'autres entités nationales ou internationales.

L'URGéo est placée sous la supervision d'un coordonnateur, professeur à temps plein de la FDS, spécialisé en géosciences et assisté par un staff composé de membres de l'URGéo et de personnels administratifs et techniques mis à disposition par la FDS.

Le Coordonnateur de l'URGéo a la responsabilité administrative et scientifique de l'Unité. Il est responsable par devant le Conseil de Direction.

Personnel de l'URGéo

L'équipe de l'URGéo est constituée comme suit :

- 🌐 Dominique Boisson, Ingénieur Civil – Docteur en Géologie Structurale (Université Pierre et Marie Curie, Paris, France) ;
- 🌐 Roberte Momplaisir, Docteur en Géologie Structurale (Université Pierre et Marie Curie, Paris, France) ;

- 🌐 Berthoumieux Jean Jr., Ingénieur Civil – Docteur en Sciences de l’Ingénieur (Université catholique de Louvain, Belgique) ;
- 🌐 Kelly Guerrier, Ingénieur Civil – Docteur en Sciences de l’Ingénieur (Université catholique de Louvain, Belgique) ;
- 🌐 Karl Henry Victor, Ingénieur Civil FDS – Doctorant en Sciences de l’Ingénieur (Université catholique de Louvain, Belgique) ;
- 🌐 Sadrac St-Fleur, Ingénieur Civil FDS – Doctorant en Sismologie (Université de Nice Sophia Antipolis, France) ;
- 🌐 Sophia Ulysse, Ingénieur Electromécanicien FDS - Doctorante en Géophysique Appliquée (Université de Liège, Belgique).

A cette équipe permanente s’adjoignent des jeunes ingénieurs et étudiants finissants de la Faculté des Sciences.

Les membres de l’URGéo interviennent en fonction de leur disponibilité pour la réalisation des différents projets de l’Unité.

Partenaires

URGéo est le fruit d'un partenariat universitaire international axé dans un premier temps sur les universités francophones belges et d'un partenariat avec des institutions nationales intervenant dans le domaine des sciences de la Terre.

Partenariat universitaire

La participation des universités francophones belges a été déterminante dans le montage de l'URGéo tant dans l'encadrement académique et scientifique que dans la mobilisation de fonds à travers trois projets de coopération universitaire financés par l'ARES-CCD (ci-devant CUD) belge entre 2005 et 2015. Aujourd'hui l'URGéo compte trois partenaires universitaires principaux :

- 🌐 L'Université catholique de Louvain (Belgique) par l'intermédiaire de l'Ecole polytechnique de Louvain, plus précisément les professeurs Jean-François Thimus, Alain Holeyman et Daniel Verastegui
- 🌐 L'Université de Liège (Belgique) avec le support des professeurs Christian Shroeder, Frédéric N Guyen et Hans Balder Havenith
- 🌐 L'Université de Nice Sophia Antipolis (France) par l'intermédiaire du laboratoire Géoazur et du support des professeurs Emmanuel Tric, Françoise Courboulex, et Bernard Mercier de l'Epinay.

Partenariat institutionnel

Au niveau local, l'URGéo a eu comme partenaires dès son montage trois institutions étatiques spécialisées dans les géosciences et la géomatique :

- 🌐 Le Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP), notamment pour tous les aspects géotechniques. Le LNBTP a soutenu financièrement et techniquement plusieurs projets de l'URGéo et a participé également à la formation de ses techniciens de laboratoire.
- 🌐 Le Bureau des Mines et de l'Énergie (BME) pour la géologie générale et la partie sismologique par le biais de son Unité Technique de Sismologie (UTS)
- 🌐 Le Centre National de l'Imagerie Géo-Spatiale (CNIGS) pour la partie géomatique et géodésique, notamment le développement de systèmes d'information géographique (SIG) très utilisés dans les recherches menées par l'URGéo.

Académique

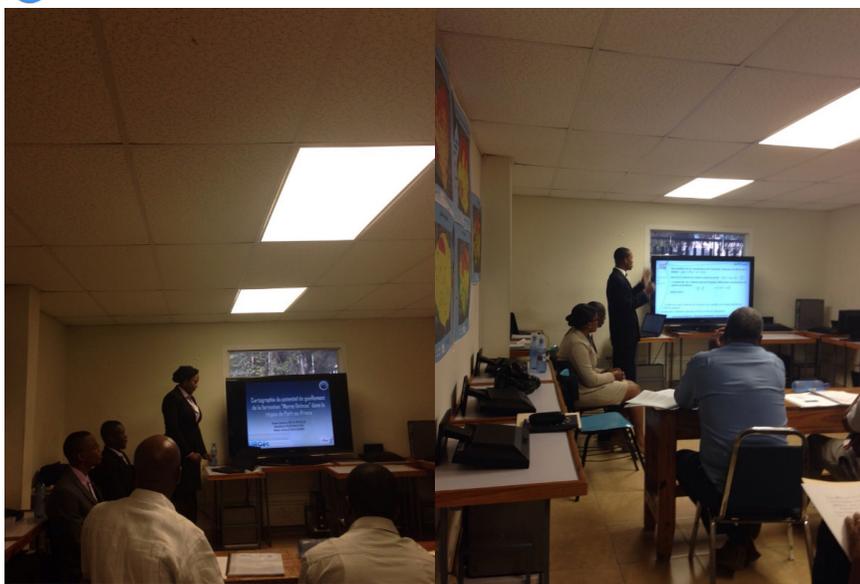
En fonction de leur spécialité, les membres de l'URGéo

 Assurent des enseignements à la Faculté des Sciences ou le cas dans d'autres facultés de l'UEH.

COURS	PUBLIC	H/ sem	Nb sem	INTERVENANT
Mécanique des sols	GCII – FDS	2	26	Berthoumieux Jean en cotitulature avec Y-F Joseph
Géotechnique : analyse des essais géotechniques de laboratoire	GCII – FDS	3	26	Berthoumieux Jean
Fondations	GCIII – FDS	2	16	Berthoumieux Jean en cotitulature avec Y-F Joseph
Géologie de l'ingénieur	GCI	3	26	Dominique Boisson
Géologie de l'ingénieur	GN4 - FAMV	3	14	Dominique Boisson
Sismologie appliquée à l'ingénierie	ARIII	3	16	Kelly Guerrier
Géologie Générale	TOPO I	2	26	Roberte Momplaisir
Géomorphologie	TOPO II	2	26	Roberte Momplaisir
Géologie Générale	MPC II	1.5	16	Roberte Momplaisir

Cours assurés à la FDS au cours de l'année académique 2014-2015

 Fournissent un encadrement aux étudiants finissants en génie civil pour la préparation de leur projet de sortie dans le domaine des géosciences appliquées.



Etudiants finissants de la Faculté des sciences présentant leur TFE à l'URGéo

Sujet	Etudiants	Promotion	Encadrants
Microzonage sismique de la ville de Fonds Parisien.	Jonathan Claude & Valmy Dorival	2008-2013	Berthoumieux Jean et Sadrac St Fleur
Estimation du potentiel de gonflement des marnes de la formation « Morne Delmas » dans la région de Port-au-Prince	Anne Jessica Beauboeuf Henricot Fleuristin Marc-Ansy Laguerre	2009-2014	Kelly Guerrier
Étude géotechnique du site du Parc Industriel de la SONAPI et proposition d'une solution au problème de fissurations des hangars.	Marjophie Dominique Jimmy-Heal Charlot Osnel Pierre Louis	2009-2014	Kelly Guerrier
Evaluation de l'apport des effets de sites dans le schéma des dégâts enregistrés lors du séisme du 12 janvier 2010. Implémentation sur une petite zone à Port-au-Prince, le site de Gros-Morne.	Ebdel Junior ALEXIS Germano CHARLES Martine JOSEPH	2010-2015	Sophia Ulysse

Travaux de fin d'études (projets de sortie) encadrés par l'URGéo entre 2013 et 2015

- 🌐 Animent des séminaires spécialisés organisés par l'URGéo ou d'autres instances académiques.
- 🌐 Interviennent dans le montage et l'exécution de tout programme post-gradué en géosciences mis en place au sein de l'UEH (non encore effectif).

Recherche

Axes de recherche

Bien qu'ouverte à tous les domaines des géosciences, l'URGéo n'intervient actuellement que dans un nombre limité d'entre elles. Parmi les axes de recherche sur lesquels les chercheurs de l'URGéo se concentrent on trouve :

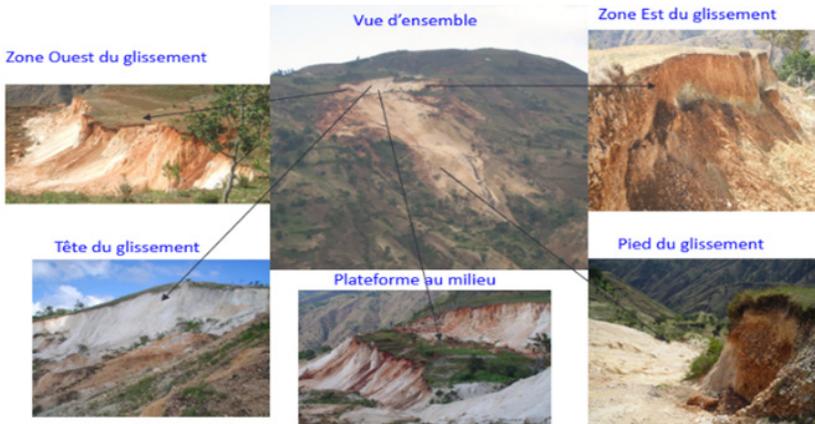
Les instabilités de talus rocheux (Dr.-Ing. Berthoumieux Jean Jr.)

La majeure partie du territoire haïtien est occupée par des collines et montagnes et l'urbanisation à flanc de coteaux est fréquente. Les nombreux problèmes liés à l'instabilité des versants sont donc abordés par l'URGéo. Plusieurs articles ont d'ailleurs été publiés sur ce thème. Ce domaine de recherche à l'URGéo compte cinq volets :

- 🌐 L'analyse de l'influence des phénomènes stabilisants ou déclenchant sur la stabilité des pentes en se basant sur les avancées réalisées dans le domaine des sols non saturés (suction) et de la sismicité (séisme).
- 🌐 Le couplage à la position de la nappe et à la pluviométrie des sites afin de prendre en compte tous les paramètres susceptibles d'entraîner cette instabilité.
- 🌐 L'expérimentation (essais géotechniques et géophysiques) et en laboratoire sur les échantillons prélevés pour estimer les

comportements sismique et hydromécanique des sols et évaluer l'évolution de leur résistance au cisaillement.

- 🌐 La modélisation numérique utilisant entre autres les méthodes d'équilibre limite couplées avec les méthodes des éléments finis pour analyser le rôle de différents paramètres sur la stabilité.
- 🌐 La veille et mitigation des instabilités de pente de massifs rocheux par des mesures directes et indirectes de déplacement des talus instables, la modélisation numérique de ces déplacements et l'atténuation de leurs effets par des ouvrages de soutènement ou de renforcement des talus.



Le glissement de terrain de Mahotières – Kenscoff

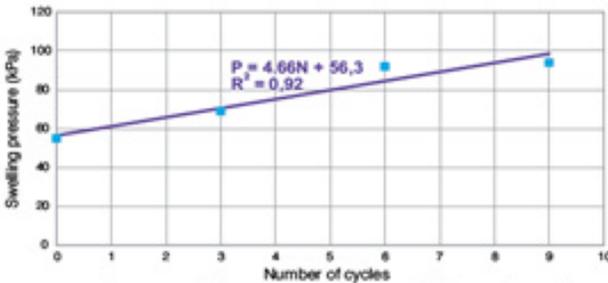
Le comportement des sols et des fondations (Dr.-Ing. Kelly Guerrier)

LE COMPORTEMENT DES SOLS ARGILEUX (DR.-ING. KELLY GUERRIER)

Le comportement des sols argileux est considéré en tenant compte de leurs caractéristiques géotechniques et minéralogiques et des impacts de la qualité des eaux avec lesquelles ils sont en contact et des effets des vibrations qui peuvent les affecter en cas de séismes. Plus particulièrement, les recherches sur les sols argileux à l'URGéo portent sur :

- 🌐 La caractérisation des propriétés géotechniques et rhéologiques des sols argileux et la détermination de l'impact de la pollution par les eaux usées sur ces propriétés.

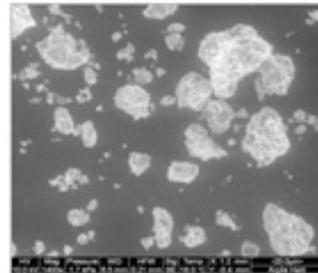
IMPACT OF SEWAGE ON THE SWELLING OF THE MARL
(After 9 cycles of wetting/drying)



Major ions contained in the waste water:
 Ca²⁺ : 176 mg/l
 K⁺ : 10 mg/l
 Na⁺ : 55 mg/l
 Mg²⁺ : 27 mg/l

Increase of the swelling pressure with the number of wetting / drying cycles

The presence of Na⁺ ions in the interlayer spaces allows maximum hydration of the clay fraction. Moreover, with the humidification / drying cycles, the clay fraction tends to keep some memory of swelling due to a rearrangement of the particles.

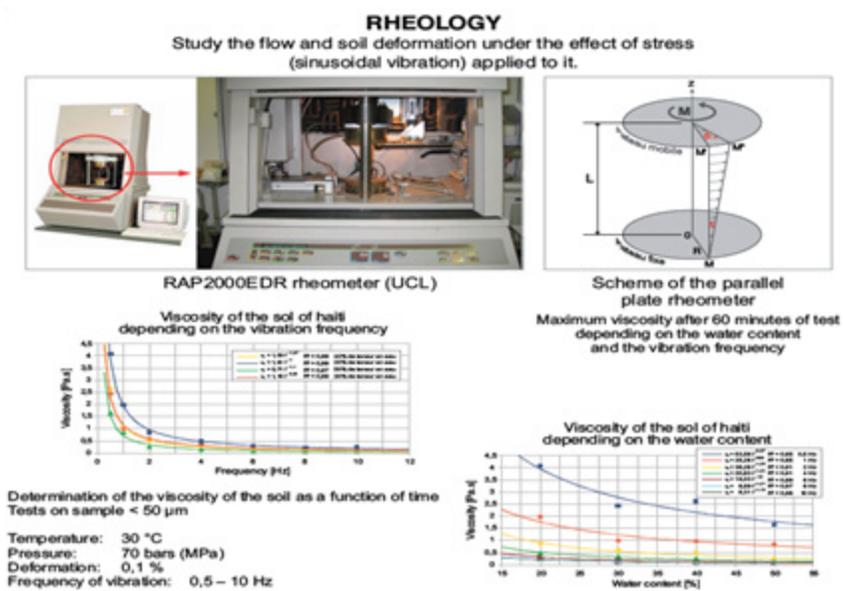


Disaggregation of grains
(Increase in the number of fine particles)

*Impact des eaux usées sur le gonflement des argiles de la Formation Morne Delmas
(Guerrier et Thimus, 2012)*

- ④ L'utilisation de méthodes indirectes comme les limites d'Atterberg, la diffraction aux Rayons X, Microscopie Électronique à Balayage Environnementale (MEBE) et de méthodes directes (essais œdométriques, essais triaxiaux).
- ④ La détermination des caractéristiques rhéologiques des sols pour les deux consistances (solide et plastique) à des fréquences couvrant la gamme des fréquences fondamentales de vibrations des sols alluvionnaires. Ces essais permettent de déterminer, selon la nature du sol, la déformation pour laquelle le sol se liquéfie.
- ④ Le renforcement de la résistance des sols argileux par l'utilisation de fibres naturelles locales sélectionnées après l'analyse de leurs caractéristiques mécaniques et de leur interaction avec les sols argileux.

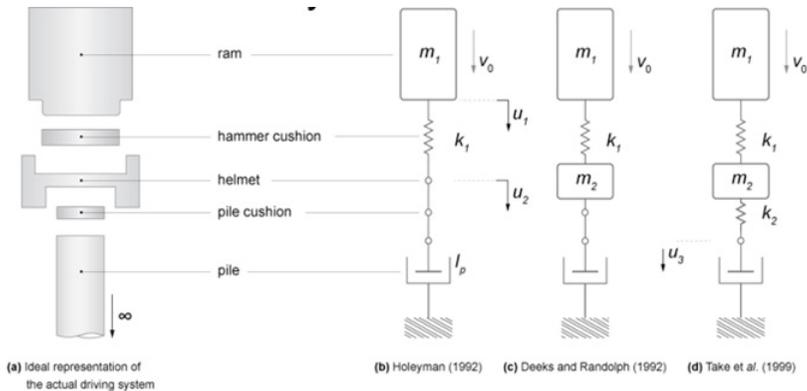
🌐 L'utilisation potentielle de ces fibres dans la construction de structures de sol en Haïti comme remblais routiers ou des digues.



*Etude de viscosité des sols argileux de la formation Morne Delmas
En fonction de la fréquence vibratoire et de la teneur en eau (Guerrier et Thimus, 2012)*

LES FONDATIONS PROFONDES : ING.-DOCTORANT KARL HENRY VICTOR

Les recherches actuelles, menées sous la supervision du Prof. Alain Holeyman (UCL, Belgique), consistent, à terme, à l'établissement d'une formule dynamique de battage, dans le cadre d'une analyse adimensionnelle. Ce projet de recherche s'appuie principalement sur les avancées récentes dans le domaine de la mécanique des sols, particulièrement en matière de compréhension des interactions sol/pieux.

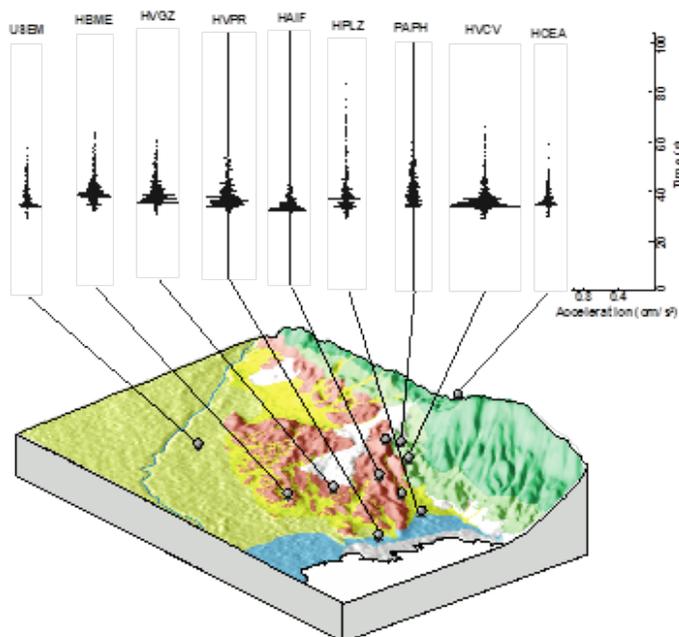


Modèles analytiques de l'impact du bélier sur la tête d'un pieu (compilation Victor, 2015)

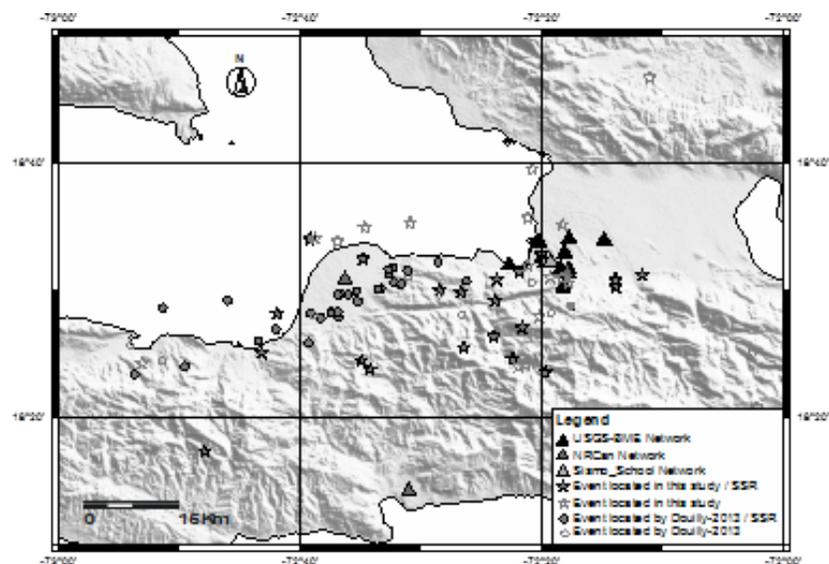
Fautes actives et sismologie appliquée (Dr. Dominique Boisson & Dr. Roberte Momplaisir)

LA SISMOLOGIE APPLIQUÉE : ING. MSc – DOCTORANT SADRA ST. FLEUR

Le séisme qui a frappé Haïti le 12 janvier 2010 a causé des dégâts humains et matériels considérables (plus de 230 000 victimes). Les mouvements du sol engendrés dans la ville de Port au Prince ont été spectaculaires : de nombreux bâtiments ont été détruits ou sérieusement endommagés, particulièrement dans le quartier des administrations de la capitale. La magnitude du séisme était de $M_w=7.0$, mais l'ampleur des dégâts constatés a amené logiquement à penser que d'importantes amplifications locales des mouvements du sol se sont produites, entraînant l'aggravation des effets du séisme. Malheureusement, aucun de ces mouvements n'a pu être enregistré sans saturation par des capteurs. Il est ainsi impossible de quantifier des valeurs de pic d'accélération pour ce séisme, même si ses effets suggèrent qu'ils sont très forts. Nous cherchons dans cette thèse à évaluer les effets d'amplification des ondes dans la ville de port au Prince et à simuler les effets de futurs séismes dans la ville.



Bloc diagramme montrant la distribution spatiale des accélérations sismiques dans la direction Nord-Sud pour la Réplique du 3 mai 2010 ($M_w=4.4$), ST Fleur et al., In prep.



Localisation des stations sismiques de différents réseaux permanents. Les cercles pleins représentent les événements utilisés pour l'analyse SSR et les cercles vides pour les événements non enregistrés dans la station de référence ou trop proches des stations d'enregistrement. ST Fleur et al., In prep

L'amplification du mouvement sismique en surface selon les conditions géologiques de la sub-surface et la topographie, appelée effet de site local, est à prendre à compte pour une estimation correcte de l'aléa. Dans le cadre de cette thèse des calculs de rapports spectraux H/V et site/référence ont été effectués afin de comprendre, de caractériser et de déterminer les amplifications d'ondes sismiques (effets de site) à Port-au-Prince. La thèse a aussi pour but de simuler les vibrations du sol lors de séismes futurs en Haïti. Elle se concentre sur les principales parties des failles actives n'ayant pas rompu durant le séisme de 2010 et dont la rupture est potentiellement proche.

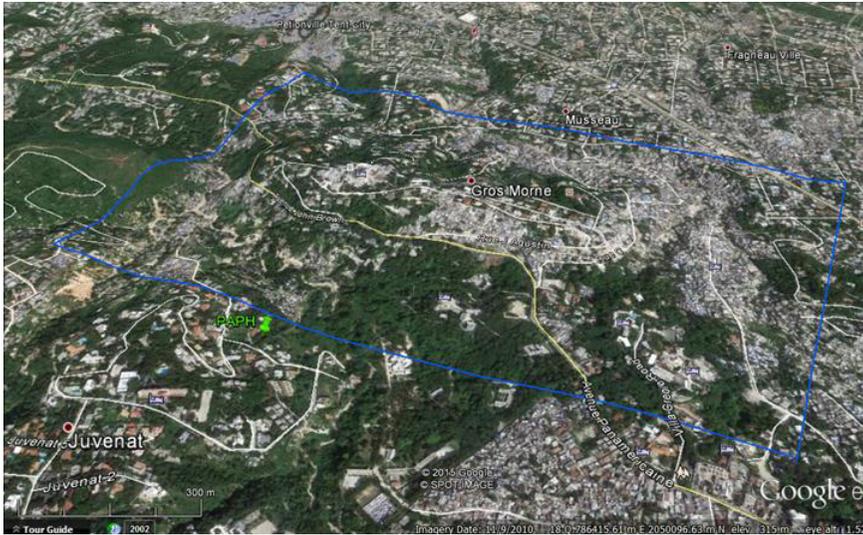
LA GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE À LA NÉOTECTONIQUE : ING. DOCTORANT SOPHIA ULYSSE

De par sa position dans la Plaque Caraïbe, l'île d'Hispaniola est soumise à des contraintes de divers types qui se traduisent par une sismicité active qui se produit le long d'un nombre limité de failles actives. L'étude de la sismicité passe donc par la caractérisation fine de ces failles actives, principalement la faille d'Enriquillo et la faille septentrionale. Le champ de recherche visé ici est donc d'appréhender dans le détail les mécanismes des failles actives d'Haïti en utilisant principalement les outils de la géophysique appliquée couplée à la microtectonique et la lithostratigraphie. Plus précisément, ces recherches englobent :

- 🌐 Un monitoring des zones d'études à partir d'un réseau local de stations sismiques
- 🌐 Des profils MASW (2D ou 3D)
- 🌐 Des études de fréquence propre basées sur le rapport H/V
- 🌐 Des études en télédétection de la déformation récente
- 🌐 Des relevés de fracturation de détail là où c'est possible
- 🌐 Des études de paléosismologie, le cas échéant
- 🌐 La participation à des forages sur les failles actives présumées
- 🌐 La participation à des campagnes océanographiques

Dans le cadre de sa thèse sous la supervision du professeur Hans Havenith de l'Université de Liège, Sophia Ulysse applique en partie

les outils sus mentionnés sur la zone de Gros Morne de la région métropolitaine de Port-au-Prince, centrée sur la colline de l'Hôtel Montana à Pétion-ville.



Localisation du site de Gros Morne, Commune de Pétion-Ville

Projets de recherche

Les membres de l'URGéo participent également à des recherches ou à des montages de projet en géosciences en partenariat avec d'autres universités :

- 🌐 Trans Haïti – 2013-2016 (UPMC (France) – BME – UEH (URGéo : Kelly Guerrier – Sophia Ulysse)) : Imagerie de la structure profonde de l'île d'Hispaniola. Implantation de stations sismologiques sur une transversale Sud Nord de l'île (Jacmel – Caracol) enregistrant des secousses sismiques générées en mer par un navire océanographique – Travaux de dépouillement et exploitation des données en cours.
- 🌐 Haïti Failles – 2014-2016 (IFPEN (France) – BME – UEH (URGéo : Dominique Boisson – Roberte Momplaisir – Sophia Ulysse)) : Acquisition de données de terrain autour des failles principales EPGF, faille septentrionale et chevauchements des chaînes transhaïtiennes. Ces données concernent des aspects, structuraux, géochimiques et sédimentologiques. Surveillance d'une année correspondant à l'acquisition régulière de prélèvements géochimiques et d'observations des modifications structurales sur des sites sélectionnés.
- 🌐 Caractérisation des crues et de la charge sédimentaire de rivières haïtiennes en vue d'une gestion intégrée des bassins-versants – 2014-2018 (UCL – ULB – UEH (FAMV + URGéo

(en support)) : Développement d'un modèle d'écoulement transitoire avec charge sédimentaire adapté au contexte haïtien. Elaboration d'une méthode de mesure de la charge sédimentaire en suspension. Accroissement de l'efficacité et appropriation des outils et méthodes développés par les décisionnaires haïtiens impliqués dans la gestion des crues et des bassins versants.

- 🌐 Campagne océanographique Nord-Caraïbe (University of Rhode Island, URGéo (Kelly Guerrier)), Aout 2014 : *Exploration de deux linéaments profonds du Nord de la Caraïbe, le Passage du Vent et le Canal de la Jamaïque, contrôlés par deux failles actives majeures, la faille septentrionale et la faille d'Enriquillo – Plantain Garden*. Données bathymétriques (E/V *Nautilus*) et observations directes (ROV *Hercules*) par une équipe de chercheurs internationaux (U. Rhode Island, U. Yale, UEH (URGéo), NOAA/PMEL, U. Maine, U. Durham)
- 🌐 Renforcement des sols argileux par des fibres naturelles locales (UCL – UEH (URGéo : Bourse ELAN Kelly Guerrier)), 2015 : Inventaire des types de fibres existantes en Haïti potentiellement utilisables dans le renforcement des sols. Cartographie des sols les plus communément utilisés en Haïti dans la construction (Haïti). Échantillonnage et caractérisation géotechnique des 2 types de sols qui seront utilisés dans la recherche. Essais mécaniques sur les fibres. Essais de caractérisation géotechnique des sols et essais mécaniques pour décrire le comportement en contrainte/déformation des sols à l'état naturel c'est-à-dire sans renforcement. Préparation des échantillons de sols renforcés avec les fibres. Essais mécaniques sur les sols renforcés avec les fibres naturelles pour étudier leur comportement en contrainte-déformation. Essais de cisaillement direct et triaxial.
- 🌐 Interactions entre les structures transpressives sur la frontière entre la Plaque Nord-Américaine et la Plaque Caraïbe (University of Rhode Island – (URGéo : Kelly Guerrier, Dominique Boisson, Sophia Ulysse)), financement demandé à NSF). Imagerie des structures transpressives en dessous du Lac

Azueï (prof. < 35 m). Caractérisation de leurs relations sur le terrain. Analyse de la stratigraphie des dépôts holocènes et de la Tectonique récente. Utilisation à cet effet d'un équipement géophysique de haute résolution déployé sur un petit bateau sur le Lac Azueï.

- ④ Étude des lois d'atténuation sismique dans les alluvions de la zone de Ganthier : application à l'élaboration d'un plan de prévention de risques (Projet Jeune Equipe IRD : UEH-URGéo (Sadrac St. Fleur – Sophia Ulysse, Berthoumieux Jean) – UNS (Géoazur) – UCL – Ulg), soumis à IRD 2015. Cartographie des caractéristiques géotechniques et sismiques du sous-sol de Ganthier comme outil d'aide à la décision pour l'urbanisation de la zone de Ganthier, la gestion des risques sismiques et dans le calcul parasismique des ouvrages de génie civil. Renforcement humain et renforcement matériel de l'URGéo.
- ④ Projet Gravimétrie (Université du Luxembourg – Faculté des Sciences (URGéo) – GNIGS), début prévu 2016 : Surveillance des déformations du sol haïtien en relation avec les mouvements tectoniques. Détermination des processus de déformation par comparaison du rapport des taux de variations des mouvements verticaux et de variations de la pesanteur. Surveillance des mouvements verticaux aux stations marégraphiques couplées avec des mesures GPS permanentes. Etablissement d'un réseau zéro come base de référence et de calibration pour toutes mesures de gravimétrie relatives à venir.
- ④ Projet Haiti Drill (IFPEN, France – URGéo (Dominique Boisson – Roberte Momplaisir)), projet soumis pour financement ICDP – IODP, 2015 – Documentation des conditions initiales associées à un segment bloqué le long de la terminaison d'un système de failles transformantes actives près de l'agglomération de Port-au-Prince, en creusant trois forages : deux directement sur la zone de la faille décrochante d'Enriquillo – Plantain Garden et l'autre sur le chevauchement frontal du système transpressif des failles transhaïtiennes.

Publications & Présentations, Conférences, Séminaires

Publications

Principales publications impliquant un ou plusieurs membres de l'URGéo :

BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, Kelly GUERRIER, JEAN Berthoumieux Junior, *Atlas Géotechnique de la zone Pétion-Ville Frères*. Projet PIC 2007, Editions de l'Université d'Etat d'Haïti 2011.

BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, JEAN Berthoumieux Junior, GUERRIER Kelly, *Pré faisabilité géotechnique et sismique sur le site du nouveau campus de l'UEH*. Projet Intérêts Créditeurs 2011, Unité de recherche en géotechnique (URGéo), Imprimerie Ciaco, Belgique, 2013.

CALAIS Eric, FREED Andrew, MATTIOLI Glen, AMELUNG Falk, JONSSON Sigurjón, JANSMA Pamela, DIXON Timothy, PREPETIT Claude, MOMPLAISIR Roberte, *The January 12, 2010, Mw 7.0 earthquake in Haiti: context and mechanism from an integrated geodetic survey*, American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, abstract #U11A-01

CALAIS Eric, FREED Andrew, MATTIOLI Glen, AMELUNG Falk, JONSSON Sigurjón, JANSMA Pamela, DIXON SA-HOON Hong, Timothy, PREPETIT Claude, MOMPLAISIR Roberte, *Transpressional rupture of an unmapped fault during the 2010 Haiti earthquake*, Nature Geoscience 3, 794-799 (2010).

- ELLOUZ ZIMMERMAN Nadine, FRERY Emmanuelle, LEROY Sylvie, MERCIER DE LÉPINAY Bernard, MOMPLAISIR R. *Deep Fault connection characterization from combined field and geochemical methodology; examples from Green River and Haiti fault systems*, American Geophysical Union, Fall Meeting 2011, abstract #T51B-2337.
- GUERRIER Kelly, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SHROEDER Christian, *Étude du gonflement d'échantillons de marnes de la formation géologique « Morne Delmas » en Haïti*. Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2014 – Beauvais 8-10 juillet 2014.
- GUERRIER Kelly, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SHROEDER Christian, *Study of the swelling properties of samples of marl of the "Morne Delmas" geological formation using indirect and direct methods. Some effects of sewage on these properties*. Société canadienne de géotechnique, SCG, GeoRegina 2014, Canada, Paper 119, 8p.
- GUERRIER Kelly, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SHROEDER Christian, *A rheological approach to the mechanical behavior of some marls samples in Haiti*. Société canadienne de Géotechnique, SCG, GeoQuebec 2015, Canada, Paper 593, 7p.
- JEAN Berthoumieux Junior, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SCHROEDER Christian, *Influence de la succion dans le sol sur la stabilité des talus : glissement de Kenscoff-Mahotièrè (Haïti)*. Société canadienne de géotechnique, SCG, GéoMontréal 2013, Canada, Paper 503, 8p.
- JEAN Berthoumieux Junior, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SCHROEDER Christian, *Description des caractéristiques géologiques et géophysiques des sols de Kenscoff-Mahotièrè (Haïti)*. Société canadienne de géotechnique, SCG, GéoMontréal 2013, Canada, Paper 497, 9p.
- JEAN Berthoumieux Junior, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SCHROEDER Christian, *Evaluation des risques de liquéfaction sur le site de Damien (Haïti)*. Société canadienne de géotechnique, SCG, GéoMontréal 2013, Canada, Paper 494, 8p.

- JEAN Berthoumieux Junior, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SCHROEDER Christian, *Risk evaluation of liquefaction on the site of Damien (Haiti)*. 46^e Congrès Annuel de American Geophysical Union (AGU 2013), Moscone Convention Center, San Francisco, USA, Poster 2354, 9-13 décembre 2013.
- JEAN Berthoumieux Junior, ST-FLEUR Sadrac, *Applications des méthodes de rapports spectraux dans l'estimation des effets de site : cas de Damien (Haïti)*. Société canadienne de géotechnique, SCG, GeoRegina 2014, Canada, Paper 188, 8p.
- JEAN Berthoumieux Junior, ST-FLEUR Sadrac, *Comparaison expérimentale des méthodes MASW et H/V bruit de fond dans l'estimation des effets de site lithologique dans le bassin de Damien*, Société canadienne de Géotechnique, SCG, GéoQuebec 2015, Canada, Paper 567, 9p.
- JEAN Berthoumieux Junior, ST-FLEUR Sadrac, BOISSON Dominique, THIMUS Jean-François, SHROEDER Christian, *Influence de la cohésion apparente des pentes à Vivy Mitchell*, Société canadienne de Géotechnique, SCG, GeoQuebec 2015, Canada, Paper xxx, 9p.
- ST-FLEUR S., BERTRAND E., COURBOULEX F., DESCHAMPS A., MERCIER DE LEPINAY B., PREPETIT C. et HOUGH S., *Strong ground motion simulations in Port-au-Prince (Haiti)*, IASPEI meeting, 22-26 July, Gothenburg (Sweden), 2013.
- ST-FLEUR S., COURBOULEX F., BERTRAND E., DESCHAMPS A., MERCIER DE LEPINAY B., PREPETIT C. et HOUGH S., *Site effects in the city of Port au Prince (Haiti) : A combined use of spectral ratio methods and empirical Greens functions simulations*, American Geophysical Union (AGU), AGU Fall Meeting, 9-13 December, San Francisco (USA), 2013.
- ST-FLEUR S., COURBOULEX F., BERTRAND E., DESCHAMPS A., MERCIER DE LEPINAY B., PREPETIT C. et HOUGH S., *Poster - A combined source and site-effect study of ground motions generated by an earthquake in Port-au-Prince (Haiti)*, European Geosciences Union (EGU) General Assembly, April 07-12th, Vienne (Autriche), 2013.

Présentation, Séminaires et Conférences

Principales manifestations auxquelles des membres de l'URGé ont participé entre 2013 et 2015 :

Titre de l'événement	Type	Commun-ication ?	Lieu	Dates	Participants URGé
New Frontier in Geophysical Research : Bringing new tools and techniques to bear on earthquake hazard analysis and mitigation	Séminaire	Non	Santo Domingo – République Dominicaine	15-25 juillet 2013	Berthoumieux Jean et Sadrac St-Fleur
International Training Course on Seismology, Seismic Data Analysis, Hazard Assessment and Risk Mitigation	Séminaire	Non	Postdam - Allemagne	12 août – 6 sept. 2013	Sophia Ulysse
Colloque de clôture du Programme de coopération UEH-CUD	Conférence	Oui	Limonade - Haïti	14-18 janvier 2013	Dominique Boisson, Kelly Guerrier et Berthoumieux Jean
E2Tech Technology Conference	Conférence	Oui	Port-au-Prince Haïti	4 juin 2013	Sadrac St-Fleur
Réunion Annuelle de la Société Géotechnique Canadienne – GeoMontreal	Conférence	Oui	Montréal - Canada	29 septembre – 3 octobre 2013	Berthoumieux Jean
American Geophysical Union Fall Meeting (AGU)	Conférence	Poster	San Francisco Californie	9-13 décembre 2013	Berthoumieux Jean et Sadrac St-Fleur
Premier Colloque de l'Association de génie parasismique d'Haïti sur la réduction du risque sismique	Conférence	Oui	Port-au-Prince - Haïti	12 janvier 2014	Kelly Guerrier et Berthoumieux Jean
Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2014 – Beauvais 8-10 juillet 2014.	Conférence	Oui	Beauvais, France	8-10 juillet 2015	Kelly Guerrier
Réunion Annuelle de la Société Géotechnique Canadienne – GeoRegina	Conférence	Oui	Regina - Canada	27 – 30 septembre 2014	Kelly Guerrier et Berthoumieux Jean
American Geophysical Union Fall Meeting (AGU)	Conférence	Oui	San Francisco Californie	12 – 19 décembre 2011	Berthoumieux Jean et Sadrac St-Fleur
Journées scientifiques – Université Fondation Aristide	Conférence	Oui	Port-au-Prince - Haïti		Sadrac St-Fleur
Réunion Annuelle de la Société Géotechnique Canadienne – GeoQuebec	Conférence	Oui	Quebec - Canada	20 – 23 septembre 2015	Berthoumieux Jean, Kelly Guerrier et Sadrac St-Fleur

Outils & Essais

Au fil des projets réalisés en partenariat avec les Universités franco-phones belges et avec le financement de l'agence de coopération universitaire belges, l'URGéo dispose d'un ensemble d'équipements spécialisés qu'elle utilise tant pour ses activités de formation et de recherche que pour les services fournis à la communauté.

Méthodes de prospection sismique

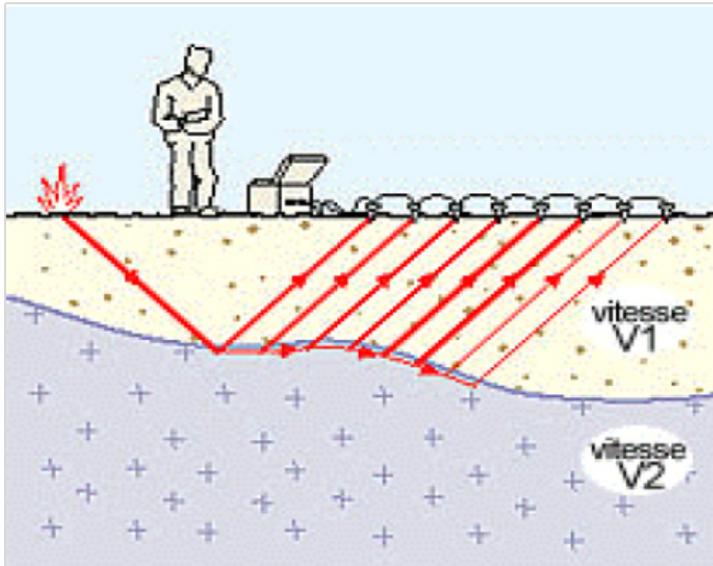
SISMIQUE RÉFRACTION

Les profils sismiques apportent des informations sur les deux ou trois premières couches de sol, avec la vitesse de propagation des ondes sismiques et l'épaisseur des couches. Ils peuvent aussi prédire la vitesse des ondes de cisaillement à 30 mètres de profondeur (V_{s30}) utilisées dans la conception des structures contre le risque sismique (IBC Code).

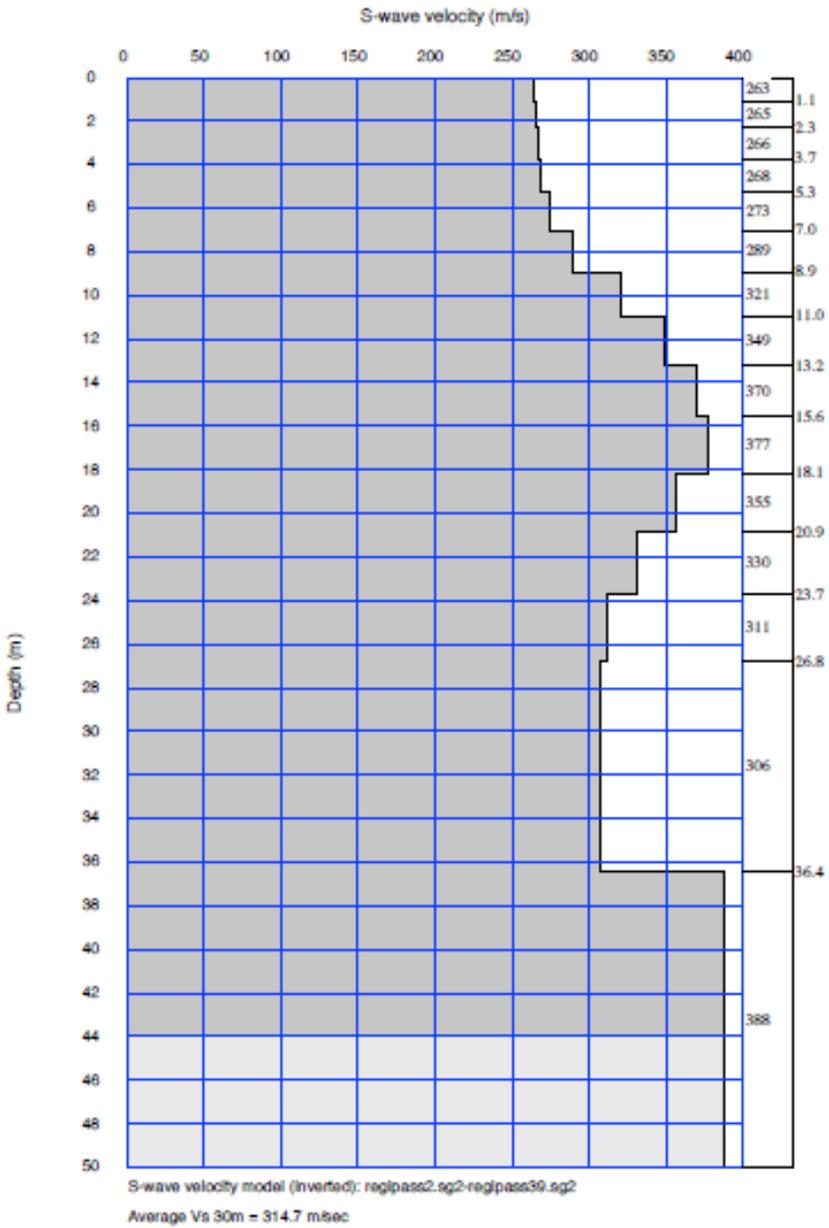
MULTI-CHANNEL ANALYSIS SEISMIC WAVES (MASW)

La méthode des ondes de surface repose sur l'étude des ondes de Rayleigh (ondes de surface) et de leurs propriétés dispersives. L'étude du mode fondamental permet de caractériser le sol étudié. Il est ainsi possible de reconstruire le profil vertical des vitesses des ondes de surface du milieu étudié.

Une onde est générée artificiellement à l'aide d'une masse. La mesure du temps d'arrivée des ondes réfractées est alors enregistrée à partir de capteurs (géophones) plantés ou posés à même le sol de façon linéaire et présentant un écartement connu.



Dispositifs et équipements (DAQ Link)



Exemple de profil V_{s30}

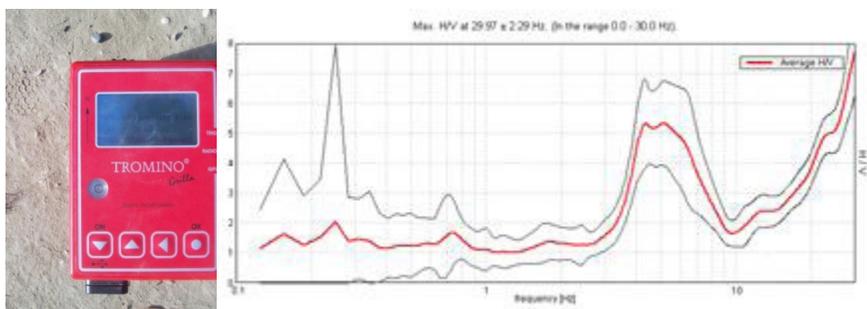
Méthode sismique H/V (enregistrement passif)

La méthode permet, à partir de l'enregistrement de bruit de fond, de calculer la relation spectrale entre les composantes horizontales et verticale des ondes : c'est la méthode H/V.

Le dispositif expérimental consiste en un TROMINO (système d'acquisition portatif ultraléger pour le bruit et la vibration sismique).

La méthode se base sur une fonction de pseudo-transfert utilisant le bruit de fond pour surmonter l'effet de source, c'est à dire, en divisant le spectre de la composante horizontale par celui de la composante verticale (d'où la désignation H/V). Ce rapport donne avec une bonne précision la fréquence fondamentale de résonance du site (ou fréquence), mais aussi l'amplification spectrale relative qui dépend en partie du mode de traitement du signal.

En dernier lieu, les mesures H/V permettent d'évaluer la fréquence propre des sols.



Tromino et enregistrement passif

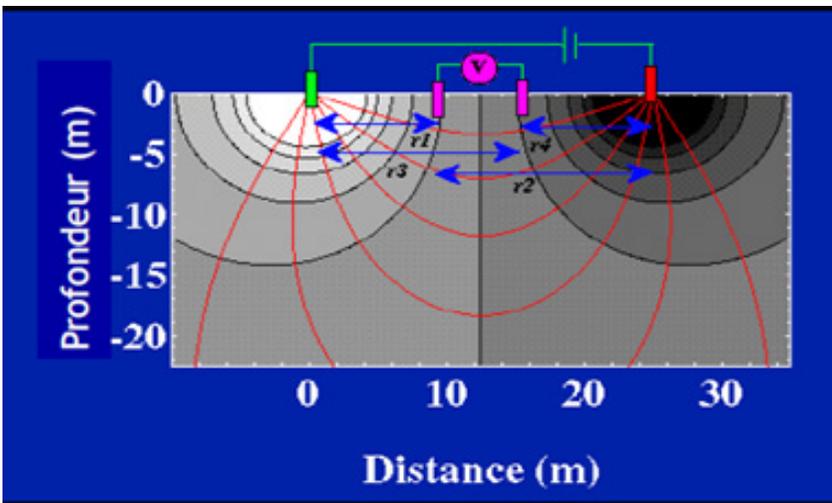
Méthode électrique

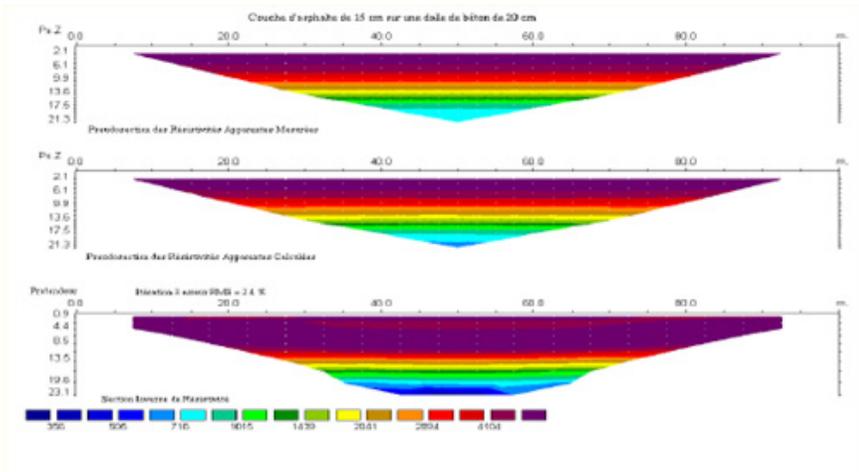
Elle se base sur la Loi d'Ohm et consiste à mesurer les potentiels induits par l'injection dans le sol d'un courant continu à partir d'électrodes en métal plantées en surface. Une représentation spécifique des méthodes électriques est l'image tomographique de la résistivité (réelle) de la Terre dans un plan vertical (2D) ou dans un volume de sol (3D).

Elle sert entre autres choses à déterminer la position de la nappe phréatique et la présence de niveaux argileux.



Terrameter SAS 4000
 Système de panneaux électrique *LUND*
 Batterie de voiture



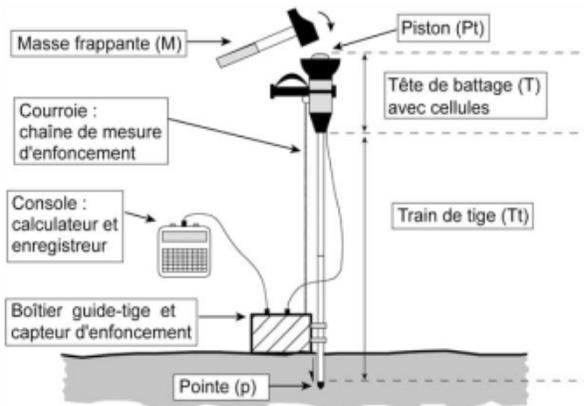


Sondage électrique et Tomographie électrique

Pénétromètre dynamique

L'essai consiste dans l'insertion à la profondeur souhaitée de barres de perforation terminées par une pointe. Les barres sont insérées avec un marteau et le Panda mesure la variation de l'énergie de perforation et la profondeur et, calcule immédiatement la résistance dynamique de pointe du sol. Ces données, visibles et emmagasinés dans la Mémoire, sont envoyées pour traitement au module de calcul du Panda.

Les données du Panda permettent une première évaluation de la contrainte admissible pour la conception des fondations.

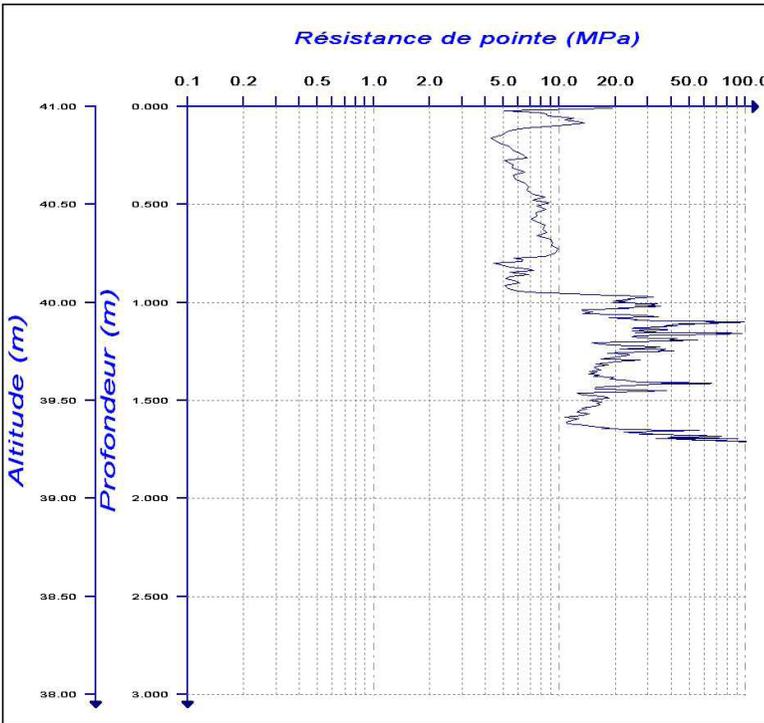




Essai au Pénétrömètre dynamique (Panda)

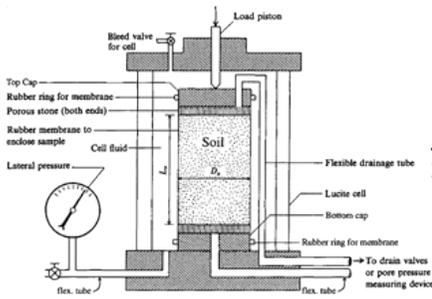
**Reconnaissance de sol au pénétromètre
dynamique à énergie variable**

Document : D:\Documents and Settings\JeamAdmin\Desktop\santo\santo2.pd2			
Site : SANTO			
Sondage : P-02			
Cote : 41.00 m	Prof. pré-forage : 0.000 m	Section : 2 cm ²	Prof. nappe : Indéterminée
Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 12/02/2012	Heure : 10:11:00
Opérateur : Berthoumieux		Organisme : Faculté des Sciences (UEH)	
Commentaires :			

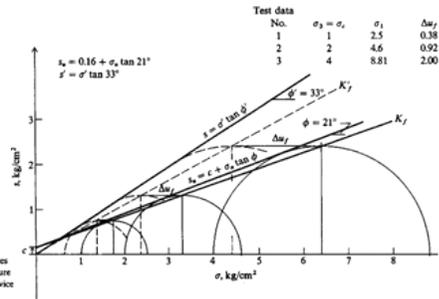


Essai triaxial sur échantillon intact

L'essai triaxial est un essai de compression axiale d'un échantillon cylindrique soumis à une pression hydrostatique de confinement le plus souvent constante. La compression axiale est augmentée progressivement jusqu'à la rupture de l'éprouvette. La détermination du critère de rupture nécessite de réaliser plusieurs essais triaxiaux avec des valeurs de contraintes de confinement croissantes. On peut ainsi caractériser l'état de rupture par une courbe, la courbe intrinsèque de l'échantillon étudié, exprimant la résistance limite au cisaillement τ en fonction de la contrainte normale σ au moment de la rupture. De la courbe intrinsèque, on déduit les caractéristiques mécaniques du sol : angle de frottement interne et cohésion.



(a) Schéma de principe d'une cellule triaxiale (d'après Bowles, 1995).



(b) Exemple de courbe intrinsèque construite à partir de trois essais triaxiaux ; critère de Mohr-Coulomb (ibidem).

Schéma de principe d'une cellule triaxiale et exemple de courbe intrinsèque.

Cet essai a l'avantage de permettre de contrôler et de mesurer la pression interstitielle, d'appliquer une gamme de pression de confinement (isotrope ou anisotrope) pour consolider initialement l'échantillon à un état prédéfini.

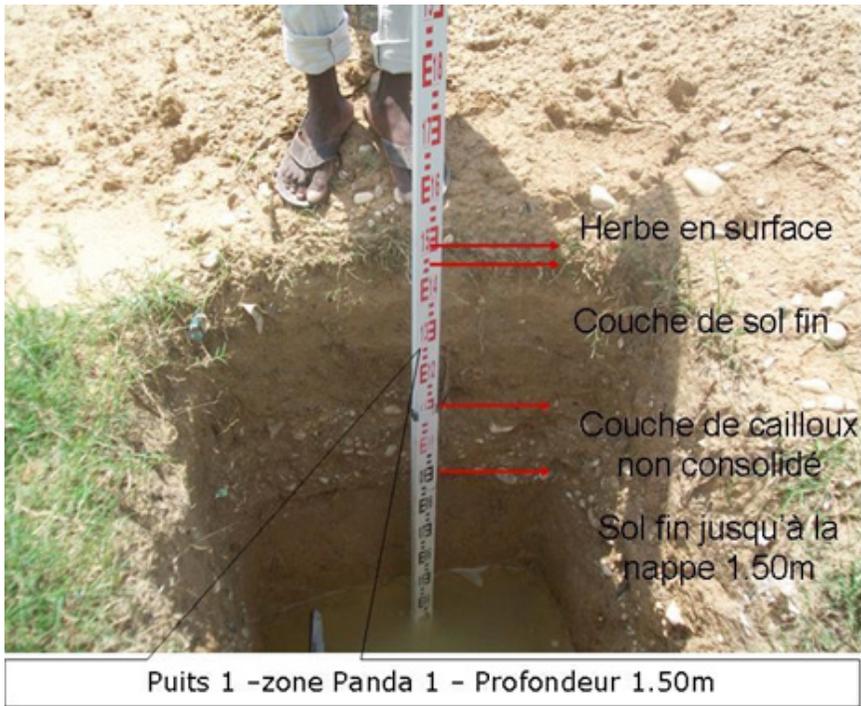
L'appareil triaxial de l'URGéo



Puits manuels

Le forage de puits manuels est utile pour une observation visuelle des couches traversées et leur description. Il permet également des prélèvements d'échantillons de sol pour analyse. Enfin, dans certains cas on peut effectuer des essais au pénétromètre de fond de trou utiles pour une investigation plus profonde.

Le forage de puits manuels n'est possible qu'en présence de couches géologiques non rocheuses.



Exemple de puits manuel

Sondages géotechniques

L'URGéo dispose d'une foreuse portable DANDO TERRIER destinée à l'échantillonnage et aux tests géotechniques. C'est une machine versatile qui peut aussi être utilisée dans différents secteurs de l'industrie.

On peut l'utiliser tant pour des forages rotatifs carottés que pour des forages destructifs à percussion.

Sa profondeur d'investigation maximale est de 15 mètres.

Diamètre tube	Taille échantillon
131mm	114mm
116mm	100mm
101mm	85mm
86mm	73mm
76mm	63mm
66mm	53mm

Dimensions de la foreuse portable de l'URGéo

Longueur : 2,70 m

Largeur : 0,80 m

Hauteur : 1,50 m

Poids : 1300 kg



Foreuse portable de l'URGéo sans mât déployé

Études

De janvier 2012 à décembre 2015, l'équipe de l'URGéo a complété trente sept (37) études géotechniques et géophysiques pour répondre à des demandes de la communauté.

Titre de l'étude	Date	Ressources URGéo
Reconnaissance géotechnique « Clinique Santé pour Tous » de Delmas 91	31/01/12	Kelly Guerrier
Immeubles Résidentiels à Santo 19 - Rapport d'étude géotechnique et géophysique	12/02/12	Kelly Guerrier
Rapport géotechnique pour la construction d'un Immeuble à Santo	09/07/12	Kelly Guerrier (W. Appolon)
Résultats de campagne d'essais géotechniques	30/09/12	Kelly Guerrier
Résultats de campagne d'essais géotechniques pour la construction d'une résidence à Pernier	11/11/12	Kelly Guerrier
Rapport de campagne d'essais géotechniques et géophysiques pour la construction d'un bâtiment résidentiel à 2 niveaux à Laboule 19	22/11/12	Kelly Guerrier
Résultats de campagne d'essais géotechniques pour la construction de l'hôtel de ville de Cabaret	23/11/12	Kelly Guerrier
Résultats de campagne d'essais géotechniques pour la construction de l'église Sainte-Rose de Lima de Léogâne	10/12/12	Kelly Guerrier
Construction d'un bâtiment administratif à Jacmel – Rapport Géotechnique	08/03/13	Karl Henry Victor
Résultats de campagne d'essais géotechniques pour la construction de l'École Professionnelle Mark Gallagher (Rue Brochette 95, Rivière Froide, Carrefour)	08/04/13	Kelly Guerrier
Résultats de la campagne d'essais géophysiques dans le cadre du réaménagement de l'École Nationale des Arts	24/04/13	Kelly Guerrier
Résultats de la campagne d'essais géotechniques et géophysiques pour la construction de résidences à Pèlerin 9	28/04/13	Kelly Guerrier
Construction d'un noviciat à Hinche – Rapport d'étude géotechnique	29/04/13	Karl Henry Victor

Titre de l'étude	Date	Ressources URGéo
Construction de l'Annexe du Ministère de l'Économie et des Finances (MEF) à Hinche	13/05/13	Karl Henry Victor
Rapport d'études géotechniques pour la construction du siège de la CNEH à Juvénat – Pétiou-Ville	03/08/13	Karl Henry Victor et Sophia Ulysse
Construction d'un hôpital communautaire à Vialet, localité de Petit-Goâve – Rapport d'étude géotechnique	19/08/13	Karl Henry Victor et Sophia Ulysse
Rapport d'étude de profils géophysiques électriques à l'île-à-vache	27/08/13	Sadrac St-Fleur
Immeuble Résidentiel à Bourdon Rapport d'étude géotechnique et géophysique	27/11/13	Dominique Boisson (J. Claude et V Dorival)
Rapport de prospection géophysique pour la construction d'un bâtiment au Cap Haïtien	17/12/13	Karl Henry Victor (J. Claude et V Dorival)
Construction à l'Hopital Bernard Mevs – Rapport d'étude géotechnique	9/01/14	J. Claude et V. Dorival
<i>Geotechnical and Geophysical Survey of Saut d'Eau Public Secondary School</i>	10/09/14	Karl Henry Victor – Sophia Ulysse
Etude de résistivité pour l'implantation d'une usine électrique à Port-au-Prince	8/09/14	Sophia Ulysse
Etude géophysique d'un banc d'emprunt à Petit Trou de Nippes	05/11/14	Sophia Ulysse
Immeuble résidentiel au Cap Haïtien – Rapport d'étude géophysique	14/01/15	Valmy Dorival
Construction d'un centre de santé à Gressier – Reconnaissance géotechnique.	14/03/15	Kelly Guerrier
<i>Complementary Report thirteen schools in Centre and Artibonite Departments</i>	23/3/15	Karl Henry Victor
Dix Essais triaxiaux provenant de forages géotechniques à Varreux	27/07/15	Karl Henry Victor
Etude géotechnique d'un site de construction d'une école primaire à Cabaret	15/7/15	Sophia Ulysse
Etude environnementale pour le suivi de la pollution par les hydrocarbures du terminal pétrolier de Varreux	22/7/15	Kelly Guerrier
Etude géotechnique du site de construction d'une maternité à Maïssade	23/7/15	Karl Henry Victor
Etude géotechnique du site de construction d'un orphelinat à Clercine	28/7/15	Sadrac St Fleur
Etude géotechnique du site de construction d'une résidence à Thomassin 32	7/8/15	Sadrac St Fleur
Réalisation de profils électriques à la CINA (Fond Mombin)	17/8/15	Sadrac St Fleur
Etude géotechnique du site de construction d'une borne GPS à Hinche	19/10/15	Sophia Ulysse
Etude géotechnique du site de construction d'un bureau à Quartier Morin	20/10/15	Karl Henry Victor
Réalisation d'un profil Vs30 à Thomassin 32	11/11/15	Sophia Ulysse
Réalisation de profils électriques pour la construction d'une ligne électrique au droit de la Rivière Grise	20/11/15	Kelly Guerrier

Glossaire des sigles

ARES-CCD :	Académie de recherche et d'enseignement supérieur- Commission de la coopération au développement, Belgique
BME :	Bureau des mines et de l'énergie d'Haïti
CNIGS :	Centre national de l'information géo-spatiale, Haïti
CUD :	Coopération universitaire au développement, Belgique
ENS :	Ecole normale supérieure, Paris, France
FAMV :	Faculté d'agronomie et de médecine vétérinaire de l'Université d'état d'Haïti
FDS :	Faculté des sciences de l'université d'état d'Haïti
ICDP :	International Continental Drilling Program
IFPEN :	Institut français du pétrole – Énergies nouvelles, France
IODP :	International Ocean Drilling Program
LNBTP :	Laboratoire national du bâtiment et des travaux publics
UCL :	Université catholique de Louvain, Belgique
UEH :	Université d'état d'Haïti
ULg :	Université de Liège, Belgique
UNS :	Université de Nice Sophia Antipolis
UPMC :	Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France
URGéo :	Unité de recherche en géosciences
UTS :	Unité technique de sismologie du bureau des mines et de l'énergie, Haïti

