

MARINE PALEOSEISMOLOGY IN THE WESTERN GULF OF CORINTH (GREECE) FOR THE LAST 500 YEARS

Arnaud BECKERS^(1,2,3,@), Clément MORTIER⁽¹⁾, Christian BECK⁽²⁾, Aurélie HUBERT-FERRARI⁽¹⁾, Jean-Louis REYSS⁽⁴⁾, Christian CROUZET⁽²⁾, Dimitris SAKELLARIOU⁽⁵⁾, Marc DE BATIST⁽⁶⁾, and Anne-Lise DEVELLE⁽⁷⁾

(1) Dpt. of Physical Geography and Quaternary, University of Liège, B-4000 Liège, Belgium.

(2) ISTERre, CNRS UMR 5275, University of Savoie, F-73376 Le Bourget du Lac, France.

(3) FRIA, Brussels, Belgium.

(4) LSCE, CNRS UMR 8212, avenue de la Terrasse, 91198, F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

(5) Institute of Oceanography, Hellenic Center of Marine Research, GR-19013 Anavysos, Greece.

(6) Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, B-9000 Gent, Belgium.

(7) EDYTEM, UMR CNRS University of Savoie, F-73376 Le Bourget du Lac, France.

(@) abeckers@ulg.ac.be

Related to the Gulf of Corinth rifting, five earthquakes of magnitude greater than 5.8 occurred in the last 35 years. Consequently, the question of earthquake (EQ) hazard is particularly relevant. Onland, paleoseismological data are scarce and offshore data were absent before the present study. We investigated recent sediments bounding three well-defined major seismogenic faults. We retrieved 12 gravity cores from 50 to 85 cm long in three distinct sites: the southern shelf (40 to 50 m deep), a 180 m deep sub-basin, and a transect from the southern coast to the center of the gulf. We performed grain size analysis, magnetic susceptibility, loss on ignition and geochemical (X-Ray Fluorescence) measurements on cores from each site. We sought to identify layers potentially attributed to EQ-related processes like liquefaction and tsunamis for the sites on the shelves or mass transport and turbidity currents for the basins. Chronology is based on ¹³⁷Cs (Atmospheric Nuclear Experiments) and ²¹⁰Pb decay. Considering sedimentation rates estimates in these areas, the longer cores record about 500 years of sedimentary archives. On the southern shelf, 3 coarser layers have been identified at identical depth in 3 cores. ²¹⁰Pb decay show erosion just under the first event that we attributed to the 1995 tsunami (backwash flow deposit). In the 180m deep sub-basin, among 3 clear grain-size peaks, two have been attributed to the 1817 Aegion EQ and the 1660 Galaxidi EQ. In last site, 10 “events” (grain-size and Zr/Rb peaks) have been identified in the deepest part of the transect 4 on the shelf. Their analysis is in progress, as well as paleomagnetic measurements.

Assessing the influence of crop management strategies on the distribution of soil water content by ERT

Authors: Marie Chélin, Sarah Garré

Contacts: mchelin@ulg.ac.be, sarah.garre@ulg.ac.be

Adresse : Service Agriculture is life, Université Agro-Bio Tech, 2, passage des Déportés, B-5030 Gembloux, Belgique

Amongst other functions, cover crops are known to increase the stability of the soil structure. Commonly, their suppression is realized by using conventional tillage, but that it has been demonstrated to damage the soil structure, which directly impacts the soil water content distribution and dynamics.

The proposed alternatives vary in terms of date, depth and type of tillage. As the soil water content is a major factor in agriculture, it is essential to better understand the influence of the cover crop management on its spatio-temporal distribution. Recent studies demonstrated the relevancy of the electrical resistivity tomography (ERT) to estimate the three-dimensional soil water content distribution. However, only a few of them were performed under field conditions. This study aims at (i) validating the use of the ERT method to estimate the soil water content distribution under field conditions (ii) quantifying the influence of cover crop management on the dynamic of soil water content along the growing season of a maize crop and on Belgian soil types. Three types of cover crop management content will be daily monitored: strip tillage, spring tillage and winter tillage. In order to assess the impact of plants on the soil water distribution, an additional plot will be burned after winter tillage. ERT will be used on a surface of 2 m² for each cover crop management. The validation of the average soil water content will be attended by using Time Domain Reflectrometers (TDR), suction cups. The water stock obtained by ERT will be validated by using data from a weather station for the estimation of the evapotranspiration and rainfall and minirhizotrons for the assessment of the root water uptake.

Le Silurien-Dévonien du Sahara Oriental Algérien (Bassin de Berkine et Tassili n'Ajjer) : depuis la caractérisation de faciès jusqu'à la modélisation 2D/3D d'un réservoir non-conventionnel.

Étude de la série des argiles, des réservoirs et des niveaux carbonatés pour les projets
«Shale Gas»

Laboratoire de Pétrologie sédimentaire / Département de Géologie.
Bâtiment B20, Sart Tilman, B-4000 Liège, Belgique.

Doctorant :

- Hocine Djouder (ULg/ Belgique) hocine.djouder@doct.ulg.ac.be

Directeurs de thèse :

- Pr. Frédéric Boulvain (ULg/ Belgique) fboulvain@ulg.ac.be

Co- dirigée par :

- Pr. Rachid Aït-Ouali (USTHB/ Algérie) ait_oualirachid@hotmail.com

Cette étude s'inscrit dans la thématique des projets Silurien-Dévonien Profond, sur la caractérisation des formations argileuses (source rock), des réservoirs gréseux conventionnels et non-conventionnels ainsi que de la matrice carbonatée, en partenariat institutionnel et industriel.

Situé dans le Sud-Est algérien, à la limite des frontières algéro-tunisienne et libyenne, le Bassin de Berkine est un bassin *intracratonique* qui s'étend sur près de 102 000 km². Au Paléozoïque inférieur, cette étendue était le siège d'une sédimentation silicoclastique puissante.

Cette étude est focalisée sur le Silurien et le Dévonien. En effet, le Bassin de Berkine renferme des réservoirs potentiels : alternances argilo-gréseuses (AAG) du Silurien sommital et grès massifs du Lochkovien-Praguien et Emsien. Il renferme également des roches-mères, telles que les argiles radioactives ('hot') shales du Silurien, qui sont à l'origine de 80 à 90% des hydrocarbures et les argiles radioactives du Frasnien (source secondaire) avec des valeurs de TOC allant jusqu'à 14%.

Au total 146 puits et une dizaine de carottes ont fait l'objet d'une analyse de faciès/électrofaciès et de stratigraphie séquentielle « Stacking Patterns » de haute résolution. Ceci a pour but de caractériser les séquences de dépôts et leurs environnements respectifs, puis de prédire la géométrie-cartographie des corps sédimentaires. Au final, de caractériser les propriétés pétrophysiques des « Plays » jugées potentielles.

Cinq séquences principales sont mises en évidence pour le Silurien, dans le secteur de Menzel Lejmat et le Sillon de Marfag du Bassin de Berkine, à travers les puits MLEP-1 & BRD-5.

Les séquences **Si-1** et **Si-2** sont datées du Llandoveryen. Au cours de cette période, le bassin était le siège d'une importante sédimentation argileuse de ('hot') shales et d'argiles à

graptolites de 500 à 650 m d'épaisseur. Ces faciès argileux de plate-forme externe profonde passent au sommet à des faciès carbonatés très vite surmontés par des sédiments gréseux (séquences **Si-3**, **Si-4** et **Si-5**) initiateurs d'un contexte deltaïque progradant du Sud vers le Nord.

Au Dévonien six unités, majoritairement gréso-carbonatées ont été décelées.

Les Grès massifs de Tadrart 'Unité **b**' d'un prisme de bas niveau (LST) d'âge Lochkovien, sont constitués de dépôts fluviatiles. Ils sont surmontés par des sédiments ferrugineux de l'Unité **c**' (TST).

L'Unité **d**' correspond au Praguien, suivi de la formation emsienne 'Unité **e**' (HST) à grès massifs de type fluviatile-estuarien et qui sont notamment caractérisés par des minéraux authigènes, tels que la chamosite. Ces revêtements chloriteux des grains préserve la porosité mais réduisent la perméabilité et contribuent à la destruction des propriétés pétrophysiques de ces réservoirs.

L'Unité **f**' (Eifélien-Givétien) atteint environ 110 m d'épaisseur, avec un Givétien qui est essentiellement carbonaté. Au final, on observe l'installation définitive, en discordance, des argiles radioactives ('Unité **g**') d'âge Frasnien-Fammenien.

L'originalité de la poursuite de cette étude consistera à coupler plusieurs techniques de caractérisation, afin de répondre aux multiples problématiques à la fois scientifiques et industrielles.

Parmi les méthodes prévues pour cette étude, on retrouvera la spectrométrie DRX, la microspectrométrie InfraRouge (FTIR) ainsi que la pyrolyse Rock-Eval pour la caractérisation fine des assemblages argileux.

L'étude minéralogique des faciès/microfaciès gréseux et carbonatés en microscopie (optique, MEB) et cathodoluminescence sera aussi entreprise afin de contraindre au mieux l'évolution diagénétique des réservoirs, de même que la quantification de la porosité par la méthode (¹⁴C-PMMA).

Les inclusions fluides seront d'un grand apport pour comprendre l'histoire thermique du Bassin de Berkine ainsi que la relation avec les migrations primaires des hydrocarbures.

L'ensemble de ces données seront exploitées dans le modèle 3D réservoirs, qui sera construit à l'aide du logiciel de l'industrie pétrolière Petrel©.

Mots clés : Bassin de Berkine, Siluro-Dévonien, Tassili n'Ajjer, Hot Shales, Shales Gas, Stratigraphie séquentielle, Diagenèse, Chlorite-Chamosite.

VADOSE ZONE STUDIES AT AN INDUSTRIAL CONTAMINATED SITE: THE VADOSE ZONE MONITORING SYSTEM AND CROSS-HOLE GEOPHYSICS

Natalia F. de Vera¹, Juan A. Pena¹, Pierre Jamin¹, Frédéric Nguyen¹, Ofer Dahan² and Serge Brouyère¹

¹Département ArGENCO, Geo³-Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement, Université de Liège, Belgium

²Zuckerberg Institute for Water Research, Ben-Gurion University of the Negev, Israel

In order to improve risk characterization and remediation measures for soil and groundwater contamination, there is a need to improve in situ vadose zone characterization. However, most available technologies have been developed in the context of agricultural soils. Such methodologies are not applicable at industrial sites, where soils and contamination differ in origin and composition. In addition, most technologies are applicable only in the first meters of soils, leaving deeper vadose zones with lack of information.

In order to overcome such difficulties, a vadose zone experiment has been setup at a former industrial site in Belgium. Industrial activities carried out on site left a legacy of soil and groundwater contamination in BTEX, PAH, cyanide and heavy metals. The experiment comprises the combination of two techniques: the Vadose Zone Monitoring System (VMS) and cross-hole geophysics.

The VMS allows continuous measurements of water content and temperature at different depths of the unsaturated zone. In addition, it provides the possibility of pore water sampling at different depths. The system is formed by a flexible sleeve containing monitoring units along its depth which is installed in a slanted borehole. The flexible sleeve contains three types of monitoring units: Time Domain Transmissometry (TDT), which allows water content measurements; Vadose Sampling Ports (VSP), used for collecting water samples coming from the matrix; the Fracture Samplers (FS), which are used for retrieving water samples from the fractures, in the unsaturated zone. Cross-hole geophysics techniques consist in the injection of an electrical current using electrodes installed in vertical boreholes. From measured potential differences, detailed spatial patterns about electrical properties of the subsurface can be inferred. Such spatial patterns are related with subsurface heterogeneities, water content and solute concentrations.

Two VMS were installed in two slanted boreholes on site, together with four vertical boreholes containing electrodes for geophysical measurements. Currently the site is being monitored under natural recharge conditions. Initial results show the reaction of the vadose zone to rainfall events, as well as chemical evolution of soil water with depth.

Utilisation de la géostatistique multi-points pour l'intégration de données de tomographie de résistivité électrique aux modèles hydrogéologiques

Hermans Thomas^{1,3}, Scheidt Céline², Caers Jef² and Nguyen Frédéric³

¹Aspirant F.R.S-FNRS

²Energy Resources Engineering Department, Stanford University

³Département ARGENCo, Géophysique appliquée, Université de Liège

La résolution de problèmes inverses est un challenge considérable en sciences de la terre, en raison du nombre important de paramètres à considérer (modèles multidimensionnels), de la non-linéarité des problèmes considérés et, en conséquence, du fait que le problème est mal posé et sa solution non-unique. La géostatistique est dès lors nécessaire pour spécifier les caractéristiques *a priori* des modèles, ou plus particulièrement, pour spécifier l'information qui contrôlera les caractéristiques spatiales des solutions du problème inverse.

Dans ce contexte, nous utilisons la géostatistique multi-points (MPS) pour construire des modèles d'hydrofacies prédéfinis (argile, sable et gravier) contraints par des données géologiques (données de forages) et géophysiques (données indirectes). Nous avons sélectionné la tomographie de résistivité électrique pour apporter de l'information spatialement distribuée indiquant la présence des différents faciès, vu la sensibilité de la méthode aux changements de lithologie et de porosité. La comparaison des paramètres géophysiques avec les observations directes en forage permet de déduire les probabilités conditionnelles d'observer un faciès en fonction de la résistivité électrique. Cela permet de construire des cartes de probabilité pour chacun des faciès pour contraindre les simulations stochastiques de l'aquifère alluvial étudié (aquifère de la Meuse).

Ensuite, nous utilisons la méthode de perturbation des probabilités (PPM) afin d'intégrer des données de hauteur piézométrique aux modèles générés par MPS. Cette méthode permet d'obtenir des modèles calibrés de l'aquifère. L'algorithme PPM recherche automatiquement les solutions vérifiant à la fois les données hydrogéologiques et les contraintes géostatistiques, qui sont résumées dans la training image (modèle conceptuel de l'hétérogénéité de l'aquifère). Seules les caractéristiques géométriques du modèle sont affectées par l'inversion, les paramètres hydrogéologiques de chaque faciès étant choisis *a priori*. On recherche donc la distribution spatiale optimale des différents faciès.

La méthodologie est d'abord testée sur un cas synthétique. Les différents essais montrent que le choix de la training image est une source majeure d'incertitude. Il est donc nécessaire de sélectionner la ou les training images compatibles avec les données géophysiques et de rejeter les autres. Ensuite, les training images sélectionnées sont utilisées pour l'inversion hydrogéologique. Les données géophysiques agissent alors comme un accélérateur de convergence en réduisant l'incertitude liée au modèle *a priori*. La conductivité hydraulique imposée pour chaque faciès est un paramètre sensible, mais qui peut être optimisé avant l'application de la méthode PPM.

Finalement, la méthode stochastique est appliquée avec succès dans le contexte de la plaine alluviale de la Meuse, sur le site test de Hermalle-sous-Argenteau, soumis à un essai de pompage. L'intégration des différentes sources d'information (géologie, géophysique et hydrogéologie) aide à calibrer des modèles hydrogéologiques et à localiser les zones de forte conductivité hydraulique, réduisant l'incertitude liée à ces modèles.

La méthodologie développée propose un socle commun (la géostatistique multi-points) pour intégrer différents types de données ayant des résolutions variables mais étant pertinentes en hydrogéologie: des données géologiques, géophysiques et hydrogéologiques. La méthode peut être étendue pour l'intégration de données de traçage afin de calibrer les paramètres de transport de l'aquifère. L'originalité de la méthode repose sur l'utilisation de la géophysique à la fois dans le choix de la training image et comme contrainte lors de l'inversion hydrogéologique.

Modélisation du climat et du bilan de masse en surface du Svalbard à l'aide de modèles climatiques régionaux

Charlotte Lang^{1,2}, Xavier Fettweis¹, Michel Erpicum¹

¹Laboratoire de Climatologie et Topoclimatologie, Université de Liège, Belgique

²Fonds pour la formation à la Recherche dans l'Industrie et dans l'Agriculture, FRIA, Bruxelles, Belgique

Le Svalbard est un archipel situé dans l'Arctique entre 74 et 81° lat N et 60 pourcents de sa surface sont recouverts de glaciers et de calottes. Les zones de hautes latitudes sont très sensibles aux changements climatiques: suite au réchauffement, la fonte des glaciers et calottes s'intensifie, ce qui à son tour a une influence sur le climat via des modifications de la circulation thermohaline, des rétroactions de l'albédo de la glace, l'augmentation du niveau des mers... L'impact du réchauffement climatique sur la cryosphère du Svalbard peut être étudié à l'aide de modèles climatiques. Dans notre cas, nous utilisons des modèles régionaux qui permettent une résolution spatiale beaucoup plus haute que les modèles globaux.

Nous avons modélisé le climat et bilan de masse en surface (SMB) présent (1979-2012) et futur (2010-2099) du Svalbard à une résolution de 10km avec le modèle MAR (Modèle Atmosphérique Régional) et réalisé 3 types de simulations: pour le présent, nous avons forcé les frontières du domaine avec les réanalyses ERA-Interim (MAR_{ERA}) et le modèle global MIROC5 (MAR_{MIROC}) et nous avons ensuite réalisé les projections futures en forçant les frontières avec MIROC5 basé sur le scénario RCP8.5 (MAR_{RCP8.5}).

Les résultats montrent que, bien que MAR_{ERA} soit un peu trop froid, il est capable de simuler correctement le bilan de masse en surface là où une résolution de 10km est suffisante pour résoudre la topographie. Nous avons également montré une tendance nulle pour l'évolution temporelle du SMB sur les 30 dernières années, la fonte des glaciers n'accélère ni ne ralentit. À cause de sa couverture de glace de mer trop importante, MAR_{MIROC} est encore plus froid que MAR_{ERA}. Il existe aussi un biais de précipitations, également causé par la couverture de glace. En conséquence, le SMB modélisé par MAR_{MIROC} est trop élevé.

MAR_{RCP8.5} montre une évolution future du SMB différente pour différentes zones de l'archipel causée principalement par une évolution différente du ruissellement de l'eau de fonte (contribution majeur aux pertes en masse). Jusqu'en 2055 environ, le bilan de masse en surface serait stable puis commencerait à décroître faiblement mais l'évolution serait assez similaire sur tout le Svalbard. À partir de 2055, l'augmentation de la température causerait une augmentation de la fonte qui serait amplifiée dans le sud suite à la présence de glace nue dans ces régions (accélération de la fonte suite à la chute de l'albédo et impossibilité de stocker et regeler une partie de l'eau de fonte dans le manteau neigeux). MAR_{RCP8.5} prévoit également qu'à la fin du siècle (moyenne 2070-2099), les zones d'accumulation qui existent encore aujourd'hui sur les calottes et à haute altitude auront complètement disparu et tout l'archipel se trouvera dans la zone d'ablation.

Résultats préliminaires sur l'enregistrement du signal de la Susceptibilité Magnétique (SM) de deux coupes de l'Éocène inférieur de la Tunisie septentrionale.

Mouna RACHDI^(1,2), Frédéric BOULVAIN⁽¹⁾ & Mohamed SOUSSI⁽²⁾

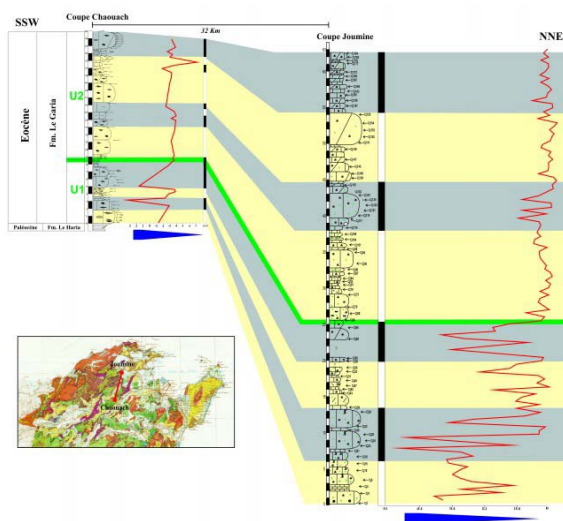
(1) Laboratoire de pétrologie sédimentaire, B20, Université de Liège, B-4000, Liège

(2) Université de Tunis El Manar, Faculté des sciences de Tunis, UR11ES15.

mouna.rachdi@doct.ulg.ac.be / rachdi.mouna@yahoo.fr

Une étude pluridisciplinaire, basée sur un levé de coupe effectué banc par banc, une analyse des microfacies et la mesure des valeurs de la SM sur 537 échantillons, a été effectuée pour la première fois sur deux coupes d'âge Eocène inférieur de la Tunisie septentrionale. La base de la première coupe de type plate-forme (Chaouach–Toukabeur) est formée par des calcaires packstones/grainstones à nummulites, discocyclines et grains de glauconie. Les valeurs de la SM au niveau de cette partie basale varient de 0 à 2 E-9 m3/g. Le reste de la coupe (19 mètres) se caractérisant aussi par les mêmes microfacies se distinguent par des valeurs de SM faibles allant de -3 à -7E-9 m3/g. Dans la coupe de Joumine-Mateur, plutôt de zone de transition, la partie inférieure (32 mètres) est dominée par des textures wackestones à foraminifères benthiques, rares nummulites et abondants débris de coraux et grains de glauconie. Elle possède des valeurs de SM allant de 1 à 4 E-8 m3/g. Le reste de la coupe (31 mètres) est dominé par des textures wackestone /packstone à globigérines indiquant un net approfondissement du milieu de dépôt. Les valeurs de la SM sont faibles et varient entre 0 et 0.8 E- 8 m3/g).

La courbe de l'enregistrement de la SM dans les dépôts Éocène de type plate-forme (Chaouach–Toukabeur) caractérisée par la relative constance des faciès ou dans les dépôts de la zone de transition (Mateur), montrant des variations verticales de faciès et de texture, comprend une partie inférieure à valeurs de SM relativement élevées et une partie supérieure à très faible valeurs de SM. Ces résultats préliminaires montrent que le signal de la susceptibilité magnétique peut être utilisé dans les corrélations entre des coupes représentatives des contextes de sédimentations différents.



Doctorante: Georgia Radioti

Promoteur: Robert Charlier

Géomécanique et géologie de l'ingénieur, département ArGEnCo

Optimization of shallow closed-loop geothermal systems based on scale dependency of rock thermal properties

Abstract

The number of shallow closed-loop geothermal systems (Borehole Heat Exchangers, BHEs) is rising worldwide over the last decades. The objective is to improve our understanding of BHEs. Thermal conductivity of the surrounding ground is a key parameter to predict the thermal behavior of the system and to optimize the exploitation. Rock properties are well known to vary highly in situ. This work includes the study of scale dependency of rock thermal properties.

Rock thermal properties are studied at three different scales:

- At the scale of rock samples, thermal conductivity is measured on surface rock samples and drill cuttings by applying the needle probe procedure.
- At the scale of a few meters, a thermal probe is developed to measure directly the thermal conductivity of a rock volume at outcrops.
- At the scale of BHEs, tests are conducted in-situ on the experimental site of Sart-Tilman (4 BHEs equipped with fiber optics) to measure thermal conductivity of the surrounding ground along the borehole length. An ultrasonic borehole imager provides high-resolution images of the fracturation around the borehole.

A 3D numerical model is developed using the finite element code LAGAMINE to simulate the thermal behavior of the system. To characterize the thermal properties of this model, the measured rock thermal conductivity will be applied and optimized. The challenge is to evaluate mean properties of a disturbed rock and to determine from small or medium scale tests phenomenological relations on thermal properties variability applicable to the larger scale typical of a BHE. The life expectancy of the system will be investigated based on the principles of sustainable management of the geothermal resource.

La République d'Haïti occupe la partie occidentale de l'île d'Hispaniola qui elle-même est située à la frontière des plaques Caraïbe et Nord-Américaine. Le mouvement entre les deux plaques est assez complexe avec une composante de subduction de la plaque Nord-Américaine sous la plaque Caraïbe et un glissement décrochant senestre de cette dernière par rapport à celle Nord-Américaine, résultant en un « transpressive restraining bend » d'après (Pubellier *et al.*, 2000). Au niveau d'Haïti, ce type de mouvement est accommodé par deux systèmes de failles majeurs : la faille Septentrionale au nord et le système Enriquillo Plantain Garden (EPGFZ), au sud. Cette situation tectonique fait d'Haïti une zone à haut risque sismique avec plusieurs séismes dévastateurs durant les 4 derniers siècles. Le dernier en date est celui du 12 janvier 2010 dont l'épicentre a été localisé au sud-ouest d'Haïti. Depuis, plusieurs travaux de recherches sont initiés le long de la zone de faille, en particulier dans la zone épacentrale. Mais aucun jusque-là ne s'est penché sur la partie orientale qui pourtant s'avère tout aussi active tectoniquement. En outre, cette portion orientale traverse une ville appelée Fonds-Parisien qui représente une zone probable d'extension de Port-au-Prince, la capitale d'Haïti. Aussi, la nécessité d'une évaluation du risque sismique associé constitue-t-il un paramètre important à prendre en compte dans l'élaboration de plans d'urbanisation.

La présente thèse a donc pour objectif l'étude de la zone de faille à Fonds-Parisien qui inclut l'extrémité Est du système EPGFZ. Elle propose l'utilisation de méthodes géophysiques pour appréhender de façon précise la géométrie des failles dans cette zone et caractériser le comportement dynamique des sols dans le secteur.

Les premiers travaux effectués se résument d'une part à la recherche bibliographique et d'autre part, à une campagne de mesures géophysiques à Fonds-Parisien. Au cours de ladite campagne, les essais suivants ont été réalisés : sondages au pénétromètre dynamique léger à énergie variable de type PANDA, tomographie électrique, mesures de fréquence fondamentale par la méthode des rapports spectraux H/V, profils sismiques en mode passif et actif, un forage à 30 m avec essai de pénétration standard SPT.

Par conséquent, notre exposé à la prochaine « Journée des doctorants » se veut être une présentation de ces essais et des résultats trouvés.