

Titre du projet : HYDROSIS

Volet : Recherche A06

Porteur du projet : Stéphane GARAMBOIS

Laboratoires impliqués : ISTerre, IGE

Bilan du projet

Bilan d'activité (1 page max)

Ce projet avait pour but d'évaluer le potentiel des techniques de corrélations de bruit de fond sismologique pour le suivi temporel et les variations spatiales des variations hydrologiques du sous-sol, notamment liées à la zone saturée dans un contexte de gestion industrielle de l'eau. Pour ce faire, 10 stations sismologiques ont été déployées sur le site du champ captant de la métropole de Lyon, déjà fortement instrumenté au niveau piézométrique. Deux expériences distinctes ont pu être menées : i) un déploiement des stations pendant plus de 4 mois au niveau des piézomètres utilisés dans le cadre des études globales des écoulements d'eau (thèse Aurore Réfloch, IGE) ; ii) un déploiement spécifique localisé autour d'un bassin d'infiltration d'eau afin de suivre sur deux semaines (fin avril – début mai) les variations spatiales engendrées par une expérience d'infiltration dans le bassin. Ces données massives ont été analysées par inter-corrélation de bruit sismologique, ce qui a permis de mettre en évidence des relations directes entre les variations de la nappe phréatique et les variations relatives de vitesses sismiques (ondes de surface) quantifiées par les corrélations de bruit (Figures 1 & 3). En complément, des méthodes géophysiques multi-méthodes (sismiques, GPR, électriques) ont été utilisées afin de mieux comprendre et interpréter les signaux sismologiques, grâce à des modèles géologiques et hydrologiques réalistes. Ils ont permis de comprendre les variations de vitesses sismiques en termes de changement de saturation, par une approche de modélisation poroélastique (Figure 2), modélisation qui va maintenant tester des modèles plus réalistes d'un point de vue hydrologique et variations 2D de la saturation.

Les données issues de ce projet vont encore permettre d'affiner les traitements des signaux et de mieux comprendre les processus dominants qui influent les observables sismologiques fines ainsi déduites. Les capteurs disponibles au niveau du parc Sismob étaient des capteurs mono-composante verticaux, ce qui a empêché une approche multi-composantes. Malgré ce problème, le projet a pleinement alimenté les stages de deux étudiants de master (M. Taruselli, M2, Politecnico Milano) et A. Romero Guzmán (M1 STUE, UGA). En plus de la production scientifique associée, ce projet a permis i) de renforcer la collaboration entre ISTerre et l'IGE sur cette thématique, ii) d'intégrer ISTerre au comité technique de la plateforme recherche de Crépieux-Charmy, après présentations des résultats du projet le 20 mai 2017, et iii) de proposer cette méthodologie et ce site comme un des 3 cibles test du projet RESOLVE (High-resolution imaging in subsurface geophysics) « Grand projet de recherche et d'observation du labex OSUG@2020 ». Cette

intégration permettra notamment, en utilisant 100 capteurs sismologiques, de spatialiser les variations à différentes échelles et de mieux comprendre les écoulements d'eau dans ce contexte crucial aux niveaux environnemental et industriel. Il permettra également de mieux comprendre les processus à l'origine des variations sismologiques observées, et de proposer des modèles réalistes. Ce dernier travail va être poursuivi notamment dans le cadre d'un stage de recherche de M2 (A. Romero-Gunzman) qui aura lieu de février 2018 à Juillet 2018. Nous espérons pouvoir publier un article supplémentaire à l'issue de ce travail.

Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

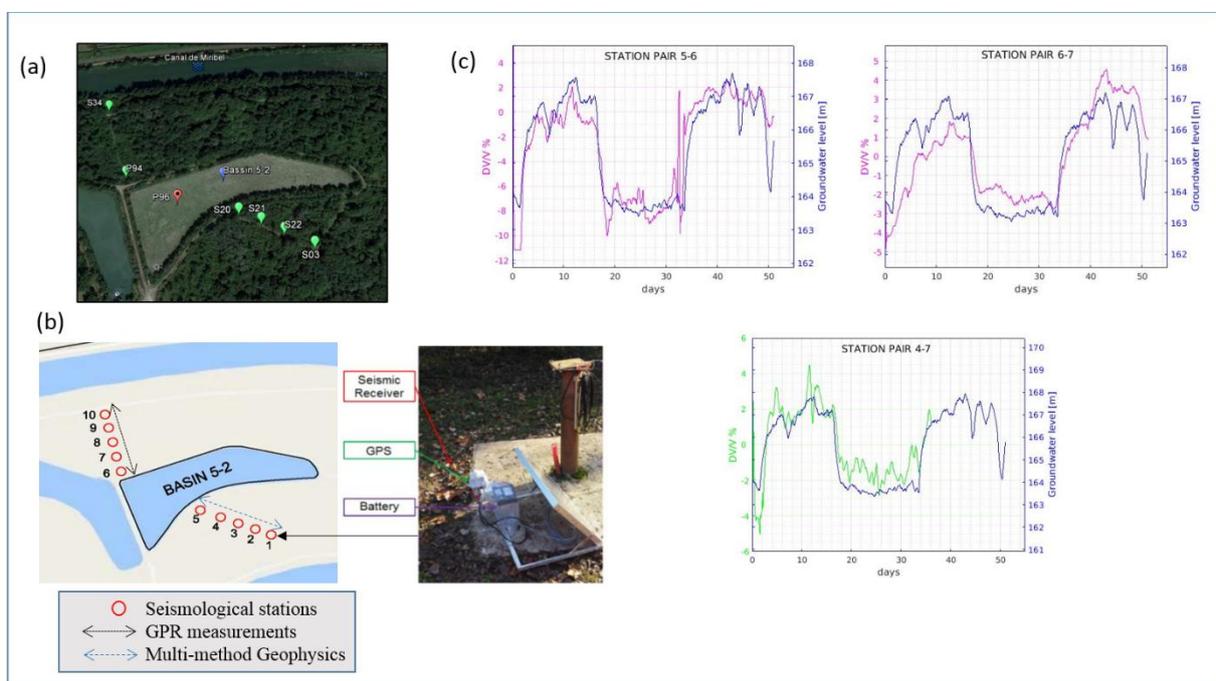


Figure 1. Expérience longue n°1. Les stations sismologiques ont été déployées le long de 2 profils au niveau des piézomètres gérés par A. Réfloch (a), (b). En complément, des investigations géophysiques GPR et multi-méthodes ont été effectuées le long de ces 2 profils (b & Fig. 2). (c) Résultats sur 2 mois des corrélations de bruit entre 3 paires de stations. Toutes montrent une très bonne corrélation entre les variations de vitesses observées (DV/V) et les variations du niveau piézométrique. Crédits : C. Voisin, M. Taruselli, A. Réfloch, S. Garambois.

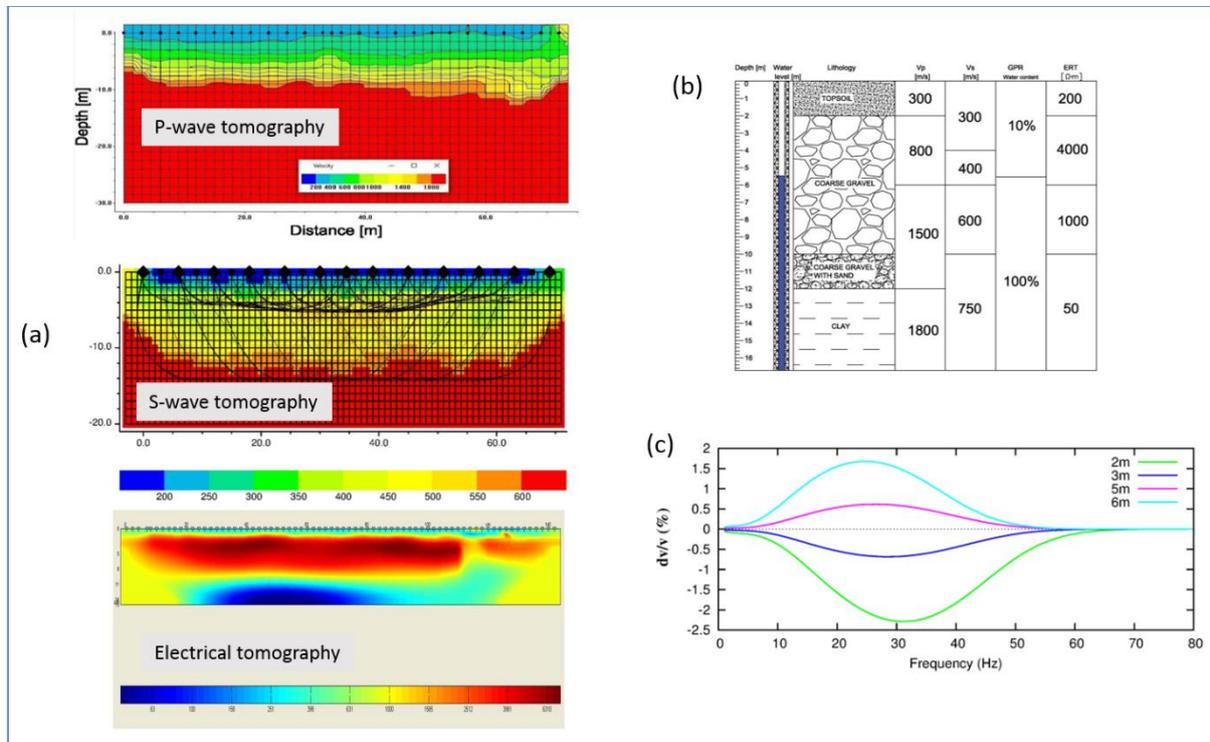


Figure 2. Sélection de résultats géophysiques obtenus le long des capteurs sismologiques 1 à 5. (a) Tomographies sismiques en ondes P & S et image de résistivité électrique obtenue avec une configuration dipôle-dipôle. (b) Tableau des propriétés géophysiques 1D obtenues à partir des données sismiques, électriques et GPR. Celles-ci ont été utilisées afin de modéliser la réponse des ondes de surface en fonction de variations du niveau de la nappe phréatique, à l'aide d'une approche poro-élastique de type Biot-Gassmann (c). Celle-ci prédit des variations attendues de +/- 2%, conforme aux observations (Fig. 1), mais dans une gamme de fréquence un peu plus élevée, qui reste à comprendre. Crédits : S. Garambois, C. Voisin, M. Taruselli.

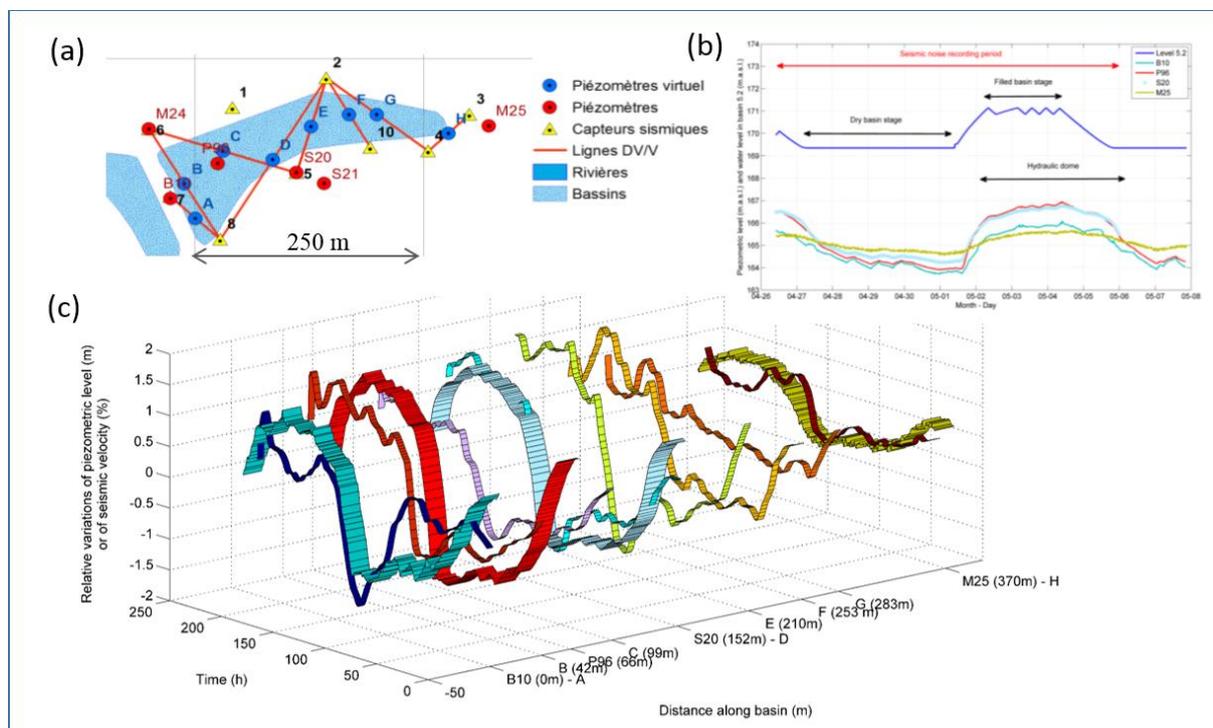


Figure 3. Expérience n° 2 de suivi autour du bassin d'infiltration. (a) Configuration d'acquisition des données piézométriques / sismologiques ; (b) Données piézométriques (B10, P96, S20 and M25) et niveau d'eau au droit du bassin pendant la campagne d'acquisition sismologique. Le dôme hydraulique est formé lorsque le bassin est rempli d'eau. (c) Comparaison 3D entre résultats sismologiques (rubans fins) et piézométriques (rubans larges) en fonction de la distance à l'injection et du temps (en heures). Les piézomètres virtuels (sismologiques) A à E répondent de manière identique que les piézomètres réels. Les points éloignés G & H ont une réponse plus faible et décalée dans le temps (d'après Voisin et al., 2017). Crédits : A. Guzman, C. Voisin, A. Réfloch, S. Garambois.

Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

Romero Guzman, A., 2017, Monitoring de la nappe phréatique – champ captant de Lyon, rapport de stage de Master 1 STPE, mention Géophysique, Université Grenoble Alpes.

Taruselli, M., 2017, Cross-correlation of ambient seismic noise to monitor groundwater level variations: application to Crépieux-Charmy water capturing field (France), rapport de stage de Master 2, Master of Science in Civil Engineering for Risk Mitigation, Politechnico de Milano.

Taruselli, M, Garambois S., Voisin C., 2017, Cross-correlation of ambient seismic noise to monitor groundwater level variations: application to the well instrumented Crépieux-Charmy water capturing field (France), in Preparation for J. of Applied Geophysics.

Voisin C, Romero-Guzman A., Réfloch A., Taruselli M. & S. Garambois, 2017, Ground water monitoring with passive seismic interferometry, Journal of Water Resources and Protection, October 2017, in press.

NB. Les rapports de stages sont disponibles sur simple demande et peuvent être proposés en accès sur une plateforme internet.

Bilan financier succinct (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...) :

Location de 10 stations sismologiques SISMOB : 70 € /mois, 6 mois	4200 € (*)
Locations GProge du matériel géophysique pour 2 campagnes de 1 jour + campagnes de printemps 2018	1400 € (*)
Gratifications de stage de recherche 6 mois pour traitement des données sismologiques : Marco Taruselli (M2 Politecnico Milano) : 15 septembre 2016 – 15 mars 2017	3003 €
Participation aux gratifications de stages d'A. Romero-Gunzman, stages M2 de 6 mois (01/02/2018-30/07/2018)	1627.5 €
Petit matériel : boîtes étanches pour batteries, disques durs	800 €
- Missions de terrain (installation/désinstallation stations, relevés, campagnes géophysiques) : en moyenne 3 personnes par mission + trajets Grenoble-Lyon	Env. 1000 €
- Participation comité technique plateforme de recherche (3 personnes)	
TOTAL	12 030 €

NB : le bilan financier n'est pas définitif, certaines factures étant soumis au bilan de fin d'exercices (tickets de locations GProge et Sismob). Celles-ci sont marquées par un symbole (). De plus, Geslab est actuellement indisponible. Enfin, d'autres missions de terrain (avec location du matériel) sont programmées ce printemps (2018) dans le cadre du stage de M2 d'A. Romeo-Gunzman.*