

Rubriques à renseigner pour le dépôt des sujets de thèse à l'ED413 (2pages max):

- titre: **Paramétrisation d'un modèle hydrologique par résonance magnétique protonique à l'échelle du bassin versant du Strengbach.**

- directeur/co-directeur: Jean-François Girard (IPGS), jf.girard@unistra.fr

- autres co-dir en cours: C. Glaas, J. Porté

- encadrement: Nolwenn Lesparre (LHYGES), lesparre@unistra.fr

- co-financement éventuel: Bourse Région Grand-Est (dossier en cours d'instruction)

- environnement (projets, partenaires, mobilité, etc)

Le doctorat sera rattaché à l'équipe de recherche Géophysique expérimentale à l'IPGS, mais le doctorant réalisera ses travaux au sein de 2 équipes strasbourgeoises en sciences de la Terre (IPGS et au LHYGES). Les travaux se dérouleront dans un contexte de recherche pluri-disciplinaire autour du bassin versant du Strengbach et du développement de moyens de mesure géophysiques innovants :

- Participation à l'ANR HydroCRIZSTO 2017-2020: HYDRO-Geochemical behavior of CRITICAL Zone at Strengbach Observatory. Implication sur les aspects de modélisation directe de l'hydrologie du bassin versant et l'imagerie de la couche d'altération...

- Participation à l'EQUIPEX CRITEX: les deux laboratoires sont partenaires du programme CRITEX et ont accès au parc instrumental partagé pour l'étude de la zone critique. L'OHGE est l'un des sites observatoires choisis pour des actions pluridisciplinaires et la mise en place de suivis haute fréquence de paramètres.

- Projet Caprozova (2019-2020) co-financé par le LHYGES et l'IPGS, « Caractérisation des processus de la zone vadose dans différents types de sols : du suivi d'expériences artificielles en milieu contrôlé à la compréhension des phénomènes en milieu naturel ».

- description (2 pages max)

Ce projet vise à quantifier la dynamique hydrologique du bassin versant du Strengbach par une approche originale couplant hydrologie et géophysique utilisant une paramétrisation à différents niveaux des processus et une modélisation croisée.

L'objectif de la thèse est de développer les outils méthodologiques pour l'inversion de mesures de résonance magnétique des protons (RMP) en terme de teneur en eau et leur assimilation au sein de modèles hydrologiques dits "intégrés". L'encadrement de la thèse sera géré en collaboration entre l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (UMR7516) expérimenté dans l'acquisition, le traitement et l'inversion de mesures RMP et le Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (UMR7517) compétent dans la conception et le développement de modèles hydrologiques intégrés.

La modélisation hydrologique distribuée de bassins versants incluant hydrométéorologie, écoulements de surface et souterrain a beaucoup progressé avec la mise au point de modèles intégrés. Néanmoins leur applicabilité à des systèmes réels reste précaire, notamment en raison du manque de conditionnement par une information tangible sur la géométrie des systèmes ou la distribution spatiale et la variation temporelle des masses d'eau. La méthode géophysique de type RMP est directement sensible à la distribution des masses d'eau du sol et du sous-sol et peut ainsi être appliquée pour contraindre les modèles hydrologiques intégrés.

Les mesures RMP peuvent être acquises en surface pour renseigner sur la teneur en eau du milieu dans le sol (échelle métrique) et le sous-sol (échelle décimétrique) ou depuis un forage et informer sur la teneur en eau localement en profondeur (échelle centimétrique à métrique). Ces différentes méthodes d'acquisitions fournissent des informations complémentaires sur la répartition des masses d'eaux souterraines. Par ailleurs, sur un même bassin versant des contrastes minéralogiques peuvent requérir l'utilisation de protocoles distincts d'un site d'acquisition à un autre. Une des perspectives de la thèse est de développer les outils de modélisation directe pour les différents protocoles d'acquisition RMP (écho de spin, pulses adiabatiques...) afin de pouvoir simuler le signal géophysique à partir d'une distribution donnée de teneur en eau du milieu souterrain. Une modélisation croisée hydrologie/géophysique - au sens où les sorties d'un modèle deviennent les observés de l'autre modèle - doit ensuite être mise en place de manière à insérer les différentes informations fournies par la RMP au sein d'un modèle hydrologique intégré à l'échelle d'un bassin versant. La distribution des masses d'eau calculée par le modèle hydrologique est alors fournie au modèle géophysique "direct" qui calcule le signal théorique RMP produit. Le modèle géophysique est ensuite inversé pour générer une distribution des masses d'eau qui produise un signal compatible avec les observations géophysiques. La nouvelle distribution est renvoyée au modèle hydrologique dont les paramètres (de structure, hydrodynamiques, etc.) sont à leur tour inversés afin de reproduire les observations hydrologiques (piézométrie, débit du ruisseau). Le modèle hydrologique hérite donc de l'information géophysique sans jamais qu'un paramètre du modèle géophysique n'ait été traduit "empiriquement" en paramètre hydrologique. La méthode sera testée sur un système réel - i.e. un petit bassin versant de montagne (Strengbach-Vosges), site atelier du service national d'observation OHGE de l'INSU-CNRS. Ce petit bassin au comportement fortement transitoire est très largement sous-documenté au plan de l'hydrologie et justifie pleinement l'assistance des outils géophysiques pour une meilleure compréhension de son fonctionnement.

Les objectifs résumés du projet sont les suivants :

- Compléter les connaissances actuelles sur la géométrie et les caractéristiques de la zone altérée, mais également sur les variations temporelles du stock d'eau du bassin versant du Strengbach par l'utilisation de méthodes géophysique type RMP. Le ré-échantillonnage sera guidé stratégiquement par des calculs exploratoires indiquant les secteurs d'incertitude maximale sur les sorties et les paramètres des modèles hydrologiques et géophysiques.
- Insérer ces informations dans le modèle hydrologique intégré NIHM (Normally Integrated Hydrological Model, développé au LHYGES depuis 2013), pour évaluer si les premiers résultats peuvent être améliorés en simulation directe.
- Insérer les sorties du modèle hydrologique de NIHM dans les modélisations directes du signal géophysique, analyser la réponse et comparer aux données d'observation.
- Développer et tester des techniques de paramétrisation - assimilation de données - inversion pour intégrer les approches géophysiques dans l'approche de modélisation hydrologique. Spécifiquement, les méthodes adjointes actuellement développées au LHyGeS pour l'inversion des écoulements et du transport en milieu poreux seront étendues aux mécanismes et processus de l'hydrologie de bassin versant, notamment écoulement en zone vadose, ruissellement diffus de surface, routage superficiel.
- Travaillant avec l'appui d'un Service National d'Observation, un élément important du projet sera de mettre à disposition via les outils ad-hoc, l'ensemble des données acquises sur le terrain. On formulera également tout ou partie des tests de modélisation de façon à leur donner un sens de "benchmarking" (conceptualisation du problème, données d'entrées, paramétrisation, options de calcul, résultats) également mis à la disposition de la communauté afin qu'elle y teste ses propres outils.

Contactez les encadrants pour une présentation plus détaillée: jf.girard@unistra.fr
lesparre@unistra.fr