



Développement de l'hydrogéophysique pour l'étude de l'évapotranspiration et les transferts d'eau dans les sous-sols des milieux forestiers

Adresse courriel du contact scientifique : simon.carriere@upmc.fr

Description du projet de thèse :

Contexte :

Ces dernières années, l'hydrologie et l'écologie fonctionnelle se rencontrent sur des questions communes dans l'étude de la zone critique (Gaillardet et al. 2018). La question de l'évapotranspiration (ET) est au cœur de ces échanges car l'ET est un terme majeur du cycle de l'eau qui représente 70% des précipitations à l'échelle des continents (Fisher et al. 2017). Il existe plusieurs approches pour estimer l'ET mais de fortes incertitudes persistent et les estimations restent difficiles à valider (Verstraeten et al., 2008 ; Müller et Bolte, 2009). Ces incertitudes sont encore plus importantes dans les milieux forestiers qui jouent pourtant des rôles majeurs pour le cycle de l'eau mais également pour les autres grands cycles biogéochimiques.

La géophysique est couramment utilisée en hydrologie/hydrogéologie (e.g. Guérin 2005) mais encore sous-exploitée pour l'écologie fonctionnelle. L'UMR METIS est, depuis des dizaines d'années, un leader dans le développement des méthodes géophysiques de proche surface et ce projet original permettra de conforter ce positionnement. Ce sujet de thèse transdisciplinaire permettra de faire avancer différents fronts de la connaissance qui bénéficieront aux trois communautés impliquées (géophysique appliquée, écologie fonctionnelle, hydrologie/hydrogéologie). Ce positionnement (Fig. 1) assurera un fort dynamisme durant la thèse et ouvrira de nombreuses perspectives de projets de recherche pour le(la) futur(e) docteur(e).

Objectif général :

Cette thèse consistera à développer des approches hydro-géophysiques pour quantifier l'évapotranspiration et sa contribution aux transferts d'eau dans les sous-sols forestiers. Les méthodes géophysiques seront comparées à des méthodes utilisées de façon conventionnelle en écologie forestière.

Les principales missions de l'étudiant(e) seront :

L'étudiant pourra se baser sur les expériences de l'UMR METIS en hydro-géophysique (e.g. Grellier et al. 2014 ; Voytek et al. 2019; Carrière et al. 2020) afin de :

- réaliser un état de l'art des études hydro-géophysiques menées en contexte forestier.
- développer une méthodologie hydro-géophysique pour estimer l'ET ou la transpiration en prenant en compte les résolutions spatiale et temporelle, la précision et la robustesse de chaque technique géophysique.
- développer une méthodologie de caractérisation du sous-sol par géophysique adaptée au contexte forestier. Cette méthodologie permettra de caractériser la variabilité du sous-sol entre les sites et au sein d'un même site.
- étudier les impacts de la variabilité spatiale et temporelle de la disponibilité en eau du sous-sol sur le développement de la végétation en croisant des variables écophysologiques et géophysiques.
- étudier la dynamique temporelle de la connexion hydraulique sol/racine selon les stratégies d'utilisation de l'eau par les plantes (évitement/tolérance).
- transférer les connaissances acquises dans le modèle à base physique SurEau (Martin-StPaul et al. 2017) qui permettra de simuler les transferts d'eau dans le continuum sol/plante/atmosphère et propager les résultats à des échelles spatiales et temporelles plus larges.

Il est envisagé d'étudier en priorité les méthodes électriques, électromagnétiques, gravimétriques et sismiques mais l'étudiant(e) restera ouvert(e) à d'autres approches géophysiques. Il(elle) sera amené(e) à mettre en œuvre sur certains sites instrumentés des mesures complémentaires (e.g. tension, humidité, température du sous-sol) qui permettront de mettre en lumière les processus étudiés ou corriger les mesures géophysiques.

Mise en œuvre :

Les différents volets de la thèse seront mis en œuvre sur un site ou plusieurs sites expérimentaux qui permettront d'aborder des conditions géologiques et écologiques contrastés et complémentaires. Nous envisageons de travailler sur

les sites de Font-blanche (13), Barbeau (77), Fontaine de Vaucluse - LSBB (84), Observatoire du Larzac (12) qui font partie respectivement des réseaux ICOS et OZCAR. Ces sites expérimentaux, déjà lourdement instrumentés (e.g. tours à flux, gravimètres supraconducteurs) et largement étudiés soit pour l'écologie, soit pour l'hydro-géophysique, permettront à l'étudiant(e) de se plonger rapidement dans les questions scientifiques du cœur de la thèse. L'étudiant(e) pourra bénéficier d'un large parc de matériel géophysique (UMR METIS, GEOFCAN, CRITEX).

Références :

- Carrière, S. D., Ruffault, J., Pimont, F., et al. (2020). Impact of local soil and subsoil conditions on inter-individual variations in tree responses to drought: insights from Electrical Resistivity Tomography. *Science of the Total Environment*, 698, 134247.
- Fisher, J. B., Melton, F., Middleton, E., et al. (2017). The future of evapotranspiration: Global requirements for ecosystem functioning, carbon and climate feedbacks, agricultural management, and water resources. *Water Resources Research*, 53(4), 2618–2626.
- Grellier, S., Florsch, N., Janeau, J., et al. (2014). Soil clay influences Acacia encroachment in a South African grassland. *Ecohydrology*, 7(6), 1474–1484.
- Guérin, R. (2005). Borehole and surface-based hydrogeophysics. *Hydrogeology Journal*, 13(1), 251–254.
- Martin-StPaul, N., Delzon, S., & Cochard, H. (2017). Plant resistance to drought depends on timely stomatal closure. *Ecology Letters*, 20(11), 1437–1447.
- Müller, J., & Bolte, A. (2009). The use of lysimeters in forest hydrology research in north-east Germany. *Landbauforschung*, 59, 1–10.
- Verstraeten, W. W., et al. (2008). Assessment of evapotranspiration and soil moisture content across different scales of observation. *Sensors*, 8(1), 70–117.
- Voytek, E. B.,

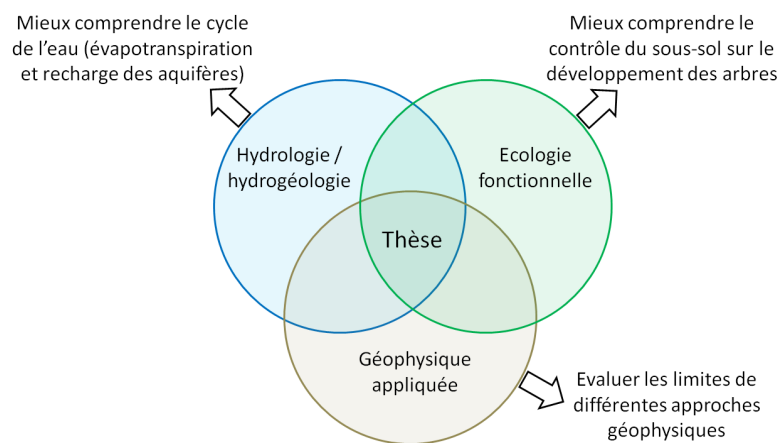


Fig. 1 : Positionnement de la thèse à l'interface entre trois communautés scientifiques.

Compétences et connaissances :

Il est souhaitable que le candidat ait des connaissances multi-disciplinaires approfondies en géosciences, sciences de l'eau et écologie fonctionnelle :

- hydrogéophysique (méthodes : électrique, électromagnétique, gravimétrique, sismique)
- hydrologie (cycle de l'eau, hydrogéologie des milieux poreux, fracturés et karstiques)
- écophysiologie végétale (hydraulique des plantes, phénologie)

Ainsi qu'un engouement et un intérêt à se former en :

- simulation numérique (des compétences en programmation (R et/ou Matlab) sont souhaitées)
- traitement du signal (gravimétrique, flux de sève, sismique)
- expérimentation de terrain
- établir un lien fort entre les communautés des hydrologues et des écologues

La maîtrise de l'anglais requise.