



Méthode Innovante de Spatialisation des propriétés physiques du Sol (projet MISS)

Encadrement et contacts

Vivien Dubois : vivien.dubois@irstea.fr, 04 72 20 89 34

Rémi Clément : remi.clement@irstea.fr, 04 72 20 87 56

Julien Gance : j.gance@iris-instruments.com , 02 38 63 81 00

La thèse aura lieu au sein de l'unité de recherche REVERSAAL d'Irstea Lyon-Villeurbanne, en partenariat avec la société Iris Instrument, Orléans (France).

Durée : contrat d'une durée de 36 mois, de novembre 2018 à fin octobre 2021

Inscription : Université de Lyon, école doctorale Chimie-Procédés-Environnement

Partenaires : Iris Instruments (Catherine Truffert et Julien Gance)

Contexte et objectifs

Dans le traitement des eaux usées, le sol peut être utilisé comme un réacteur biologique pour épurer les eaux usées domestiques, ou comme un exutoire pour le rejet des eaux traitées lorsqu'il n'y a pas de voie hydraulique. Dans ces deux cas, la perméabilité du sol est un paramètre clé qui contrôle la capacité d'infiltration. La connaissance de la capacité d'infiltration est essentielle pour dimensionner les systèmes d'infiltration d'eau et atteindre le traitement voulu. A ce jour, il n'existe pas de technique satisfaisante permettant d'évaluer la perméabilité distribuée d'un sol hétérogène, qui est un des paramètres essentiels pour estimer la capacité d'infiltration à l'échelle d'une parcelle. La caractérisation de la perméabilité s'appuie en général sur une série de mesures ponctuelles, mais dont la résolution spatiale est souvent insuffisante et dont la répétabilité dans l'espace est bien trop coûteuse. Les mesures ponctuelles apportant des informations partielles, il peut en résulter une méprise dans la compréhension des transferts hydrauliques à l'échelle de la parcelle, entraînant indirectement un mauvais dimensionnement et à terme des dysfonctionnements des systèmes d'infiltration. Aujourd'hui, en parallèle aux mesures ponctuelles et précises, les mesures géophysiques apportent une information spatialisée mais incertaine car elles mesurent un paramètre physique lié aux différentes variables d'intérêt dont la perméabilité.

L'enjeu de la thèse est l'obtention d'un code de traduction de la mesure géophysique en information hydrologique ce qui est un véritable défi, comme en témoigne la littérature actuelle qui relate cette lacune. Néanmoins cette approche souffre des limitations inhérentes à l'hétérogénéité du sol et à la propagation de l'incertitude.

Une façon de gérer ces incertitudes est d'intégrer des mesures locales, précises mais rares, et des données géophysiques dérivées, spatialement denses mais moins précises, à travers un outil géostatistique. Dans ce contexte, de nouvelles voies ont été explorées avec succès par Christakos [1990] et Christakos et al. [2000], qui a proposé la méthode « Bayesian maximum Entropy (BME). Cet outil géostatistique moderne permet d'intégrer le plus rigoureusement possible des informations provenant de plusieurs sources, avec des incertitudes différentes sur chaque ensemble de données, afin d'obtenir



une meilleure prédiction spatiale de la variable d'intérêt. Les publications autour de cette méthode sont en plein essor dans différents domaines scientifiques, mais la méthodologie reste très peu appliquée aux géosciences et plus particulièrement à la spatialisation des propriétés du sol.

Ce projet de thèse s'appuiera donc sur la méthode BME pour construire :

- A l'échéance de la thèse, un outil scientifique (au travers d'un code faisant preuve de concept) permettant d'assimiler plusieurs mesures géophysiques et plusieurs mesures ponctuelles. L'objectif est de fournir une caractérisation spatiale plus précise qui permettra de réaliser une modélisation des écoulements dans le sous-sol pour le dimensionnement de plusieurs sites d'études. Les limites et contraintes d'application devront être définies.
- A long terme, au-delà de la thèse, une méthodologie pour les professionnels du traitement de l'eau, qui permettrait i) une meilleure caractérisation des propriétés du sol donc une meilleure conception des ouvrages d'assainissement, et ii) un suivi de l'efficacité des ouvrages dans le temps notamment pour réagir avant le colmatage. Bien entendu la méthode pourra être transposée aux autres domaines de l'hydrogéologie et des sciences de l'environnement.

Profil du candidat

Le candidat devra être titulaire d'un Master II ou équivalent. Le champ disciplinaire du travail est la modélisation numérique et les géostatistiques. Une connaissance en programmation est impérative. La connaissance de l'hydrodynamique des milieux poreux et de la géophysique, sera appréciée, mais n'est pas nécessairement requise.

Compétences scientifiques recherchées :

- **Mathématique (statistiques et développement numérique)**
- **Physique**

Compétences techniques recherchées :

- **Programmation (Programmation R et/ou Matlab, C++)**
- Rédaction de rapport
- Maîtrise de l'anglais technique

Qualités recherchées :

- Capacité à travailler en équipe, y compris avec des partenaires extérieurs, en effet le doctorant sera en interaction forte avec la société Iris Instrument au cours du projet de thèse.
- Autonomie
- Persévérance et curiosité
- Rigueur
- Ouverture d'esprit

Tâches confiées au candidat

Le candidat aura pour missions principales de :

- Réaliser une large bibliographie sur les méthodes géostatistiques de spatialisation de données,



- Développer et adapter la méthode BME à l'étude des propriétés physiques des sols,
- D'appliquer la méthode au jeu de données de terrain déjà acquises par l'équipe,
- Valoriser son travail par l'écriture d'articles scientifiques et de présentations orales dans des conférences à portée internationale,
- Planifier et restituer son travail lors des différentes réunions de pilotage ou d'avancement,
- Participer à quelques campagnes de mesures sur sites ou en laboratoire.

L'encadrement

La thèse se déroulera au sein du centre d'IRSTEA Lyon-Villeurbanne, et en partenariat avec la société Iris instrument :

Irstea/REVERSAAL : L'Unité de Recherche (UR) REVERSAAL « REduire Réutiliser Valoriser Les Ressources Des Eaux Résiduaires » a été créée au 1er janvier 2018, et son effectif peut atteindre 35 personnes. Elle mène des recherches sur les procédés de valorisation et traitement des effluents urbains, c'est-à-dire les eaux résiduaires, les rejets urbains de temps de pluie, et les boues d'épuration. Elle a pour objectif de faire progresser les connaissances et d'élaborer des préconisations pertinentes et innovantes en termes de conception, de dimensionnement, d'exploitation et d'optimisation des installations. Elle développe des méthodes et des outils innovants et transférables aux acteurs opérationnels publics et privés. Ces recherches contribuent à préfigurer la station d'épuration du futur, et son intégration dans le continuum réseau-station-rivière. L'INSA de Lyon est plus particulièrement l'équipe DEEP pourra être sollicitée, pour renforcer les compétences dans les domaines de géostatistiques, au travers de l'Equipe de Recherche Commune entre REVERSAAL et DEEP.

IRIS instrument : Co-détenue par le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) et le groupe japonais OYO, IRIS Instruments domicilié à Orléans, fabrique et commercialise des équipements de géophysique. Ces équipements sont le fruit de sa R&D interne et collaborative qui occupe plus du tiers de son activité. L'innovation est pour IRIS Instruments l'atout prépondérant dans sa compétition à l'échelle internationale. Les instruments sont exportés dans le monde entier grâce à des ventes directes ou au travers d'un réseau de représentants.

Vingt-quatre employés en 2016 ont permis de dégager un chiffre d'affaires de 4.9 M€ à l'issue de ventes dans plus de 50 pays. Les métiers techniques sont majoritairement ceux de l'électronique et de la géophysique.

Les équipements développés par IRIS Instruments sont à ce jour basés sur les méthodes de résistivité électrique, de polarisation provoquée, d'électromagnétique et de résonance magnétique. De nouvelles technologies sont à l'étude ainsi que de nouveaux marchés.

Les domaines d'application relèvent des Géosciences. Les segments de marchés concernés sont principalement la recherche d'eau souterraine, la géotechnique, l'environnement et l'exploration minière. Il s'agit de marchés de niche occupés à l'échelle mondiale par quelques acteurs majoritairement nord-américains de taille équivalente à celle d'IRIS Instruments.

Au-delà de la vente d'équipements, IRIS Instruments assure également la location pour les projets de courte ou de longue durée, la formation au principe des méthodes et à l'utilisation des équipements, une assistance technique pour des conseils d'utilisation des équipements et un service après-vente pour la maintenance et la réparation des équipements.



BENEFICES POUR LE DOCTORANT

Le travail de thèse permettra au doctorant d'acquérir une expérience à la croisée entre l'ingénierie et la recherche sur un sujet novateur, au travers d'une interaction forte entre recherche appliquée académique et privée. Le développement de cette méthodologie innovante sera valorisable dans une multitude de domaines des sciences de la terre (gestion de l'irrigation des parcelles agricoles, gestion de grands bassins versants, gestion de centres de stockage de déchets, urbanisme pour la gestion des eaux pluviales etc.). La connaissance et la maîtrise des mesures ponctuelles et géophysiques seront transmises au candidat qui bénéficiera de l'expertise de ces différents encadrants ainsi que de la disponibilité du matériel de mesure.

Les moyens nécessaires seront mis en œuvre pour que le doctorant ait la possibilité de présenter ses résultats au travers des réseaux professionnels d'IIRSTEA et d'IRIS Instrument (conférences scientifiques nationales et internationales), afin de faire connaître ces travaux.

Une réflexion sera initiée à la fin de la thèse pour évaluer les poursuites possibles (développement, commercialisation, start-up).