

Ph.D. position in geophysics/geochemistry 2024-2027

Deadline to apply: 31/07/2024

Title: Experimental study of the impact of groundwater level fluctuations on the mobilization of petroleum hydrocarbons.

Laboratory: BRGM-Orléans (18 months); LIEC-Nancy (18 months)

Starting date: First semester 2024

Supervisors: Pierre Faure-Cattelain (pierre.faure@univ-lorraine.fr), Jacques Deparis (j.deparis@brgm.fr), Dorian Davarzani (d.davarzani@brgm.fr)

GENERAL CONTEXT

LNAPLs are organic contaminants that are immiscible and poorly soluble in water, moving through soils and groundwater as oily liquids. This thesis project focuses on LNAPLs, lighter than water and primarily consisting of refined petroleum hydrocarbons, which are a significant portion of pollution in France. LNAPL recovery methods include pumping/skimming and passive techniques like percolation trenches. However, residual LNAPL remains trapped as ganglia or blobs influenced by environmental characteristics and fractionation processes. The remobilization of this residual pollution depends on groundwater fluctuations and the rheological properties of pollutants, varying with environmental heterogeneity and contamination nature. Geophysical imaging, especially complex electrical resistivity or induced polarization (IP), offers a non-intrusive and continuous solution to fill information gaps regarding hydrocarbon pollution. Additionally, during groundwater fluctuations, LNAPL undergoes changes in distribution and chemical nature (pure, dissolved, and gaseous phases), requiring precise geochemical characterization to calibrate geophysical responses.

In this thesis project, it is proposed to develop geophysical approaches (combining multiphase modeling with complex electrical resistivity) in a multiphase environment typical of a LNAPL-contaminated aquifer, linking responses to the fine characteristics (nature and distribution) of organic contaminants. This combined approach will improve the interpretation of geophysical measurements in the laboratory, on large-scale lysimeter setups under controlled conditions, and at a polluted field site. Therefore, experimentation, numerical resolution of transport equations, and calibration of geophysical signals through fine molecular analysis of contaminants in various compartments (pure, dissolved, gaseous phases) will allow for the assessment of pollutant variations induced by groundwater fluctuations.

SCIENTIFIC OBJECTIVES AND PLANNING

The overall objective of this thesis project is (i) to better assess the impact of variations in the height of the water table on the mechanisms of hydrocarbon release using indirect methods, (ii) to evaluate and compare the capacity different methods of monitoring/characterization of the saturation distribution of LNAPL in soils (piezometric vs. geophysical measurements and probes installed in situ) and (iii) to develop a methodology to estimate the variation in pollutant concentration in heterogeneous soil based on geophysical data via petro-physical models developed or adapted. In order to arrive at these estimates, a petro-physical model allowing the three-phase flow to be linked to geophysical data will have to be developed.

THESIS PLANNING

Year 1: i) Laboratory experiments (TEMPE cell and 2D tanks) to obtain the constitutive relationships of three-phase flow and understand the dynamic effect on LNAPL distribution. ii) Conducting drainage-imbibition experiments and two-phase tests to characterize three-phase flows.

Year 2: i) Experiments in large-scale lysimeter columns (2 m³) to simulate different groundwater dynamics and study the variation of geophysical parameters. ii) Studying the lysimeter columns under groundwater fluctuations based on groundwater chronicles for temporal integration.

Year 3: i) Acquisition of geophysical and geochemical data at a pilot site to characterize the initial pollution state. ii) Conducting four field sampling campaigns and electrical resistance surveys for pollution monitoring.

This multi-scale approach (laboratory - lysimeter - reel site) combining geophysical and geochemical approaches will ultimately improve the prediction of LNAPL contaminant dynamics in a groundwater fluctuation context.

REQUIRED SKILLS

- Background in geophysics and/or geochemistry. Knowledge of flow and transport in porous media would be appreciated.
- Strong interest in experimental study of physico-chemical phenomena.
- Motivation to work on a collaborative project between academia and industry.

APPLICATION PROCEDURE

A CV should be sent to the supervisors, along with your main motivations to be included in your message.

REFERENCES

Cavelan A. et al., An experimental multi-method approach to better characterize the LNAPL fate in soil under fluctuating groundwater levels, *Journal of Contaminant Hydrology*, Volume 262, March 2024, 104319. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104319>.

Cavelan, A. et al., A critical review of the influence of groundwater level fluctuations and temperature on LNAPL contaminations in the context of climate change, *Science of the Total Environment*, 2022, 806, 150412. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150412>.

Proposition de sujet de thèse en géophysique/géochimie 2024-2027

Date limite pour postuler : 31/07/2024

Sujet de thèse : Étude expérimentale de l'impact des fluctuations de la nappe phréatique sur la mobilisation des hydrocarbures pétroliers

Lieu : BRGM-Orléans (18 mois) ; LIEC-Nancy (18 mois)

Date de début : premier semestre 2024

Encadrants : Pierre Faure-Cattelain (pierre.faure@univ-lorraine.fr), Jacques Deparis (j.deparis@brgm.fr), Dorian Davarzani (d.davarzani@brgm.fr)

CONTEXTE GENERAL

Les NAPL sont des contaminants organiques non miscibles et peu solubles dans l'eau, se déplaçant dans les sols et les eaux souterraines sous forme de liquides huileux. Le projet de thèse se concentre sur les LNAPL, plus légers que l'eau, principalement constitués d'hydrocarbures pétroliers raffinés, représentant une part significative des pollutions en France. Les méthodes de récupération du LNAPL flottant incluent le pompage/écrémage et les techniques passives telles que les tranchées drainantes. Cependant, une quantité résiduelle de LNAPL reste piégée sous forme de gouttelettes/lentilles, influencée par les caractéristiques du milieu et les processus de fractionnement. La remobilisation de cette pollution résiduelle dépend des battements de nappes et des propriétés rhéologiques des polluants, variant selon l'hétérogénéité du milieu et la nature de la contamination. L'imagerie géophysique, notamment la résistivité électrique complexe ou la polarisation induite (PI), offre une solution non intrusive et continue pour combler les lacunes d'information concernant la pollution par les hydrocarbures. De plus, au cours des battements de nappe, le LNAPL voit sa répartition et sa nature chimique évoluée (phase pure, dissoute et gazeuse) auxquels s'ajoute également les processus de (bio)dégradation impliquant la nécessité d'une caractérisation géochimique précise pour calibrer les réponses géophysique.

Dans le cadre de ce projet de thèse, il est proposé de déployer/développer des approches de géophysiques (combinaison de la modélisation multiphasique avec celle de la résistivité électrique complexe) dans un milieu multiphasique typique d'une nappe contaminée par du LNAPL en reliant les réponses aux caractéristiques fines (nature et répartition) des contaminants organiques. Cette approche combinée permettra d'améliorer l'interprétation des mesures géophysiques au laboratoire, sur des dispositifs lysimétriques de grandes tailles en conditions contrôlées puis sur un site atelier pollué.

Ainsi, l'expérimentation, la résolution numérique de s équations de transport et la calibration des signaux géophysiques par l'analyse moléculaire fine des contaminants dans les différents compartiments (phase pure, dissoute, gazeuse) permettront de d'évaluer les variations des teneur en polluant induit par les battements de nappe.

OBJECTIF SCIENTIFIQUES ET PLANNING

L'objectif global de ce projet de thèse est (i) de mieux évaluer l'impact des variations de hauteur de la nappe sur les mécanismes de relargage des hydrocarbures à partir de méthodes indirecte, (ii) d'évaluer et de comparer la capacité de différentes méthodes de suivi/caractérisation de la distribution de saturation du LNAPL dans les sols (mesures piézométriques vs. géophysiques et sondes installées *in situ*) et (iii) de développer une méthodologie pour estimer les variation de concentration de polluant dans le sol hétérogène à partir des données géophysiques via des modèle pétrophysiques développés où adaptés. Afin de parvenir à ces estimations, un modèles pétrophysiques permettant de relier l'écoulement tri-phasique aux données géophysiques devra être développé.

PLANNING DE THESE

Année 1 : i) Expérimentations au laboratoire (cellule de TEMPE et bacs 2D) pour obtenir les relations constitutives d'écoulement tri-phasique et comprendre l'effet dynamique sur la distribution LNAPL. ii) Réalisation d'expériences de drainage-imbibition et d'essais diphasiques pour caractériser les écoulements tri-phasique.

Année 2 : i) Expérimentations dans des colonnes lysimétriques de grande taille (2 m³) pour simuler différentes dynamiques de nappe et étudier la variation des paramètres géophysiques. ii) Soumission des colonnes lysimétriques à des variations de nappes basées sur les chroniques des eaux souterraines pour intégration temporelle.

Année 3 : i) Acquisition de données géophysiques et géochimiques sur un site atelier pour caractériser l'état initial de pollution. ii) Réalisation de quatre campagnes de prélèvements sur le terrain et relevés des résistances électriques pour le suivi de la dépollution.

Cette approche multi-échelle (laboratoire – lysimètre – site atelier) combinant des approches géophysiques et géochimiques permettra *in fine* d'améliorer la prédiction de la dynamique des contaminants issues de LNAPL dans un contexte de battement de nappe.

PROFIL RECHERCHÉ

- Formation en géophysique et/ou géochimie. La connaissance de l'écoulement et du transport en milieux poreux serait appréciée. - Fort goût pour l'étude expérimentale des phénomènes physico-chimiques. - Forte motivation pour le travail en équipe sur un projet collaboratif entre l'institution académique et l'industrie.

MODALITE DE CANDIDATURE

Un CV est à adresser aux encadrants, avec vos motivations principales à indiquer dans votre message.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cavelan A. et al., An experimental multi-method approach to better characterize the LNAPL fate in soil under fluctuating groundwater levels, Journal of Contaminant Hydrology, Volume 262, March 2024, 104319. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104319>.

Cavelan, A. et al., A critical review of the influence of groundwater level fluctuations and temperature on LNAPL contaminations in the context of climate change, Science of the Total Environment, 2022, 806, 150412. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150412>.