



Année 2019-2020 – Sujet de stage recherche, niveau Master 2 ou Ingénieur

Intitulé du stage : Caractérisation morphologique, texturale, minéralogique et géochimique des carottes de forage d'un site d'observation de l'aquifère des calcaires de Beauce (projet O-ZNS) à partir du scanner de carotte et du minilab de terrain développés dans le cadre du projet européen H2020 SOLSA.

Contexte : La Zone Non Saturée (ZNS) – zone allant de la surface du sol jusqu'au toit de la nappe phréatique – est un lieu d'intenses transferts de masse et de chaleur rendant l'aquifère particulièrement vulnérable aux contaminations d'origine anthropique. Le fonctionnement complexe de la ZNS est encore mal compris du fait de la spécificité des sites sur lesquelles des données ont été acquises (notamment les sites du réseau « Critical Zone »), ce qui justifie la mise en place d'observatoires scientifique de la ZNS en Beauce.

La plateforme « Observatoire des transferts dans la Zone Non Saturée (O-ZNS) », financée dans le cadre du programme scientifique régional PIVOTS (Plateformes d'Innovation de Valorisation et d'Optimisation Technologique environnementales), a pour principal objectif scientifique d'acquérir dans la durée des données originales et uniques sur les transferts réactifs de matière (eau, solutés, contaminants, gaz) et de chaleur dans la ZNS, afin de suivre *in situ* et en temps réel les processus physiques, chimiques et biologiques fortement couplés s'y déroulant sur le long terme. L'originalité de ce projet « O-ZNS » réside dans les dimensions exceptionnelles du puits prévu avec un diamètre ~ 4 m et une profondeur ~ 20 m qui va permettre l'accès à l'ensemble de la zone non saturée de l'aquifère de Beauce, depuis la surface du sol jusqu'au toit de la nappe. Cette infrastructure de recherche, dont l'installation est prévue en 2020, est réalisée en contexte agricole dans la commune de Villamblain (~30 km au Nord-Ouest d'Orléans).

Dans ce contexte, l'obtention d'informations géochimique et minéralogique sur les carottes de forage extraites lors de la mise en place de l'observatoire est un prérequis afin de contraindre au mieux la zone d'étude. Les systèmes analytiques de terrain développés dans le cadre du projet européen H2020 SOLSA, associant un scanner de carotte (appelé ID2A) et un minilab (appelé ID2B) offre une opportunité unique d'acquérir ces informations sur l'ensemble des carottes de forage O-ZNS. En effet, le scanner de carotte ID2A combine pour la première fois des analyses morphologiques, texturales, minéralogiques et chimiques sur des carottes de forage, à l'aide d'un profilomètre, d'une caméra RVB, de deux caméras hyperspectrales (VNIR, SWIR) et d'un spectromètre à fluorescence X. Le développement d'un tel scanner nécessite une intégration précise et en temps réel des données acquises dans un méga-fichier unique (fusion de données). Cette opération est effectuée à l'aide d'un modèle spatio-temporel 3D permettant de générer une description métrique des carottes scannées. Le traitement des données fusionnées est réalisé à l'aide de différents algorithmes (forme et taille des grains, identification des minéraux, des structures...) permettant d'extraire et de corrélérer automatiquement les caractéristiques géologiques et de construire une cartographie des carottes scannées en temps réel.

Les caractéristiques minéralogiques et chimiques des carottes de forage O-ZNS seront approfondies à partir d'analyse ponctuelle sur des échantillons prélevés directement sur les carottes et préparés sous la forme de poudre avant d'être analysés par le minilab de terrain ID2B combinant diffraction des rayons X, fluorescence des rayons X et spectrométrie Raman permettant de quantifier les phases cristallines identifiées.

Objectifs du stage : La-e stagiaire devra caractériser la morphologique, la texturale, la minéralogie et la géochimie des carottes extraites à partir des forages de l'observatoire O-ZNS en utilisant le scanner de carotte ID2A et le minilab de terrain ID2B développés par Thermo Fisher Scientific en collaboration avec le BRGM. Il sera également mis à contribution dans le développement (algorithmes de traitement des données) et la validation des systèmes analytiques SOLSA.

Ce travail va permettre : (1) d'affiner l'identification des faciès géologiques (typologie et texture des formations), (2) de caractériser les processus d'altération (nature et répartition des phases d'altérations : *e.g.*, carbonates, argiles, oxydes, silice), (3) d'analyser les structures (fissures, micropores, interconnectivité de la microporosité, etc.) relevant de la formation et de l'altération des roches de la ZNS.

La-e stagiaire participera, avec le soutien de l'équipe encadrante, à l'élaboration d'une approche méthodologique d'analyse visant à répondre à ces questions scientifiques. Les principales tâches à réaliser sont :

- Réaliser une étude bibliographique détaillée sur la zone non saturée (ZNS) afin d'identifier les principaux paramètres pouvant influencer ce type de contexte.
- Décrire et identifier les caractéristiques géologiques macroscopiques (couleur, texture, structure, lithologie) sur un des forages O-ZNS (forage de 20 m de longueur).
- A partir du scanner de carotte ID2A, acquérir l'ensemble des carottes du forage sélectionné, traiter les données acquises et les interpréter.
- Identifier les zones d'intérêts (singularités) à partir de ces données interprétées afin de les analyser sur le minilab de terrain ID2B.
- Participer à l'élaboration des codes numériques de traitement des données.
- Réaliser une synthèse des résultats et les replacer dans le contexte de l'étude.

Profil du candidat :

- Élève en Master 2 ou 3^{ème} année d'école d'ingénieur dans le domaine des géosciences. Une expérience sur les problématiques environnementales et dans l'analyse de géomatériaux est souhaitable.
- Bon niveau en programmation (Matlab et Scilab) afin d'utiliser et participer au développement numérique des algorithmes de traitement.
- Capacités d'analyse et de synthèse, goût du travail en équipe et motivation pour l'activité scientifique expérimentale et de recherche.

Contacts :

Sylvain Delchini (s.delchini@brgm.fr) ; Gautier Laurent (gautier.laurent@univ-orleans.fr) ; Fabrice Muller (fabrice.muller@univ-orleans.fr) ; Bouamama Abbar (bouamama.abbar@cnrs-orleans.fr)

Conditions pratiques :

- Laboratoire d'accueil : ISTO ou BRGM
- Déroulement du stage : la-e stagiaire organisera son temps entre :
 - o ISTO et BRGM pour l'interprétation des données et les replacer dans le contexte de l'étude
 - o Thermo Fisher Scientific pour l'acquisition des données et leur traitement en lien avec les ingénieurs développant les outils analytiques (site d'Artenay).
 - o Cette organisation implique que la-e stagiaire devra être mobile.
- Durée du stage : 4 mois minimum
- Indemnité : 568,76 € bruts par mois (source de financement projet O-ZNS)
- Date de début du stage souhaitée courant janvier-février 2020.