**Doctorat (3 ans) BEF, INRA Grand Est-Nancy, France**

**Rôle des minéraux à organisation à courte distance sur la séquestration du carbone dans les sols forestiers**

Contexte sociétal et scientifique

L’usage des terres à des fins agricoles contrecarre le fonctionnement naturel des écosystèmes et induit la dégradation de la ressource sol. Dans le même temps, les prévisions estiment que la production agricole devra être multipliée par 1,85 pour répondre à la demande alimentaire de 9 milliards de personnes d'ici 2050. Les pratiques agro-écologiques doivent donc répondre à deux objectifs principaux de façon simultanée -minimiser la dégradation des sols, tout en améliorant leurs services écosystémiques. Les stratégies agro-écologiques mises en oeuvre pour restaurer le fonctionnement naturel des sols visent principalement à améliorer le réservoir de matière organique. Cela représenterait une stratégie « gagnant-gagnant » puisque le stockage du C à long terme dans les sols est également un enjeu majeur de l’atténuation des changements climatiques. Ceci a d’ailleurs été récemment mis sur le devant de la scène par le ministre français de l’agriculture dans son annonce du lancement de l’initiative “4 pour 1000” à l’occasion de la COP21.

Il est donc nécessaire d’aller vers une meilleure compréhension des mécanismes qui contrôlent la stabilisation des matières organiques dans les sols. Il est considéré que les surfaces des minéraux jouent un rôle prépondérant dans le stockage du C. Le projet ANR nanoSoilC qui a démarré en 2017 se focalise spécifiquement sur les interactions organo-minérales. L’objectif global du projet est d’expliquer les processus de stabilisation et déstabilisation de la matière organique du sol en décrivant les mécanismes qui contrôlent les interactions organo-minérales aux échelles nanométriques. Les complexes organo-minéraux considérés à nano-échelle sont appelés nCOMx.

Projet scientifique de la thèse

Ce sujet de thèse vise à mieux comprendre le rôle des minéraux amorphes du sol dans la séquestration du carbone des sols forestiers. Le projet est basé sur deux approches complémentaires. D’une part, une approche expérimentale aura pour but de comprendre les processus fins de formation et de déstabilisation des associations entre matière organique et minéraux amorphes. D’autre part, l’exploitation d’une base de données issues d’un large panel de de sols aura pour but d’identifier les déterminants du stock de carbone à l’échelle du profil de sol et des horizons pédologiques, en examinant notamment la teneur en minéraux amorphes. Les sols de la base présentent des caractéristiques pédologiques variées et sont connus avec précision pour leur fonctionnement biogéochimique (sites d’étude BEF - réseau Renecofor) La finalité opérationnelle sera de développer des indicateurs pertinents de capacité de stockage supplémentaire en fonction de conditions environnementales, notamment en relation à certaines pratiques de gestion sylvicole. Le travail sera divisé en deux parties.

***Tâche 1: Approche expérimentale des conditions de déstabilisation des associations matière organique –minéraux amorphes (nCOMx) et quantification des taux de dégradation de la matière organique stabilisée dans nCOMx.***

Des incubations seront effectuées pour tester l'impact de différents facteurs sur la stabilité des nCOMx, en étudiant l'altération des minéraux impliqués dans le nCOMx et la dégradation de la matière organique impliquée dans nCOMx. Les facteurs testés seront le type d'interactions (adsorption ou coprécipitation), la nature du minéral initial, le degré d'altération de la surface minérale, les conditions physico-chimiques ainsi que l'accessibilité spatiale aux micro-organismes.
Ces approches expérimentales seront d'abord conduites en laboratoire, en utilisant des systèmes simplifiés en colonnes (Calvaruso et al., 2006), puis in situ.

***Tâche 2: Étude de la base de données fonctionnelles de l'Unité de Recherche «  Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers » (BEF) afin d'identifier les facteurs pédogénétiques déterminant le stockage du C à l’échelle du profil de sol.***

L'unité de recherche BEF a développé une expertise unique dans la mise en place et l'exploitation de sites d'observation et dans des expérimentations hautement instrumentées, aussi bien dans les écosystèmes de forêts tempérées que tropicales. Ces sites sont très bien caractérisés pour leurs propriétés pédoclimatiques et ont été surveillés à long terme (jusqu'à 40 ans de suivi) en mesurant les stocks et les flux d'eau, de nutriments, de carbone...

L’exploitation de cette base de données fonctionnelles sur des profils de sols forestiers de l’unité BEF sera conduite de façon à déterminer si les conditions de pédogenèse induisant la précipitation des minéraux amorphes permettent d’expliquer les stocks de carbone. L’étudiant cherchera également à déterminer si la matière organique associée aux amorphes est jeune ou ancienne par l’acquisition de données complémentaires indicatrices de l’âge du C, tels que le C des débris particulaires (POM) indicateur du C jeune, ou des données radiocarbone (14C) indicatrices de l’ancienneté du C (Moni et al., 2012 ; Mathieu et al., 2015). Ces données complémentaires ne seront acquises que pour un nombre limité de profils de sol, sélectionnés sur des critères de stocks importants de C et d’amorphes et de typologie de sol.

Le doctorant poursuivra l’analyse de la base de données en examinant d’autres déterminants potentiels du stock de C dans le profil de sol. Il cherchera alors à exprimer une fonction indicatrice du stock de C en fonction de la typologie des sols (par exemple, basés sur le stock de minéraux amorphes, sur la distribution du profil racinaire, sur les transferts verticaux de matière).

**Compétences cognitives et techniques qui seront acquises par le doctorant**

Le doctorant va acquérir des compétences en biogéochimie, sciences du sol, en traitement de données. Il gagnera un savoir-faire sur des techniques analytiques de pointe. Il développera non seulement une connaissance à l’échelle fine du fonctionnement des associations organo-minérales, mais également à une échelle plus globale. Cette double compétence devrait lui ouvrir les portes non seulement du monde professionnel académique, mais également du monde de l’opérationnel et des porteurs d’enjeux. Le doctorant sera amené à interagir avec de nombreuses personnes, en raison de l’intégration de son projet de thèse à un projet ANR, ce qui sera également un atout pour son insertion dans la vie professionnelle.

Le projet ANR nanoSoilC et la contribution des scientifiques du projet nanoSoilC au travail de thèse

La thèse s’intègre dans un projet ANR nanoSoilC 2017-2021. Ce projet se focalise (1) sur les mécanismes de formation des nCOMx (au cours des phases de formation, d’équilibre et de remédiation des sols) et (2) sur les mécanismes de déstabilisation des nCOMx (au cours de phases de perte de C par transition foret/culture). Ces différents mécanismes sont abordés par des approches complémentaires : des expériences de laboratoire et de terrain mais également par des approches innovantes de modélisation.

Le consortium rassemble quatre partenaires (BEF, CEREGE, ECOSYS et Recyclage& Risques) représentant 5 instituts français (INRA, CNRS, Aix-Marseille Univ., Collège de France et CIRAD). Le panel d’expertise, allant de la science des nanoparticules jusqu’aux sciences du sol, promet des avancée innovantes.

D. Derrien et M.-P. Turpault superviseront conjointement le travail de doctorat. M.-P. Turpault supervisera les travaux expérimentaux liés à l'altération minérale, tandis que D. Derrien supervisera les travaux relatifs à la caractérisation et à la dégradation de la matière organique. L'isolement et la caractérisation du nCOMx seront réalisés en étroite collaboration avec les scientifiques du groupe CEREGE (I. Basile - coordinateur du projet nanoSoilC, C. Levard, S. Legros, J. Balesdent). Le/la doctorant/e interagira également avec des scientifiques du groupe de recherche BEF et de l'Office français des forêts.

Conditions

Le salaire net s'élève à environ 1 400 euros. Il est financé par l’ANR et le département EFPA de l’INRA.

Les travaux seront réalisés principalement au laboratoire BEF de l’INRA Champenoux, à proximité de Nancy (accès gratuit par bus) avec des missions régulières en France pour réaliser les analyses qui seront nécessaires.

Profil requis

Le candidat doit posséder un Master 2 dans l'un des domaines suivants: sciences du sol et / ou sciences de la terre et / ou sciences de l'environnement et / ou sciences de la vie. Les spécialisations en méthodes de caractérisation de la matière organique / spectrométrie de masse / minéralogie ou pédologie de terrain sont des atouts supplémentaires.

Afin de satisfaire aux exigences de la documentation et de la publication des résultats scientifiques, le candidat doit maîtriser l'anglais. Le candidat doit être capable de travailler de manière autonome, de s’impliquer pour répondre aux besoins du collectif, et d'avoir une attitude ouverte vis-à-vis des partenaires internes et externes au projet. L'accent sera également mis sur les aptitudes du candidat à travailler en équipe. Les candidats sélectionnés seront invités à des entretiens sur place ou par visio-conférence.

Contacts

D. Derrien (delphine.derrien@inra.fr) & M.-P. Turpault (marie-pierre.turpault@inra.fr)

Soumettez votre candidature avec un CV détaillé, une lettre d'accompagnement et des copies des diplômes et notes délivrés par les universités fréquentées après l'école secondaire, ainsi que les noms des scientifiques qui pourraient être contactés par le jury de sélection.

Les étudiants des pays européens et non européens sont invités à postuler.

Le processus de sélection débutera le 1er mars 2017 et se poursuivra jusqu'à ce que le poste soit pourvu. Début prévu du doctorat: septembre ou octobre 2017.

Références bibliographiques

Basile-Doelsch, I., Derrien, D., Amundson, R., Balesdent, J., Borschneck, D., Doelsch, E. and Levard, C. (2015) Dynamics of organic compounds associated with non-cristalline minerals in andosols: a key for understanding long term SOM stabilization in any soils?, Soil Organic Matter 2015, Structure Origine Mechanisms, Göttingen, Germany.

Calvaruso, C., Turpault, M. P., & Frey-Klett, P. (2006). Root-associated bacteria contribute to mineral weathering and to mineral nutrition in trees: a budgeting analysis. Applied and Environmental Microbiology, 72(2), 1258-1266.

Kleber, M., Eusterhues, K., Keiluweit, M., Mikutta, C., Mikutta, R. and Nico, P.S. (2015) Chapter One - Mineral–Organic Associations: Formation, Properties, and Relevance in Soil Environments, in: Donald, L.S. (Ed.), Advances in Agronomy. Academic Press, pp. 1-140.

Kögel-Knabner, I., Guggenberger, G., Kleber, M., Kandeler, E., Kalbitz, K., Scheu, S., Eusterhues, K. and Leinweber, P. (2008) Organo-mineral associations in temperate soils: Integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171, 61-82.

Moni, C., Derrien, D., Hatton, P.J., Zeller, B. and Kleber, M., 2012. Density Fractions versus Size Separates: Does Physical Fractionation Isolate Functional Soil Compartments? Biogeosciences 9, 5181-5197.

Mathieu, J. A., Hatté, C., Balesdent, J., & Parent, É. (2015). Deep soil carbon dynamics are driven more by soil type than by climate: a worldwide meta-analysis of radiocarbon profiles. Global change biology, 21, 4278-4292.