**Doctorat (3 ans) au CEREGE, Aix-en Provence, France**

**Dynamique du carbone dans les sols : évolution des mécanismes d’interactions organo-minérales au cours de changements d’usage foret / culture**

Contexte sociétal, contexte 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 du doctorat

Le travail de doctorat visera à comprendre le devenir des interactions organo-minérales lors des transitions d’usage sol forêstier /sol cultivé vers le sol de culture. L'objectif est de quantifier le pool C inclus dans les nCOMx et déterminer leur dynamique lors de la transition forêt / culture. L'impact des facteurs « minéralogie du sol » et « climat » sera aussi considéré. En outre, nous allons explorer la généricité de nos résultats en proposant la quantification nCOMx comme un indice du pool de C stabilisé dans les sols.

Le travail expérimental sera divisé en deux parties:

##### Partie 1: Identification des sites forêt/culture pertinents

Cette partie en 2 volets sera consacrée à une sélection des sols:

- Volet 1. Étude exploratoire pour sélectionner les sols en fonction des critères suivants: (i) trois climats contrastés représentatifs des conditions climatiques de la France (climats semi-océaniques, méditerranéens et tropicaux); (ii) trois minéralogies contrastées (sols développés sur roche plutonique (granite), roche volcanique (andésite) et roche sédimentaire (sédiments argileux calcaires); et (iii) 5 sites présentant une combinaison de deux modalités (forêt et culture).

- Volet 2. Analyses sur cinq sites sélectionnés (échantillonnage de la tarière de 0-30 cm): l'objectif est d'étudier le contraste attendu en C organique entre la forêt et son equivalent cultivé. Les sites seront sélectionnés pour la partie 2 de la thèse si la concentration du sol forestier est environ deux fois plus élevée que la concentration du sol cultivé. Cette sélection représente cinq sites d’étude et 10 profils de sols.

##### Parie2: interactions organo-minérales dans les profils de sols

La deuxième partie comporte trois volets expérimentaux:

- Volet 1. Pour les 10 profils sélectionnés dans la partie 1, les fosses seront ouvertes jusqu'à 1 m, décrites et échantillonnées. Les échantillons seront analysés pour l'analyse conventionnelle des sols (TOC, TN, pH, CEC), la minéralogie (par XRD) et les éléments majeurs (par ICP-AES).

- Volet 2. Dans chaque profil, deux échantillons seront sélectionnés au-dessus et au-dessous de la semelle de labour (environ 15 cm et 50 cm de profondeur). Pour chaque échantillon, les nCOMx seront extraits par filtration tangentielle (TFF) pour collecter des particules de sol jusqu'à quelques nanomètres. Pour chaque fraction, la matière organique sera caractérisée: TOC, éléments majeurs et RMN (ou FTIR si la RMN n'est pas envisageable en raison de la teneur en Fe). La dynamique du C des fractions sera évaluée à l'aide de mesures au 14C par AMS MICADAS (Bard et al., 2015, Tisnérat-Laborde et al., En préparation). Les nCOMx seront caractérisés aux nano-échelles par des méthodes spectroscopiques adaptées (STXM, TEM) en collaboration avec des partenaires du projet nanoSoilC.

- Volet 3. Enfin, nous chercherons proposer à un indice simple pool de C stable des sols basé sur les nCOMx. La quantification de nCOMx dans les sols par des extractions chimiques sera testée et comparée aux résultats de TFF. Si les deux approches montrent des résultats convergents, cette expérience validera l'utilisation de l'extraction chimique pour quantifier le nCOMx sur une large gamme de types de sols, de minéralogies du sol et d'utilisation des terres. Sur la base de cette corrélation, nous examinerons la littérature pour identifier si la quantification de nCOMx peut représenter un indice prometteur d'OM stabilisées dans les sols.

Nous nous attendons d’abord à déterminer les stocks de C dans les profils de sols. Nous serons en mesure de déterminer la perte nette de C par la transition d’usage du sol et d’évaluer l’impact des paramètres minéralogiques et climatiques. Dans le second volet, nous déterminerons les pools de C et leur dynamique dans les fractions extraites. Nous nous attendons à observer des variations marquées dans les pools de C associé aux nCOMx avant et après la mise en culture. Nous validerons (ou non) l’hypothèse que la perte des MO est fortement liée à la déstabilisation des nCOMx. Enfin, dans le troisième volet, nous montrerons si il existe une correlation entre quantité de nCOMx / stocks de C / temps de résidence moyen du C.

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 au sein de 4 Work Packages. La formation des nCOMx est abordée par des expériences de laboratoire (WP1) et de terrain (WP4). La déstabilisation des nCOMx est aussi abordée en laboratoire (WP1) et sur le terrain (WP3), mais également par des approches innovantes de modélisation (WP2). La thèse s’intègre spécifiquement dans le WP3. Le consortium rassemble quatre partenaires (CEREGE, ECOSYS, BEF et Recyclage& Risques) représentant 5 instituts français (CNRS, Aix-Marseille Univ., Collège de France, INRA et CIRAD). Le panel d’expertise, allant de la science des nanoparticules jusqu’aux sciences du sol, promet des avancée innovantes.

I. Basile-Doelsch, coordinatrice du projet nanoSoilC, supervisera le travail de doctorat. L'étudiant mettra en œuvre le travail pour les sols métropolitains (travail sur le terrain, échantillonnage et analyses des sols). T. Woignier effectuera l'échantillonnage à la Martinique (climat tropical). Pour tous les travaux sur le terrain, le doctorant sera assisté par A. Duvivier (personnel technique) et d’autres participants de nanoSoilC. Le fractionnement de TFF sera effectué avec A. Duvivier et S. Legros. C. Hatté, E. Bard, T. Tuna et Y. Fagault contribueront aux mesures du 14C. Les analyses spectroscopiques aux nano-échelles seront supervisées par C. Levard.

Conditions et localisation

Le salaire net mensuel s'élève à 1 515 euros. Il inclut la cotisation retraite, chomage, et la couverture maladie partielle (pour la couverture santé totale, le coût estimé est d'environ 40 €/mois pour un étudiant, selon la compagnie d'assurance choisie). Les coûts professionnels seront couverts par le programme.

Les travaux seront réalisés principalement au CEREGE (Aix-en-Provence, France) avec des missions régulières et fréquentes pour réaliser l'échantillonnage et les analyses. Le CEREGE est un laboratoire de recherche dans le domaine des sciences de l'environnement. Il réunit des scientifiques issus de différents instituts de recherche (CNRS, INRA AMU, IRD, Collège de France). Il est situé dans la région Provence Alpes Côte d'Azur, à 15 km d'Aix en Provence, dans un parc technologique dédié à l'environnement. Accès en bus depuis Aix-en-Provence et Marseille.

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 / fractionnement physique ou chimique des sols / 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 et candidature

I. Basile-Doelsch (basile@cerege.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 2017.