

1) Titre de la proposition

Utilisation de la spectroscopie moyen infra-rouge pour identifier les espèces de vers de terre et leurs biostructures

2) Responsables scientifiques des différents laboratoires partenaires

- Anne Pando, IR, IRD-iEES
- Céline Pelosi, CR, INRA-EcoSys
- Yvan Capowiez, CR, INRA-EMMAH

3) Laboratoires / organismes

- UMR iEES (FIRE), Institut d'écologie et des sciences de l'environnement
- UMR EcoSys (FIRE), écologie fonctionnelle et écotoxicologie des agrosystèmes
- UMR EMMAH, environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes

4) Durée du projet :

- Date de début : janvier 2018
- Date de fin : Juin 2018

5) Description de la proposition

Objectif :

Ce projet de stage a pour objectif de tester la spectroscopie moyen infra-rouge (MIRS) pour identifier les espèces de vers de terre. L'étudiant cherchera à identifier les longueurs d'ondes du spectre MIRS permettant de discriminer les espèces et à tester la généricité de cet outil pour identifier les vers de terre évoluant dans différents types de sol. A titre exploratoire, ce stage aura également pour objectif d'identifier l'origine spécifique des biostructures dans le sol.

Etat de l'art :

Parmi les organismes du sol, les vers de terre se distinguent du restant de la faune du sol de par l'importance de leurs impacts sur le fonctionnement des écosystèmes. Dans de nombreux milieux, ces espèces dites « ingénieurs de l'écosystème » jouent des rôles clés, par exemple, en influençant la décomposition de la matière organique, le cycle de nutriments, la dynamique de l'eau dans les sols, la régulation des communautés microbiennes et fauniques du sol, ou encore dans la croissance et diversité des plantes (Bottinelli et al., 2015; Jouquet et al., 2006). Comprendre, voire stimuler les populations de vers de terre pour améliorer le fonctionnement des écosystèmes requiert avant tout d'être capable de les identifier mais également de quantifier leurs activités de bioturbation (production de galeries et de déjections). Si les vers de terre que l'on trouve dans les écosystèmes tempérés sont relativement bien connus ce n'est pas le cas en milieu tropical. Leur identification nécessite dans tous les cas l'expertise de spécialistes. Les biostructures produites par les vers de terre sont « relativement uniformes » dans leurs apparences et leur origine est très difficile à déterminer sur le terrain.

La spectroscopie au moyen infrarouge (MIRS en anglais) renseigne sur la composition chimique d'échantillons organiques. Cette méthode est très rapide, reproductible, non destructive, et son coût est très faible. La MIRS mesure l'intensité de l'absorption de la lumière des échantillons pour chaque longueur d'onde compris entre 400 et 4000 cm. Le résultat, sous la forme d'un spectre, offre une signature chimique spécifique aux échantillons et renseigne sur l'abondance de certains groupes fonctionnels comme les liaisons -CH, -OH, et -NH. Cette technique est couramment utilisée pour déterminer les propriétés chimiques des sols (Brunet et al., 2007; Cécillon et al., 2009). Plus récemment la spectroscopie a été utilisée pour identifier l'origine des biostructures (Bottinelli et al., 2013; Hedde et al., 2005; Jouquet et al., 2009; Zangerlé et al., 2016) ainsi que la biodiversité des termites (Jouquet et al., 2014) et des nématodes (Barthès et al., 2011). Ces travaux démontrent les nombreuses possibilités offertes par la spectroscopie.

Méthodologie :

4 espèces de vers de terre seront collectées dans différents sites présentant des conditions agropédologiques contrastées (3 sites autour d'Avignon et 3 sites autour de Versailles). La signature MIRS

sera mesurée sur 120 spécimens (6 sites x 4 espèces x 5 répétitions). Afin de mieux comprendre l'impact du sol sur la variabilité des signatures MIRS, l'étudiant incubera les vers de terre au laboratoire. Les mêmes espèces présentes sur 1 seul site, seront incubées dans 60 boîtes (10 cm x 10 cm) pendant 3 mois, dans 3 sols différents, présentant un gradient de matière organique (4 espèces x 3 sols x 5 répétitions). Les biostructures de même âge (galeries et turricules) seront collectées 1 semaine après incubation et la signature MIRS sera mesurée sur 40 échantillons (2 biostructures x 4 espèces x 1 sol x 5 répétitions). Une fois l'incubation terminée la signature MIRS des vers de terre sera mesurée de nouveau (60 mesures). Des modèles statistiques seront élaborés (PLSR, partial least square regression) afin (i) d'identifier les espèces à partir des longueurs d'ondes MIRS discriminantes ; (ii) de tester la généralité des résultats en comparant les longueurs d'ondes discriminantes MIRS pour une même espèce issue de différentes populations (différents sites géographique) ou d'une même espèce issue d'une même population évoluant dans différents sols (différents sols au laboratoire) ; (iii) de mettre en lien la signature MIRS des vers de terre et celle des biostructures.

Moyens mis à disposition :

Les prélèvements de vers de terre autour d'Avignon seront réalisés par Yvan Capowiez (CR, EMMAH). L'étudiant échantillonnera et identifiera les vers de terre autour de Versailles avec Céline Pelosi (CR, EcoSys). Les analyses MIRS et l'incubation de vers de terre seront réalisés sur le site IRD de Bondy (93) avec Hanane Aroui (IE, iEES) et Anne Pando (IR, iEES). Les traitements statistiques seront réalisés avec Pascal Jouquet (CR, IRD iEES) et Nicolas Bottinelli (CR, iEES).

Perspectives :

Ce stage pourrait se poursuivre par une thèse : (i) un projet ANR-JCJC a été déposé par Nicolas Bottinelli « Prévoir les transferts d'eau via de nouveaux groupes fonctionnels de vers de terre et (ii) une bourse de thèse ministérielle sera également demandée par Nicolas Bottinelli à l'école doctorale ED129.

Références citées :

- Barthès BG, Brunet D, Rabary B, Ba O, Villenave C (2011) Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) could be used for characterization of soil nematode community *Soil Biol Biochem* 43:1649-1659
- Bottinelli N, Capowiez Y, Hallaire V, Ranger J, Jouquet P (2013) Inability of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to identify belowground earthworm casts in no-tillage soil *Appl Soil Ecol* 70:57-61
- Bottinelli N, Jouquet P, Capowiez Y, Podwojewski P, Grimaldi M, Peng X (2015) Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil Tillage Res* 146, Part A:118-124
- Brunet D, Barthès BG, Chotte JL, Feller C (2007) Determination of carbon and nitrogen contents in Alfisols, Oxisols and Ultisols from Africa and Brazil using NIRS analysis: Effects of sample grinding and set heterogeneity *Geoderma* 139:106-117
- Cécillon L, Barthès BG, Gomez C, Ertlen D, Genot V, Hedde M, . . . Brun JJ (2009) Assessment and monitoring of soil quality using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) *Eur J Soil Sci* 60:770-784
- Hedde M, Lavelle P, Joffre R, Jimenez JJ, Decaens T (2005) Specific functional signature in soil macro-invertebrate biostructures *Functional Ecology* 19:785-793
- Jouquet P, Capowiez Y, Bottinelli N, Traoré S (2014) Potential of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for identifying termite species *Eur J Soil Biol* 60:49-52
- Jouquet P, Dauber J, Lagerlof J, Lavelle P, Lepage M (2006) Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops *Appl Soil Ecol* 32:153-164
- Jouquet P, Zangerle A, Rumpel C, Brunet D, Bottinelli N, Duc TT (2009) Relevance and limitations of biogenic and physicogenic classification: a comparison of approaches for differentiating the origin of soil aggregates *Eur J Soil Sci* 60:1117-1125
- Zangerlé A, Hissler C, McKey D, Lavelle P (2016) Using near infrared spectroscopy (NIRS) to identify the contribution of earthworms to soil macroaggregation in field conditions *Appl Soil Ecol* 104:138-147

6) Montants demandés et dates

6 mois selon la gratification en vigueur.

7) intérêts pour la FIRE

Ce projet repose sur l'hypothèse que chaque espèce de ver de terre dispose d'une signature chimique spécifique qui lui est propre et qui peut être mise en évidence par la spectroscopie moyen infrarouge. Cette signature pourrait alors être utilisée pour identifier les différentes espèces de vers de terre et les biostructures qu'ils produisent. Les résultats obtenus dans ce projet auront des répercussions essentielles vis-à-vis de notre appréciation des rôles de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes, qui est une des priorités de la FIRE. Par ailleurs, Ce projet fait appel aux compétences scientifiques de 2 UMR de la FIRE. L'UMR EcoSys sera en charge de l'identification des espèces de vers de terre et du bon déroulement des incubations, tandis que L'UMR iEES supervisera les mesures par spectroscopie moyen infrarouge et les traitements statistiques du signal.

8) Références bibliographiques des équipes

- Bottinelli N, Capowiez Y, Hallaire V, Ranger J, Jouquet P (2013) Inability of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to identify belowground earthworm casts in no-tillage soil *Appl Soil Ecol* 70:57-61
- Jouquet P, Henry-des-Tureaux T, Mathieu J, Thuy DT, Toan TD, Orange D (2010) Utilization of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to quantify the impact of earthworms on soil and carbon erosion in steep slope ecosystem A study case in Northern Vietnam *Catena* 81:113-116
- Jouquet P, Capowiez Y, Bottinelli N, Traoré S (2014) Potential of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for identifying termite species *Eur J Soil Biol* 60:49-52
- Pelosi C, Pey B, Hedde M, Caro G, Capowiez Y, Guernion M, . . . Cluzeau D (2014) Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity *Appl Soil Ecol* 83:79-87
- Pelosi C, Pey B, Caro G, Cluzeau D, Peigne J, Bertrand M, Hedde M (2016) Dynamics of earthworm taxonomic and functional diversity in ploughed and no-tilled cropping systems *Soil Tillage Res* 156:25-32
- Vélasquez E, Pelosi C, Brunet D, Grimaldi M, Martins M, Rendeiro AC, . . . Lavelle P (2007) This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates *Pedobiologia* 51:75-87
- Zangerlé A, Pando A, Lavelle P (2011) Do earthworms and roots cooperate to build soil macroaggregates? A microcosm experiment *Geoderma* 167-168:303-309
- Zhang C, Langlest R, Velasquez E, Pando A, Brunet D, Dai J, Lavelle P (2009) Cast production and NIR spectral signatures of *Aporrectodea caliginosa* fed soil with different amounts of half-decomposed *Populus nigra* litter *Biol Fertil Soils* 45:839-844