

Les organismes du sol comme indicateurs du fonctionnement des sols en grandes cultures

J. Amossé^{1,2}, V. Coudrain^{3,4}, M. Bertrand¹, N. Brunet², H. Boizard², E. Bourgeois⁸, M. Chauvat⁵, N. Cheviron⁴, D. Cluzeau⁶, A. Duparque⁷, M. Hedde⁴, J. Léonard², P-A. Maron⁸, S. Recous³

1 INRA Agronomie Grignon, 2 INRA AgrolImpact Laon, 3 INRA FARE Reims, 4 INRA ECOSYS Versailles, 5 Ecodiv EA1293 Univ. Rouen, 6 EcoBio Univ. Rennes, 7 Agro-Transfert Ressources et Territoires, 8 INRA, AgroEcologie Dijon.

Contexte et objectifs

Dans le contexte agricole actuel, le développement d'indicateurs synthétiques (biologiques et/ou physico-chimiques) est une nécessité afin de répondre aux enjeux de la gestion durable des sols cultivés et des services qui lui sont associés : production agricole, cycles des éléments nutritifs et régulation du climat. Le projet SOFIA (Agrosystèmes et biodiversité fonctionnelle des Sols) mobilise les données expérimentales d'un Observatoire de Recherche en Environnement « Agroécosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité » (<http://www.soere-acbb.com/>). Son objectif scientifique a été d'étudier les effets d'un changement de pratiques agricoles en grandes cultures faisant varier la quantité et la localisation des ressources trophiques, sur la dynamique d'évolution de la biodiversité taxonomique et fonctionnelle des communautés vivantes du sol, et sur les cycles biogéochimiques du carbone (C) et de l'azote (N), et de certaines fonctions écosystémiques: production primaire, structuration du sol, émissions de gaz à effet de serre, décomposition et minéralisation des matières organiques. Le projet s'est donné l'ambition de dégager ainsi des bioindicateurs précoces de changement de fonctionnement des sols après modification des pratiques.

Matériel et Méthodes

L'étude a été menée sur le site expérimental SOERE ACBB à Estrées-Mons (Picardie). L'observatoire s'étend sur une surface de huit hectares de terre arable cultivée, avec un historique ancien de rotations de cultures annuelles. Le sol est limoneux profond (Ortic luvisol ; IUSS, 2014). Le dispositif SOERE a été initié en 2009, avec une rotation de six années selon la succession suivante: pois de printemps, blé d'hiver, colza, orge de printemps, maïs et blé d'hiver. L'expérimentation a débuté en mars 2010 avec une combinaison de six traitements définis suivant le niveau de travail du sol (labour vs. travail superficiel), la gestion des résidus (restitution vs. exportation), le niveau de fertilisation (référence vs. 40% de la référence), l'implantation ou non de légumineuses, l'insertion d'une culture pérenne pendant 6 ans (switchgrass) en alternance avec la rotation de cultures annuelles. Le suivi des variables physiques, chimiques et biologiques a été réalisé chaque année (2010, 2012, 2013 et 2014) à la sortie de l'hiver. Au total, 12 variables physicochimiques, 34 variables biologiques, et les fonctions de minéralisation-organisation de l'azote, décomposition des résidus et émissions de N₂O ont été mesurées sur les parcelles à la surface et/ou dans le sol (couches 0-5, 5-20 ou 0-20 cm) selon les variables considérées.

Résultats et conclusion

Un début de différenciation significative des traitements est apparu à partir de 2012 (+2 ans) pour les traitements avec travail du sol réduit, visible par la stratification dans la couche 0-20 cm du C microbien, de fonctions enzymatiques (e.g. uréase, arylsulfatase) et des flux de minéralisation de N. L'année 2014 (+ 4 ans), l'année de différenciation maximale entre les traitements à l'échelle du projet, a été retenue pour analyser (i) les effets des changements de pratiques sur la diversité des communautés du sol par modélisation des réseaux trophiques (Barnes et al. 2014), et (ii) l'identification des variables les plus explicatives de la fonction de minéralisation d'azote, par un modèle de régression non linéaire (Random Forest, Breiman, 2001).



Le projet SOFIA qui a exploré une large palette de variables biologiques et physico-chimiques montre qu'à l'échelle de l'agrosystème, il est possible de détecter dès +2 ans après la modification des pratiques, des changements significatifs sur les fonctions associées aux transformations de C et N, et après +4 ans, des modifications des réseaux trophiques. Le principal facteur d'influence à cette échelle de temps est le passage d'un labour profond à un labour superficiel, qui conduit à une stratification verticale des compartiments de C et N, de la biomasse microbienne et des flux associés. La réduction du travail du sol conduit alors à une complexification des réseaux trophiques due à l'apparition d'espèces plus sensibles aux perturbations physiques et à la présence de ressources) notamment à la surface du sol. Pour la fonction de minéralisation de l'azote dans la couche de sol 0-5 cm, nos résultats indiquent que le C soluble, le C de la biomasse microbienne et la teneur en N total sont les variables du sol les plus explicatives des variations de minéralisation observées. A l'échelle de 4 années de différenciation, ces variables peuvent être considérées comme les meilleurs indicateurs précoces d'évolution du fonctionnement du sol.

Références bibliographiques

Barnes D.B., Jochum M., Mumme S., Haneda N.F., Farajallah A., Widarto T.H., Brose U. 2014.

Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Nature Communications* 5, 5351, doi:10.1038/ncomms6351

Breiman, L., 2001. Random Forests. *Machine Learning*, 45: 5-32.

Remerciements :

Le projet SOFIA a été soutenu par l'ANR Agrobiosphère (ANR-11-AGRO-0004), qui a financé les bourses post-doctorales de Joël Amossé et Valérie Coudrain.

Joël AMOSSE



est docteur en écologie des sols (Université de Neuchâtel, Suisse). Dans le cadre de sa thèse, il a notamment travaillé sur la définition d'indicateurs de fonctionnement des sols en milieu urbain. Après un post-doctorat sur le projet SOFIA, à UMR Agronomie (INRA Grignon), sur la question de la bioindication dans les sols cultivés, il est actuellement maître de conférences en science des sols à l'Université de Lausanne (Suisse).

Valérie COUDRAIN



est docteur en écologie des communautés (Université de Berne, Suisse). Dans ses différents projets, elle s'est notamment intéressée aux impacts de la gestion du paysage et des pratiques agricoles sur la biodiversité et les interactions trophiques au sein des communautés d'invertébrés. Elle vient de terminer un post-doctorat sur le projet SOFIA dans l'UMR ECOSYS (INRA Versailles) sur la dynamique de la biodiversité du sol dans un système de grandes cultures.

Sylvie RECOUS



est directrice de recherches à l'INRA, dans l'UMR Fractionnement des Agroressources et Environnement (FARE) à Reims. Son activité de recherche concerne les processus de dégradation des matières organiques dans les sols, et les effets sur les cycles de C, N et S. Elle est animatrice scientifique du RMT Fertilisation & Environnement. Elle coordonne actuellement le projet ANR SOFIA (2011-2016). contact : sylvie.recous@reims.inra.fr