

De GenoSol à GenoBiome, mise en place d'une structure analytique pour évaluer l'état biologique du sol

Lionel RANJARD, Samuel Dequiedt, Pierre Alain Maron, Anne Laure Blieux.
UMR Agroécologie-plateforme GenoSol, centre INRA Dijon

Le sol représente avant tout pour l'homme un support de construction et de production agricole. Sa surexploitation depuis le développement de l'agriculture intensive et de l'industrialisation a menée à une érosion significative de sa biodiversité et par la même des fonctions et services remplis par cette biodiversité. Dans ce contexte, il devient donc urgent de fournir aux utilisateurs des sols les moyens d'évaluer l'état biologique de leur support de production et l'impact des pratiques associées (agricoles, industriels). Parmi les organismes indigènes des sols, les communautés microbiennes (bactéries et champignons) sont les plus importantes en densité (10^6 - 10^9 individus/g de sol), en diversité (10^3 à 10^6 espèces/g de sols) et aussi quant à leur implication dans le fonctionnement biologique des sols. Par conséquent, l'état biologique d'un sol sera fortement dépendant du niveau d'abondance et de diversité des communautés microbiennes indigènes. Les communautés microbiennes du sol sont difficiles à caractériser. Ceci s'explique par une accessibilité plus ou moins importante des populations au sein d'une matrice hétérogène et structurée mais aussi par leur densité et diversité très importante qui rend difficile à résoudre l'information obtenue. Toutefois, grâce aux avancées méthodologiques qui ont eu lieu depuis une quinzaine d'années, les études d'écologie microbienne bénéficient maintenant d'une automatisation des outils moléculaires (extraction d'ADN, caractérisation du polymorphisme de l'ADN, séquençage haut débit, métagénomique, métaprotéomique...) permettant la caractérisation des ressources génétiques microbiennes (diversité taxonomique, potentiel génétique et fonctionnel) des sols en moyen débit.

Dans ce contexte, l'UMR Agroécologie de l'INRA de Dijon a créé en 2008 la plateforme « GenoSol » (http://www.dijon.inra.fr/plateforme_genosol), dont l'objectif est de fournir une structure logistique et technique assurant l'acquisition, la conservation, la caractérisation et la mise à disposition des ADN métagénomiques de sols issus d'échantillonnages de grande envergure (plusieurs centaines à plusieurs milliers de sols correspondant à de grandes échelles spatiales et/ou temporelles) (Ranjard et al., 2009). Ces analyses doivent permettre i) de combler le déficit d'approches globales et sans *a priori* qui permettront d'évaluer la contribution des facteurs environnementaux dans l'évolution des sols à long terme, ii) une meilleure connaissance, gestion et valorisation de la biodiversité et iii) une meilleure « finalisation » des résultats obtenus par la traduction de ces ressources génétiques en services écosystémiques dans le souci d'un usage durable des sols.

La plateforme GenoSol s'articule autour de trois activités principales:

- un **Centre de Ressources Métagénomique Microbienne** national sur les sols qui a pour but de stocker et conserver les ressources génétiques (sols et ADN) et de les mettre à disposition de la communauté scientifique.
- une **plateforme technique** permettant le développement et la veille technologique sur les méthodes d'extraction des acides nucléiques des sols et les outils de caractérisation des ressources génétiques microbiennes (génotypage, pyroséquençage, métagénome, métaprotéome, mesure d'activité...).
- un **Système d'Information Environnementale** (SIE) centré sur le développement de la base de données «- MicroSol-database© »- qui permet d'une part de gérer le conservatoire et la traçabilité de ses échantillons et, d'autre part de stocker et d'analyser les données de caractérisation métagénomique des sols (taxonomique, fonctionnelle).

Depuis plus de deux ans la plateforme GenoSol fait face à une demande grandissante provenant i) soit d'industriels de l'agrofourniture ou de l'environnement intéressés par des évaluations environnementales des produits qu'ils commercialisent ou des pratiques qu'ils appliquent, ii) soit par des utilisateurs des sols ou exploitants agricoles pour de petites prestations en termes d'analyses biologiques destinées à évaluer la qualité biologique de leurs sols. Ces demandes spontanées de la part du monde industriel et agricole mettent en évidence l'existence d'un marché pour les indicateurs développés au sein de la plateforme. Toutefois, la réalisation de prestations pour le monde industriel ou agricole n'entre pas dans les attributions de la plateforme, ce qui limite très fortement ses capacités à répondre à cette demande.

C'est dans ce contexte que se développe "GenoBiome", une « business unit » adossée à la plateforme GenoSol et dont la principale mission sera de gérer ces partenariats avec les industriels de l'agrofourniture et de l'agroenvironnement mais aussi de répondre à la demande de petites prestations par les exploitants agricoles et autres utilisateurs de sols. Pour cela, l'activité de GenoBiome s'appuiera sur un véritable tableau de bord analytique de la biologie des sols qui constituera une référence pour l'évaluation de la qualité biologique des sols sur la base des bioindicateurs (densité/diversité/activité des communautés microbiennes) développés par la plateforme GenoSol. GenoBiome représente donc une prolongation finalisée des activités techniques, scientifiques et logistiques de la plateforme GenoSol. A ce titre, elle bénéficie dans sa phase d'émergence d'un appui technique et d'un transfert technologique afin d'exploiter les derniers développements de la recherche en biologie du sol et de les mettre à la disposition des utilisateurs des sols. L'originalité de GenoBiome

repose sur le fait que peu de laboratoires proposent des analyses biologiques des sols à l'échelle nationale et européenne. Par ailleurs, les structures existantes utilisent des techniques anciennes peu standardisées et surtout ne possèdent pas de référentiels d'interprétation aussi riches que ceux de la plateforme GenoSol, ce qui limite leur champ d'exploitation. En retour, la plateforme GenoSol bénéficiera d'un jeu de données très important pour alimenter sa base de données sur les sols et ainsi améliorer son référentiel d'interprétation (à l'image de la BDAT à l'INRA d'Orléans, unité INFOSOL).

Mini CV Lionel RANJARD

Diplôme d'un doctorat en écologie microbienne du sol de l'Université de Lyon I en 1999, L Ranjard a intégré l'INRA de Dijon en 2001 après un post doctorat de deux ans en génétique microbienne. Au sein de l'UMR Agroécologie, sa thématique de recherche est de mieux définir et comprendre la dynamique et l'assemblage des communautés microbiennes telluriques en fonction des perturbations et filtres environnementaux. Pour répondre à cet objectif, il a participé au développement de nombreux outils d'écologie moléculaire et mathématiques permettant la caractérisation de la densité et de la diversité des communautés indigènes. Après avoir étudié les variations des communautés microbiennes en réponse à des apports de composés exogènes (ETM, matière organique) sur de nombreux sites expérimentaux de l'INRA ainsi que sur des expérimentations en conditions contrôlées, il a mis en place une stratégie d'étude des communautés microbiennes à grande échelle sur les sols du RMQS (réseau de mesure de la qualité des sols, projet ECOMIC-RMQS). Une telle approche lui a permis d'intégrer les grandes échelles spatiales en écologie des communautés et ainsi d'aborder les concepts de biogéographie mais aussi, d'augmenter significativement la généralité des résultats obtenus à propos de l'assemblage des communautés microbiennes telluriques.

En parallèle, il s'est fortement investi dans la création de la plateforme GenoSol qui a permis d'améliorer significativement les capacités logistiques et techniques de l'INRA pour répondre aux enjeux et challenges de projets de grande envergure dont le projet ECOMIC-RMQS (ANR), EcoFinders (EU FP7) ou MetaTAXOMIC-RMQS (France génomique). En 2012, la plateforme GenoSol a été partenaire du projet ANAEE-S qui a été lauréat des investissements d'avenir (« Infrastructure en biologie et santé »). Au sein de ce projet, la plateforme est reconnue comme un outil stratégique pour la conservation et la caractérisation de la biologie des écosystèmes terrestres au sein d'un réseau national de sites expérimentaux de l'INRA et du CNRS et de différentes universités.

Ces perspectives de recherche fondamentale sont l'étude de la distribution spatiale de la diversité microbienne à différentes échelles spatiales (α , β et γ diversité) afin d'identifier quels filtres environnementaux structurent la diversité aux différentes échelles. Cette perspective passe par l'acquisition des techniques de séquençage massif et de bioinformatique (grâce à la plateforme GenoSol) qui donnent l'opportunité de pouvoir faire des inventaires exhaustifs et robustes de la diversité microbienne des sols sur des échantillonnages de grandes envergures (paysage, région et RMQS). En parallèle, des collaborations étroites au sein et au delà de son équipe de recherche lui permettent de traduire les modifications taxonomiques des communautés microbiennes en termes de fonctionnement biologique du sol et même de commencer à aborder la notion de services écosystémiques que peuvent rendre ces communautés.

D'autre part, des perspectives de recherche plus finalisées avec le développement de bioindicateurs microbiens de l'état biologique des sols pour une meilleure évaluation environnementale des pratiques agricoles (projet Bioindicateurs ADEME) sont aussi envisagées. Sa recherche fondamentale alimente directement cette recherche plus opérationnelle *via* la mise en place de référentiel sur la biodiversité microbienne des sols et des modèles prédictifs de cette biodiversité en fonction des types et des modes d'usage de sols. L'objectif de ces travaux serait de mettre en place un tableau de bord analytique opérationnelle sur la microbiologie des sols afin d'équiper les utilisateurs et gestionnaires des sols pour qu'ils puissent évaluer l'état biologique de leur sol en fonction de leur usage (projet CASDAR AgrInnov, développement de la structure GenoBiome).