

**Le microbiome des sols en grandes cultures :  
un indicateur de la santé et de la productivité des sols en grandes cultures**

**Richard Hogue, Thomas Jeanne, Gilles Tremblay, Noura Ziadi,  
Serge-Étienne Parent, Marie Bipfubusa**

**No de projet : IA116650**

**Durée : 06/2016 – 06/2019**

**FAITS SAILLANTS**

La précision de l'évaluation de la productivité du sol est améliorée par l'ajout des caractéristiques biologiques aux caractéristiques physico-chimiques, agronomiques et environnementales du sol. L'identification de la structure et des fonctions des communautés microbiennes et micro-fauniques du sol a permis d'identifier des indicateurs biologiques de la qualité des cultures et de la productivité des sols. Une base de données a été produite en incluant l'ensemble des paramètres observés sur trois sites expérimentaux de longue durée (CEROM; AAC à l'Acadie et AAC à Normandin). La régie de semis direct a clairement un effet distinctif par rapport à la régie du labour. Des liens ont été faits entre la stratification biologique induite par la régie du travail de sol et une augmentation du taux carbone total, de la respiration microbienne et de la quantité de micro-organismes dans les premiers xxx centimètres du sol. La régie de semis direct a également un effet significatif sur la composition des communautés bactériennes et eucaryotiques du sol. Il est donc possible de moduler la présence ou la proportion de certains groupes microbiens par l'emploi d'une pratique agricole.

Sur deux des trois sites expérimentaux, des changements taxonomiques au sein des communautés microbiennes ont également eu des effets sur les fonctions microbiennes du sol et sur les interactions entre les plantes et certains groupes microbiens. Sur le site de Normandin, l'effet d'une rotation longue avec une diversité d'espèces végétales fourragères a également démontré des effets sur les variables biologiques. Une base de données a été constituée et la composition de la diversité microbienne du sol a été corrélée avec les rendements obtenus des cultures. Des indicateurs biologiques en lien avec la productivité des cultures ont été identifiés au sein des communautés microbiennes de chaque site. L'analyse du microbiome des sols et l'ajout des caractéristiques biologiques aux caractéristiques physico-chimiques, agronomiques et environnementales des sols observés chez un plus grand nombre de producteurs permettra de valider un nouvel outil d'aide à la décision qui leur permettrait d'améliorer la gestion de leurs régies de culture afin de maintenir ou d'accroître la santé et la productivité de leurs sols.

**OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE**

Le projet visait deux objectifs : 1-Déterminer les caractéristiques physico-chimiques, biologiques structurales et fonctionnelles de sols dans des essais de longue durée impliquant différentes régies de travail de sol et de rotation de cultures. 2-Élaborer une base de données regroupant les caractéristiques biologiques, physico-chimiques, agronomiques et environnementales et identifier des indicateurs biologiques en lien avec la productivité pour accroître le rendement et la qualité des cultures et préserver la productivité des sols.

Les expérimentations ont été effectuées sur trois dispositifs de longues durées impliquant les facteurs suivants: (1) au CEROM: Régies semis direct vs labour avec apport ou non de fertilisants minéraux dans trois systèmes de rotation (Soya - Blé-Maïs; prairie en continu; maïs en continu); (2) au site d'AAC de l'Acadie : Régies semis direct vs labour avec apport ou non de fertilisants minéraux dans une rotation Maïs-Soya ; et (3) au site d'AAC de Normandin : régies travail réduit vs labour avec apport ou non de fertilisants minéraux dans deux systèmes de rotation (Prairie- Prairie-Orge

grainée; Orge en continu). Les sols ont été prélevés à l'automne 2016 (seulement au CEROM) et 2017 (sur les trois sites). Les variables physico-chimiques analysées sont : pH, C et N total, C actif, densité apparente et stabilité des agrégats. Les variables biologiques mesurées sont: la respiration microbienne ainsi que la quantité, la richesse et la composition des communautés microbiennes. La diversité fonctionnelle a été évaluée à partir des données du séquençage haut débit.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

La première partie du projet consistait à effectuer une évaluation globale des variables physico-chimiques, agronomiques et biologiques de trois sites expérimentaux de longue durée. Nous étions dans des contextes nous permettant d'évaluer l'effet du travail de sol, de la fertilisation minérale et de la rotation des cultures.

Sur les sites de longue durée du CEROM et de l'Acadie, le semis direct a entraîné une stratification de C et de N totaux qui s'accumulent dans les premiers centimètres de l'horizon de sol. La régie du travail de sol affecte le microbiome du sol, ce qui se traduit par des variations au niveau de la respiration microbienne, du nombre de bactéries et de champignons et de la composition microbienne (Exemple pour le site de l'Acadie sur la figure 1 (A)). Toutefois, la richesse microbienne ne semble que peu affectée par le type de travail de sol. Ces différences de composition étaient également accompagnées par des fonctions microbiennes spécifiques, particulièrement chez les bactéries.

Sur le site de Normandin, nous avons mis en évidence un effet de la rotation sur les teneurs du sol en C et le N totaux et sur la composition microbienne (Figure 1 (B)). Cet effet est très marqué pour la diversité des eucaryotes du sol qui est dominée par des organismes fongiques. Par contre au CEROM, les trois systèmes de culture étudiés n'ont pas eu les mêmes effets sur la composition microbienne et les autres paramètres évalués. Le site du CEROM étant le plus récent des trois (implanté depuis 10 ans versus plus de 25 ans pour Normandin), il est possible que les effets ne soient pas encore aussi perceptibles. Il est également possible que le type de rotation Soya-Blé-Maïs évalué sur le site du CEROM n'ait pas autant d'effets que la rotation d'orge grainée suivie de deux ans de cultures fourragères, avec des espèces de plantes plus diversifiées.

Nous avons démontré que la composition microbienne était relativement stable au cours d'une saison agronomique de juillet à fin septembre. Cela corrobore des observations que nous avons déjà faites sur des sols cultivés en pomme de terre où nous avons démontré une stabilité relative de la composition microbienne au cours de cinq périodes couvrant la saison de la culture.

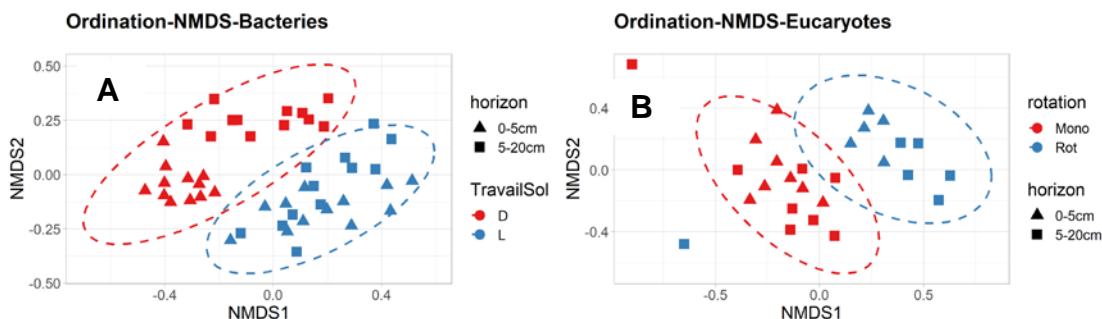


Figure 1 : (A) Effet travail de sol sur la composition bactérienne du sol au site AAC de l'Acadie (L= Labour; D= Semis direct) (B) Effet de la rotation sur la composition eucaryotique du sol au site AAC de Normandin. (Mono= monoculture d'orge; Rot= Prairie-Prairie- Orge grainé)

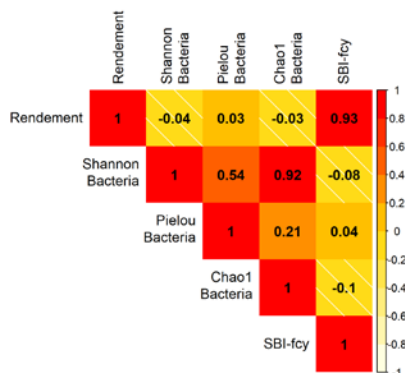


Figure 2 : Relations entre le rendement du maïs-grain et trois indices de diversité alpha (Shannon, Chao1, Pielou) et, l'indicateur bactérien SBI-fcy et au site du CEROM

Le type de travail de sol et les types de rotation des cultures peuvent moduler la composition microbienne du sol. Suite à des analyses métagénomiques du sol, des indicateurs biologiques, en lien avec la productivité, ont été identifiés pour chaque site sur base de leurs corrélations positives ou négatives avec le rendement des cultures. Les indices biologiques en lien avec la productivité, soit le SBI-fcy pour les bactéries et le SEI-fcy pour les eucaryotes, ont été exprimés sous-forme de ratio des indicateurs positivement corrélés sur ceux négativement corrélés à partir d'environ 200 indicateurs différents. La figure 2 permet de constater que l'indice de productivité bactérien SBI-fcy est fortement corrélé avec le rendement contrairement aux trois indices de richesses calculés. Des indices bactériens et eucaryotiques ont été calculés pour les trois sites. Ces indicateurs de productivité pourront être validés lorsque la base de données intégrera davantage de données issues d'autres projets de recherches et d'analyses de sols de champs cultivés.

### **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER**

Grâce à ces nouvelles données, il serait particulièrement utile d'ajouter des données de sites observées chez des producteurs (données d'autres projets déjà réalisés et/ou nouvelles mesures). Avec l'ajout de ces données, il sera possible de valider les indicateurs de productivité obtenus dans ce projet et de prendre en considération les variabilités physico-chimiques et environnementales entre les sites. Un indicateur bactérien de productivité en production de pommes de terre (Jeanne et al, 2019) est présentement en voie d'être validé à l'aide d'une base de données qui regroupe maintenant près de 500 microbiomes de sols géoréférencés. Les producteurs peuvent dès à présent avoir accès à un service d'analyse du microbiome de leurs sols. Ils peuvent comparer leurs microbiomes à ceux de la base de données des microbiome de sol mise en place par l'IRDA. Ils peuvent également calculer les indices de productivité bactériens et eucaryotiques de leurs sols.

Référence.: Jeanne T, Parent S-Etienne, Hogue R. PLOS ONE Using a soil bacterial species balance index to estimate potato crop productivity. 2019; 1–15.

### **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Nom du responsable du projet : Marie Bipfubusa  
Téléphone : 450-464-2715 poste 236  
Courriel : [Marie.Bipfubusa@cerom.qc.ca](mailto:Marie.Bipfubusa@cerom.qc.ca)

Nom du responsable des analyses du microbiome des sols: Richard Hogue  
Téléphone : 418-643-2380 poste 420  
Télécopieur : 418-644-6855  
Courriel : richard.hogue@irda.qc.ca

### **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.