

DISPOSER DE METHODES ABORDABLES, PRECISES ET ROBUSTES POUR LES INDICATEURS DE GESTION DES MATIERES ORGANIQUES DANS LES SOLS CULTIVES

Valé Matthieu^{1*}, Bouthier Alain², Chaussod Rémi³, Cusset Elodie⁴, Deschamps Thibaud², Houot Sabine⁵, Laurent Nadia⁴, Le Net Justine¹, Leclerc Blaise⁶, Perrin Anne-Sophie⁷, Recous Sylvie⁸, Riah-Anglet Wassila⁴, Roussel Pierre-Yves⁹, Trinsoutrot-Gattin Isabelle⁴

¹ AUREA AgroSciences, 45160 Ardon, ² ARVALIS, 17700 Saint Pierre d'Amilly, ³ SEMSE, 21310 Viéville, ⁴ UNILASALLE, unité de recherche AGHYLE, 76130 Mont-Saint-Aignan, ⁵ INRA – AgroParisTech UMR ECOSYS, 78850 Thiverval Grignon, ⁶ ITAB, 84160 Cucuron, ⁷ TERRES INOVIA, 34000 Montpellier, ⁸ INRA / URCA UMR FARE, 51100 Reims, ⁹ Chambres d'agriculture de Bretagne, 56000 Vannes,

*Orateur et correspondant : m.vale@aurea.eu

Le sol abrite une abondante diversité de microorganismes qui assurent de multiples fonctions dans le sol. Ces microorganismes interviennent dans la transformation de la matière organique (MO) (minéralisation, humification) et la nutrition des plantes *via* le recyclage des éléments nutritifs comme l'azote, le soufre et le phosphore. La compréhension et la quantification de ces processus de transformation de la matière organique par les microorganismes, passe par l'analyse des différents pools de carbone et d'azote en lien avec les fonctions associées.

En complément de la teneur ou du stock de carbone et d'azote organique du sol, le fractionnement granulométrique de la matière organique par tamisage sous eau (Feller, 1979) s'avère être un indicateur assez robuste pour comparer, après 5 à 10 ans de pratiques, des itinéraires techniques qui diffèrent en termes de stockage/déstockage du carbone (Bouthier et al, 2007 ; Duval et al., 2016). Les fonctions de minéralisation du carbone et de l'azote organique peuvent être approchées par des incubations aérobies en conditions contrôlées (28°C, humidité optimale) où sont mesurés le dégagement de CO₂ (minéralisation carbone) et la variation de teneur en azote minéral (minéralisation azote) (Alvarez et al., 1998). La détermination des quantités de carbone présentes dans la biomasse microbienne par la méthode de fumigation au chloroforme (norme ISO 14.240-2, 1997) renseigne sur le compartiment vivant de la matière organique et apporte une information précoce sur l'évolution des stocks organiques, bien avant que cela ne soit détectable par une évolution du carbone total (Sparling, 1992).

Bien que ces méthodes de référence, robustes et pertinentes, soient proposées par certains laboratoires d'analyses de routine, leur productivité (débit analytique, temps technicien nécessaire) restent limitées au regard des capacités de traitement sur des analyses de routine physico-chimiques (par exemple quelques dizaines d'échantillons / jour pour le fractionnement granulométrique contre plusieurs centaines échantillons / jour pour la matière organique par oxydation sulfochromique), ce qui limite leur accessibilité comme outil de diagnostic et de conseil. Dans ce contexte, des méthodes alternatives, supposées plus simples d'accès, ont été identifiées : le carbone labile par oxydation ménagée à froid au KMnO₄ (Weil et al., 2003), l'azote minéralisable en incubation anaérobie sur 7 jours à 40°C (Azote Biologiquement Minéralisable, ABM) et la biomasse moléculaire (ADN microbien, Dequiedt et al., 2011).

Ces différentes méthodes ont été testées sur une vingtaine de sites expérimentaux de moyenne et longue durée répartis sur l'ensemble du territoire français. Ces sites impliquent différents systèmes de culture avec différentes pratiques de restitution organiques (PRO, résidus de culture, couverts végétaux de différents types). Ces sites expérimentaux sont issus d'un projet en cours, le CASDAR Microbioterre (2016 -2020), dont l'objectif final est d'améliorer la gestion des restitutions organiques dans les systèmes de grandes cultures et de polyculture élevage par un conseil agro-écologique basé sur une analyse de terre complétée par une composante microbiologique. Ce projet est piloté par ARVALIS, en partenariat avec AUREA AgroSciences, la Chambre d'agriculture de Bretagne, l'INRA, l'Institut Polytechnique UniLaSalle, l'ITAB et Terres Inovia.

L'Azote Biologiquement Minéralisable (ABM) et la biomasse microbienne moléculaire ont été mesurés dans le cadre du projet AGRO-ECO SOL, porté par AUREA AgroSciences, en partenariat avec ARVALIS et l'INRA (UMR Agroécologie, UMR ECOSYS, US Infosol). Ce projet porte sur l'industrialisation de processus inédits d'analyse de terre, pour délivrer un conseil de gestion globale des sols agricoles.

Les indicateurs biologiques et physicochimiques étudiés ont été comparés sur plusieurs aspects : (i) la corrélation entre les résultats de la méthode de référence et la méthode alternative, (ii) leur capacité à discriminer les différentes modalités des essais étudiés, (iii) la variabilité des données obtenus sur les 3 blocs de chaque modalité, (iv) leur niveau de productivité comparativement aux analyses de terre de routine (carbone organique et azote total).

Sur le jeu de données étudié, la biomasse microbienne moléculaire est bien corrélée ($r^2 = 0.62$, $P < 0.001$) à la méthode de référence par fumigation / extraction et leur niveau de discrimination des modalités est équivalent. La méthode moléculaire doit cependant être optimisée pour permettre un gain de productivité significatif.

Le carbone oxydable au $KMnO_4$ ne semble pas corrélé au fractionnement granulométrique de la MO ni au carbone minéralisé en incubation, mais présente un niveau de discrimination des modalités équivalent voire légèrement supérieur aux méthodes de référence sur le jeu de données étudié. De plus son niveau de productivité est proche des analyses de terre de routine.

L'Azote Biologiquement Minéralisable (ABM) montre une corrélation modérée avec l'azote minéralisé en incubation ($r^2 = 0.23$, $P < 0.001$), mais semble plus discriminant sur le jeu de données étudié. De plus le gain de productivité est significatif par rapport à la méthode de référence.

Ces conclusions préliminaires devront être consolidées par une analyse des données plus poussée (sensibilité aux conditions pédoclimatiques, modélisation statistique) et l'acquisition de nouvelles références, afin de proposer in fine le meilleur compromis analytique.

Bibliographie

- Alvarez G., Chaussod R., Loiseau P. et Delpy R. 1998. Soil indicators of C and N transformations under pure and mixed grass-clover swards, *European Journal of Agronomy*, 9, 157-172
- Bouthier A., Trochard R., Morvan T. 2007. Effets d'apports répétés de fumiers stockés et compostés sur le statut organique du sol, 8ème rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre (GEMAS COMIFER, Blois, 20-21 novembre 2007)
- Dequiedt S, NPA Saby, M Lelievre, C Jolivet, J Thioulouse, B. Toutain, D Arrouays, A Bispo, P Lemanceau, and L Ranjard. 2011. Biogeographical Patterns of Soil Molecular Microbial Biomass as Influenced by Soil Characteristics and Management. *Global Ecology and Biogeography*. 20: 641-652
- Duval M.E., Galantini J.A., Martínez J.M., López F.M., Wall L.G., 2016. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. *Soil & Tillage Research*. 159, 9–22.
- Feller C., 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols, Application aux sols tropicaux à texture grossière très pauvre en humus, cahier ORSTOM, série Pédologique XVII, 339–346
- Sparling G.P., 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 30, pp 192-207.
- Weil R.R., Islam K.R., Stine M.A., Samson-Liebig S.E., 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18, pp 3-17.

Remerciements :

Le projet Microbiterre est lauréat de l'appel à projet CASDAR Recherche Technologique de 2016.

Le projet AGRO-ECO SOL est accompagné par l'ADEME dans le cadre du programme Industrie et Agriculture éco-efficientes du programme des Investissements d'Avenir.

Ces deux projets ont été labellisés par le RMT Fertilisation & Environnement.

Matthieu Valé

Ingénieur agronome (ENSAIA, 2002) et docteur en Agronomie (INRA Toulouse, 2006).
Responsable Scientifique du pôle Agriculture d'AUREA AgroSciences
Animateur du groupe FORBS (Fertilité ORganique et Biologique des Sols) du COMIFER. Coordonnateur du projet AGRO-ECO SOL



Bouthier Alain, Ingénieur d'études à ARVALIS, Spécialiste sols et fertilisation

Chaussod Rémi, Directeur de recherche INRA à la retraite, expert bénévole au sein du SEMSE

Cusset Elodie, chargée de recherche, UniLaSalle

Deschamps Thibaud, Ingénieur d'études à ARVALIS, Spécialiste de la gestion des sols

Houot Sabine, Directrice de Recherche INRA, spécialiste de la valorisation agricole de matières fertilisantes d'origine résiduaire

Laurent Nadia, enseignant-chercheur à UniLaSalle, unité de recherche AGHYLE, spécialiste sol et cycles des matières organiques

Le Net Justine, Chargée de mission à AUREA AgroSciences sur le projet AGRO-ECO SOL

Leclerc Blaise, Expert fertilisation organique à l'ITAB

Perrin Anne-Sophie, Chargée d'études Sols & Environnement à Terres Inovia

Recous Sylvie, Directrice de Recherche INRA, spécialiste des processus de dégradation des matières organiques dans les sols, et des effets sur les cycles de C, N et S

Riah-Anglet Wassila, chargée de recherche à UniLaSalle, unité de recherche AGHYLE, spécialiste en écologie microbienne des sols, biochimie, microbiologie

Roussel Pierre-Yves, Conseiller Agronomie - Bassins versants à la Chambre d'Agriculture de Bretagne

Trinsoutrot-Gattin Isabelle, enseignant-chercheur en sciences de l'environnement à UniLaSalle, unité de recherche AGHYLE, spécialiste de l'écologie Microbienne du sol