

FONCTIONNEMENT BIOLOGIQUE DES SOLS

# DES INDICATEURS ÉVALUENT les effets d'apports organiques



Les effets de plusieurs types de produits organiques ont été testés, dont les fumiers de volailles.

**Pour évaluer l'effet à long terme des apports répétés de produits résiduaires organiques (PRO), six indicateurs de l'activité microbologique des sols ont été testés dans le cadre d'une collaboration entre ARVALIS-Institut du végétal, le SAS et le SEMSE. Les résultats sont plutôt concluants : quasiment tous repèrent les différences entre les types d'apport.**

Mesurer les effets à long terme des apports de produits résiduaires organiques (Pro) sur la vie microbienne du sol n'a rien d'évident. Depuis 2010, ARVALIS-Institut du végétal travaille en lien avec SAS-Laboratoire, le SEMSE et Genosol (1) au référencement d'indicateurs de quantité, d'activité et de diversité de la biomasse microbienne du sol (2). Un premier pas

a consisté à mesurer une série d'indicateurs sur des essais de longue durée. Objectif : connaître leur capacité à évaluer les différences liées à diverses modalités d'apports répétés de produits résiduaires organiques (Pro) comparées à une fertilisation minérale.

Les tests ont porté sur six essais de longue durée (3) conduits par l'institut seul ou en partenariat. Mis en place entre 1995 et 1999, ils ont consisté à apporter chaque année pendant huit à dix ans différents effluents d'élevages : des fumiers bruts ou compostés de bovins, de porcins et de volailles et des lisiers de porcs. Le but était de mieux quantifier les effets directs « azote » de ces apports, ainsi que leurs effets à long terme en lien avec les modifications du statut organique du sol.

## Plusieurs prélèvements

Les différentes parcelles ont fait l'objet de prélèvements de terre dans la couche arable (0-25 cm) entre 2006 et 2010 après un délai de 1 à 4 ans depuis le dernier apport de produits organiques. Sur ces échantillons, six indicateurs microbiologiques « classiques » ont été mesurés : la biomasse mi-

## En savoir plus

Retrouvez le détail des protocoles des essais sur [www.perspectives-agricoles.com](http://www.perspectives-agricoles.com).

crobienne, le fractionnement granulométrique de la matière organique, les potentiels de minéralisation carbone et azote, les métabolites microbiens par autoclavage, l'activité enzymatique FDA Hydrolase et la biodiversité fonctionnelle à travers l'évaluation des aptitudes métaboliques de la microflore du sol (2). En parallèle, des suivis au champ ont aussi été réalisés au cours des mêmes périodes pour quantifier le supplément de fourniture d'azote par minéralisation de la matière organique du sol.

### Des indicateurs qui réagissent

Bilan, presque tous les indicateurs testés réagissent aux historiques d'apports organiques. Cela traduit le fait que, par rapport à une fertilisation minérale, les apports répétés de fumiers bruts ou compostés pendant 10 ans ont conduit à un stockage de matière organique dans le sol, à l'origine d'un certain nombre de modifications. Parce qu'ils ne portent pas sur les mêmes aspects, les indicateurs n'apportent pas tous le même gain d'information par rapport à la seule connaissance de la teneur en carbone et en azote organique de la couche arable.

« Presque tous les indicateurs testés réagissent aux historiques d'apports organiques. »

Le fractionnement granulométrique de la matière organique fait partie des indicateurs intéressants, car les apports organiques modifient la répartition des différentes fractions. Les résultats des six essais montrent que le carbone et l'azote organiques apportés par les effluents d'élevages se retrouvent majoritairement dans la fraction fine de la taille des limons et argiles (< 50 µm) (figure 1), la plus stable (demi-vie de 35 ans). Ils sont également très présents dans la fraction intermédiaire de la taille des sables fins (50-200 µm, demi-vie de 15 ans). La fraction grossière de la taille des sables grossiers (200 et 2000 µm, demi vie de 5 ans) n'est de son côté que peu et non systématiquement affectée.

### La fraction 50-200 µm à étudier

Ces résultats suggèrent d'une part que les effets sur la minéralisation d'azote consécutifs à ce supplément de stockage s'exercent sur un temps long, puisque la fraction la plus stable (< 50 µm) s'enrichit. Ils montrent d'autre part que la fraction 50 à 200 µm, identifiée comme plus labile, est celle qui progresse le plus avec les apports de produits organiques. La proportion du carbone du sol présent dans cette fraction pourrait donc constituer



Les prélèvements ont été effectués entre un et quatre ans après la fin des apports.

### APPORTS RÉPÉTÉS DE MATIÈRE ORGANIQUE : la fraction fine majoritaire

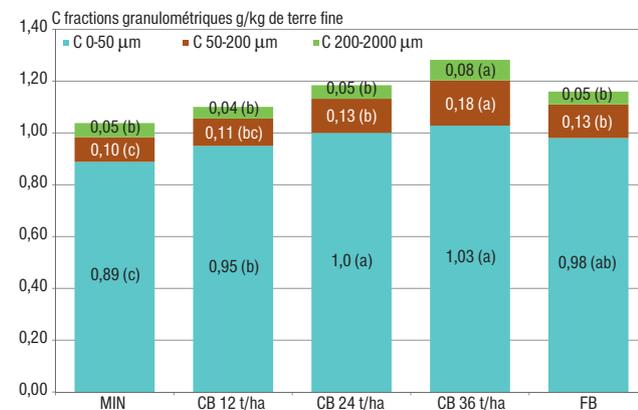


Figure 1 : Effet d'apports répétés de fumier (FB) et de fumier composté de bovins (CB) à trois doses, sur la répartition du C organique dans les trois fractions granulométriques mesurées en 2006 dans l'essai du Rheu.

( ) : groupe de Newman et Keuls de l'analyse de variance de chaque fraction.

un indicateur du passé récent de restitutions organiques sur une parcelle. Il prendrait en compte aussi bien les restitutions par les produits organiques que celles dues aux cultures. De plus, cet indicateur est relativement stable dans le temps une fois les apports terminés, comme l'ont montré les mesures réalisées sur le site de La Jaillière entre 1 et 4 ans après l'arrêt des apports d'effluents d'élevages (figure 2). Toutefois la relation obtenue dépend aussi du contexte agro-pédologique. Des investigations complémentaires doivent

### LA FRACTION 50-200 µm : un paramètre stable dans le temps

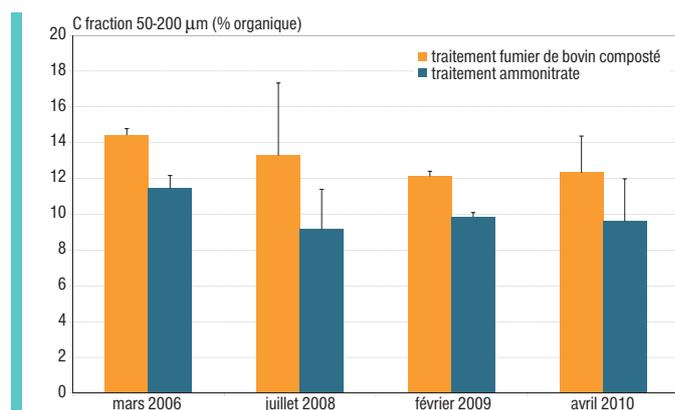


Figure 2 : Fractionnement granulométrique de la matière organique mesuré sur l'essai de la Jaillière au cours de quatre années après l'arrêt des apports d'effluents d'élevages.

« La fraction 50 à 200 µm est celle qui progresse le plus avec les apports de produits organiques. »

être engagées pour déterminer l'influence du type de sol, de la teneur en matières organiques, de la rotation ou de la gestion de résidus de récolte sur cette relation.

#### La biomasse microbienne indicateur également sensible

Autre indicateur examiné, la biomasse microbienne de la couche arable (0-25 cm) : exprimée en mg de C microbien/kg de sol, elle est proportionnelle à la teneur

en carbone organique du sol, et ce, sur une gamme importante de teneur allant de 0,73 à 1,68 % de C (4). C'est un indicateur d'abondance. Dans ces essais, la biomasse microbienne décrit le résultat d'un système de culture mis en place depuis une dizaine d'années. Elle est apparue en équilibre, reflétant le « statut organique » du sol. Cet indicateur a montré qu'il était plus sensible que la simple mesure de la teneur en carbone organique. Ainsi, dans le cas où les doses d'effluents apportées étaient les plus faibles, il a permis d'identifier des différences par rapport à la fertilisation minérale seule, non relevées avec la mesure de la teneur en matière organique du sol. Cela s'est notamment produit dans l'essai de La Jaillière après 10 ans d'apports de fumiers de volailles. L'interprétation de cet indicateur doit toutefois aussi prendre en compte d'autres facteurs, comme le pH du sol.

#### Les métabolites microbiens fortement liés à la biomasse microbienne

Un deuxième indicateur d'abondance a été mis en œuvre sur ces six essais : les métabolites microbiens. Mesurés en mg de C/kg de sol, ils se sont montrés également capables de discriminer des types de fertilisation (minérale ou organique) mais aussi des doses ou des produits utilisés. Cet indicateur est fortement lié à la biomasse microbienne et à la teneur en matière organique du sol (figure 3). Pour des situations à l'équilibre en termes de statut organique, l'information qu'elle fournit semble donc redondante avec celle apportée par la biomasse microbienne.



Des apports réguliers de matière organique modifient l'activité microbologique du sol.

© M. G. n. p.



Les données sur le fractionnement granulométrique, obtenues à l'aide d'une tamiseuse, constituent un indicateur intéressant.

Ces deux indicateurs peuvent néanmoins apporter un gain d'information lorsqu'ils sont exprimés par rapport au % de C organique du sol ce qui a été le cas sur certains essais. Ainsi, au Rheu, les traitements avec une fertilisation organique conduisent à une proportion plus élevée de la biomasse et des métabolites microbiens dans le carbone organique total du sol.

### Des indicateurs moins discriminants

L'activité enzymatique FDA Hydrolase a été mesurée seulement en 2010 sur les sites de La Jaillière et du Rheu, soit plus de 4 ans après l'arrêt des apports. C'est une activité enzymatique « généraliste », avec un spectre d'action beaucoup plus large que d'autres activités enzymatiques spécifiques. Elle n'a pas permis de différencier les historiques de fertilisation minérale et organique, peut être en raison du délai depuis le dernier apport d'effluent.

Les cinétiques de minéralisation carbone et azote qui ont été mesurées à plusieurs reprises entre 2006 et 2010 sur chacun des essais décrivent bien les écarts liés à des apports de produits organiques significatifs, tels que les doses annuelles de plus de 15 t/ha de fumiers bruts ou compostés de bovins ou de porcins. Leurs effets sont toutefois plus souvent significatifs sur les cinétiques de minéralisation du carbone que sur celles de l'azote, en lien avec la plus grande variabilité de ces dernières. Par ailleurs, sous prairie à La Jaillière, ces indicateurs ont eu plus de mal à différencier les traitements organiques, probablement masqués par l'effet important de la prairie sur cette minéralisation.

### Des indicateurs de biodiversité encore difficiles à interpréter

Le suivi de la diversité fonctionnelle de la microflore avait de son côté pour but d'apprécier l'im-

pact des pratiques agricoles sur la biodiversité, à travers un test standard d'évaluation des aptitudes métaboliques réalisé par le SEMSE. Réalisée en 2010, la mesure de la diversité fonctionnelle de la biomasse microbienne sur les essais de La Jaillière et du Rheu a mis en évidence des effets des traitements sur chaque essai. Mais elle n'a pas permis de tirer des conclusions généralisables quant à l'impact des apports d'effluents, vu les difficultés d'interprétation des résultats et le délai important entre la mesure et le dernier apport d'effluent. Appliquée à bien d'autres situations en grandes cultures et en viticulture, cette approche est désormais formalisée par le calcul d'un indice (BioDiF) qui favorise son interprétation.

Les tests réalisés sur les six essais ont permis de valider ou non l'intérêt des indicateurs testés pour caractériser les effets à moyen terme d'apports répétés de produits organiques. Les indicateurs microbiologiques devant *a priori* faire ressortir plus rapidement que la teneur en carbone et azote organiques du sol les effets de ces apports, il faut vérifier leur intérêt dans la détection des impacts précoces.

- (1) Collaboration commencée en 2012
- (2) Voir Perspectives Agricoles de février 2014, n° 408 p 57
- (3) Deux étaient situés au Rheu (35), deux à La Jaillière (44) et deux à Jeu Les bois (36)
- (4) Soit 1,26 à 2,89 % de matière organique (MO = C x 1,72)

Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr  
 Robert Trochard - ARVALIS-Institut du végétal  
 Matthieu Valé - mvale@saslaboratoire.com  
 Groupe SAS Laboratoire/AGRO-Systèmes  
 Rémi Chaussod - Rachida Nouaim-Chaussod  
 contact@semse.fr - SEMSE

### BIOMASSE MICROBIENNE ET MÉTABOLITES : des indicateurs liés au carbone organique

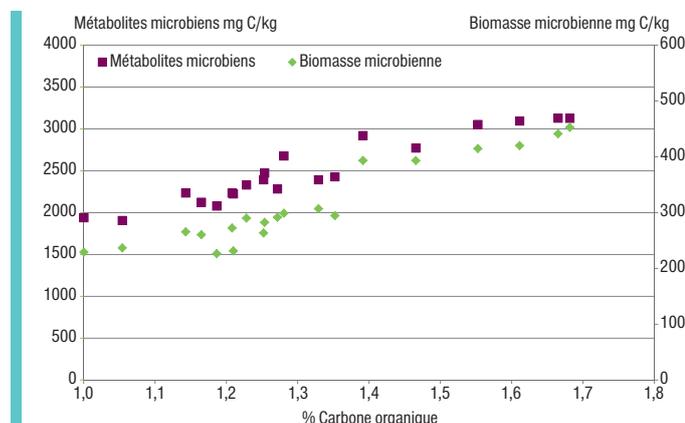


Figure 3: Relation entre la teneur en carbone organique du sol, la biomasse et les métabolites microbiens sur l'ensemble des traitements des essais de La Jaillière et du Rheu.