

OUTILS

ELARGIR LE CHAMP DE

l'analyse de terre à la biologie des sols



Les analyses de terre ne fournissent actuellement que très peu d'informations sur la micro-biologie du sol.

Centrées sur la caractérisation de la fertilité chimique des sols, les analyses de terre renseignent aujourd'hui très peu sur la microbiologie des sols. Celle-ci a pourtant une influence prépondérante sur l'état et les capacités du sol. Un certain nombre d'indicateurs, utilisables en routine, pourraient permettre d'affiner les connaissances.

L'analyse de terre est un outil indispensable pour raisonner la fertilisation des cultures et entretenir, voir améliorer, certaines propriétés des sols. Les analyses « classiques » permettent d'appréhender les composantes chimiques de la fertilité des sols, qui déterminent la biodisponibilité des éléments nutritifs et le statut acido-basique. Mais elles prennent très peu en compte les composantes biologiques, qui contribuent pourtant de près à la fertilité du sol.

Aller plus loin que l'analyse d'une teneur en MO du sol

La teneur en carbone organique du sol mesurée en routine, permet de calculer la teneur en ma-

tière organique (MO) (1), premier descripteur de la qualité biologique d'un sol. La MO influe sur toutes les composantes du sol, qu'elles soient physiques, chimiques, nutritives ou biologiques. Mais sa mesure ne renseigne que sur le stock total. Elle n'informe donc pas sur les différentes fractions ou sur sa composante vivante.

La teneur en azote total, qui se présente en majeure partie sous forme organique, est également analysable en routine. Les teneurs en carbone et azote permettent de calculer le rapport C/N (carbone sur azote), premier estimateur des conditions de dégradation de cette matière organique. Lorsqu'il est inférieur à 8, il traduit une dégradation intense de la matière organique. S'il dépasse

En savoir plus

D'autres articles à suivre présenteront les premiers travaux d'évaluation et de référencement des indicateurs microbiologiques décrits ici. Ces travaux ont été initiés par ARVALIS - Institut du végétal en 2010 et menés avec différents partenaires.

12, il révèle une accumulation de MO suite à de mauvaises conditions de dégradation. Cependant, le rapport C/N est compris entre 8 et 11 dans 90 % des cas : son interprétation est donc limitée.

« Les teneurs en C, N et le rapport C/N fournissent une vision très sommaire de la qualité biologique du sol. »

Ces deux indicateurs fournissent ainsi une vision très sommaire de la qualité biologique du sol. D'autant plus que les matières organiques du sol constituent un compartiment hétérogène, un mélange de composés carbonés et azotés d'origine très diverses (végétales, microbiennes, animales), dont les durées de vie dans le sol peuvent aller de l'année au siècle. Or les teneurs en carbone et azote organiques ne renseignent pas sur la fraction vivante de cette matière, constituée des micro-organismes, et dont le rôle dans l'aptitude du sol à fournir un certain nombre de biens (production végétale) et de services écosystémiques (*encadré ci-dessous*) apparaît aujourd'hui essentiel.

Des candidats à l'analyse de routine

Heureusement, divers indicateurs microbiologiques de la qualité des sols, issus des travaux de recherche nationaux et internationaux, peuvent aujourd'hui être mesurés en routine par les laboratoires d'analyses. Plusieurs d'entre eux sont déjà proposés dans certains menus analytiques, chez SAS Laboratoire-Agrosystèmes, LCA, Celesta-Lab,

Des micro-organismes essentiels

L'aptitude du sol à fournir un certain nombre de biens et de services écosystémiques repose sur différentes fonctions écologiques dans lesquelles sont impliquées les organismes vivants du sol, notamment les micro-organismes. Ceux-ci agissent sur la dégradation des matières organiques et donc sur la libération des nutriments ou la production de formes assimilables. Ils interfèrent également dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques, dont ils déterminent ou régulent certaines étapes. Ils interviennent dans le recyclage des éléments, l'altération et la néoformation des minéraux. Ils servent par ailleurs d'interfaces entre les racines et le sol par des associations symbiotiques ou non. Ils jouent un rôle sur les polluants par biosorption, biodégradation ou bioaccumulation. Ils participent enfin à la structuration du sol et à sa stabilisation.



Les outils de la biologie moléculaire donnent accès à de nouveaux indicateurs microbiologiques.

© N. Cornec

SEMSE ou Rittmo. Mais cette pratique reste rare : malgré l'intérêt qu'ils suscitent, leur utilisation en grandes cultures demeure limitée, en raison d'un référencement pour l'instant insuffisant mais sur lequel un travail est en cours.

À quoi servent-ils ? Ces indicateurs permettent d'évaluer la microbiologie du sol sous ses trois aspects que sont l'abondance, l'activité et la diversité. L'abondance renseigne sur la quantité des micro-organismes présents, c'est-à-dire sur la fraction de matière organique vivante. L'activité correspond à l'intensité des fonctions que peut avoir cette fraction vivante. La diversité concerne les espèces à travers les gènes ou les fonctions métaboliques. Certains indicateurs peuvent être obtenus par des approches microbiologiques « classiques ». D'autres font appel à des approches de biologie moléculaire notamment à partir de l'ADN de micro-organismes, développées par la plateforme GenoSol de l'INRA de Dijon et mises en œuvre par le laboratoire GenoBiome (*tableau 1*).

Pour quantifier...

Au nombre des indicateurs classiques, se trouve le fractionnement granulométrique de la matière organique. Il mesure la proportion de carbone organique et d'azote total dans trois classes, qui ont des fonctions biologiques et physico-chimiques propres : 0-50 µm, 50-200 µm et 200-2000 µm. La

fraction fine (0-50 µm) est considérée comme la matière organique humifiée, stable. C'est la fraction dominante qui représente environ 80 % du carbone total. Les fractions grossières sont assimilées à la matière organique labile (50-200 µm) et à la matière organique fraîche issue des résidus de culture (200-2000 µm), dont la durée de vie dans le sol est plus courte (moins de dix ans). Ces 2 fractions représentent respectivement environ 15 % et 5 % du carbone total. Les données relatives à chacune des

fractions et en particulier leur rapport C/N, permettent une caractérisation fine de la matière organique du sol. Le C/N des fractions plus grossières est généralement plus élevé que celui des fractions fines.

Autre indicateur « classique » : la mesure des métabolites microbiens carbonés. Ceux-ci représentent une fraction « labile » de la matière organique en lien avec l'activité des micro-organismes du sol et constituent une autre voie de compartimentation. Cette fraction contient entre 15 et 25 % du carbone total du sol.

INDICATEURS : à chacun son utilité

	Indicateurs biochimiques	Indicateurs moléculaires (extraction d'ADN)
Caractérisation de la matière organique (MO)	Fractionnement granulométrique de la MO Métabolites microbiens	
Abondance microbienne	Biomasse microbienne	Biomasse moléculaire Abondance bactéries et champignons par PCR quantitative
Activité microbienne	Potentiel de minéralisation du carbone Potentiel de minéralisation de l'azote Activités enzymatiques (FDA hydrolase)	
Diversité microbienne	Aptitudes métaboliques (diversité fonctionnelle)	Diversité taxonomique des communautés microbiennes (pyroséquençage)

Tableau 1 : Liste des indicateurs d'abondance, d'activité et de diversité microbiologiques dans les sols, potentiellement valorisables dans l'analyse de terre.

La mesure de la biomasse microbienne évalue quant à elle la quantité de « carbone vivant » contenue dans les micro-organismes du sol (bactéries et champignons). Elle représente généralement entre 1 et 4 % de la MO totale du sol. C'est l'indicateur le plus ancien et celui qui a été le plus utilisé dans différentes situations agronomiques. C'est un indicateur précoce de réponse à un changement de pratique (apport de produit organique, travail du sol, niveau d'intensification). La biomasse moléculaire microbienne et la caractérisation de l'abondance en bactéries et champignons se fondent sur l'extraction et la quantification d'ADN.

... et connaître les micro-organismes

L'activité microbienne peut s'évaluer de son côté au travers de la mesure d'activités globales telles que les fonctions de minéralisation du carbone ou de l'azote du sol (potentiel de minéralisation C et N) ou une activité enzymatique généraliste comme la capacité d'hydrolyse du fluoresceindiacétate (FDA hydrolase) ou des activités enzymatiques plus spécifiques (phosphatase, uréase...).

La diversité microbienne peut quant à elle être appréhendée par un test d'aptitudes métaboliques. Il mesure l'aptitude de la microflore du sol à utiliser pour sa croissance des substrats différents : substrats carbonés simples (sucres, acides carboxyliques...) ou complexes (polymères), substrats azotés (acides aminés, amines), etc. Cet indicateur a vocation à rendre compte de la biodiversité fonctionnelle de la microflore.

Le séquençage des gènes taxonomiques des populations microbiennes (pyroséquençage) permet quant à lui d'identifier les différentes espèces de bactéries et champignons présentes.



Des indicateurs sur la microbiologie des sols permettraient d'améliorer le conseil agricole.

Des attentes très diverses

Une enquête réalisée par le laboratoire SAS (2) auprès de ses clients montre la diversité des attentes des utilisateurs face aux indicateurs de fonctionnement microbiologique des sols. Les agriculteurs rechercheraient avant tout un outil de diagnostic de l'état biologique de leur sol, en complément de l'analyse physico-chimique classique, pour expliquer un problème de production et y remédier. Les techniciens des structures de développement et de conseil agricole souhaiteraient pour leur part des indicateurs donnant des critères objectifs pour évaluer la pertinence d'un changement de pratique et/ou de système de culture (agriculture de conservation, semis direct, TCSL, agriculture biologique...) sur la vie biologique du sol.

Améliorer raisonnement et pratiques

Tous opérationnels, ces indicateurs de fonctionnement biologique du sol sont à même d'enrichir le diagnostic agronomique et le conseil sur différents plans. En matière de gestion de la fertilisation, ils pourraient aider à choisir les types d'engrais et amendements organiques. Ils pourraient également permettre de mieux évaluer la fourniture en azote du sol en lien avec des pratiques culturales susceptibles de la modifier. Ils aideraient donc à raisonner les apports de produits organiques, ou la mise en place de couverts. Ces indicateurs serviraient également à évaluer l'intérêt de produits vendus comme activateurs de vie microbienne des sols.

« Ces indicateurs de fonctionnement biologique du sol sont à même d'enrichir le diagnostic agronomique et le conseil. »

Ils pourraient renseigner sur la réalité des services apportés par les différents systèmes de culture, ou bien aider à diagnostiquer des dysfonctionnements au niveau du sol, à l'origine de problèmes de production et le choix de pratiques culturales adaptées pour y remédier.

(1) Elle correspond à la teneur en carbone organique mesurée au laboratoire multipliée par un coefficient d'1,72.

(2) Travail publié par Matthieu Valé en 2011.

Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr
Robert Trochard - r.trochard@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS-Institut du végétal
Matthieu Valé - mvalé@saslaboratoire.com
Groupe SAS Laboratoire/AGRO-Systèmes