

FONCTIONNEMENT MICROBIEN DU SOL

MESURER LES IMPACTS des pratiques culturales



Chaque modalité étudiée, répétée 3 fois sur l'ensemble de l'essai « environnement » de Boigneville, correspond à une parcelle élémentaire de 9 x 48 m.

Identifier les pratiques favorisant l'accès des cultures aux nutriments est une des voies pour en améliorer les performances. Les études récentes des impacts du travail du sol et des CIPAN sur l'activité microbologique contribuent à atteindre cet objectif.

Deux modes de travail du sol ont été comparés dans le cadre de l'essai « environnement » d'ARVALIS - Institut du végétal, sur la ferme de Boigneville (encadré) : le labour et le semis-direct, en lien avec l'implantation ou non d'une Culture Intermédiaire Piège A Nitrates (CIPAN). Des indicateurs de microbiologie classique (1), aussi appelée fonctionnelle, mais également ceux issus de la microbiologie moléculaire (1) basés sur l'extraction et la caractérisation de l'ADN présent dans le sol, ont été mesurés dans cette étude. En non labour depuis 23 ans, la biomasse microbienne et son activité se concentrent dans les 10

premiers cm de manière analogue à la matière organique ; effet amplifié avec les CIPAN. Ces pratiques modifient sensiblement la diversité microbienne, tant au niveau des espèces présentes que dans leurs fonctions métaboliques.

Deux approches complémentaires

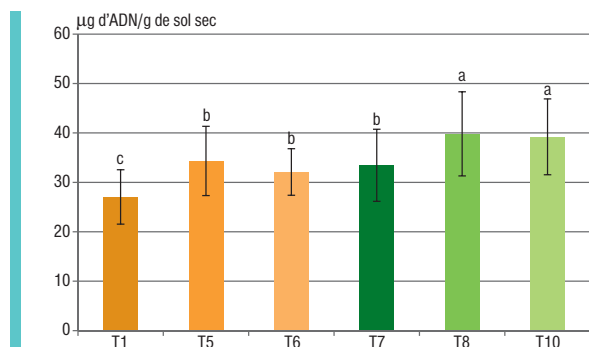
Les prélèvements de sols en vue des analyses de microbiologie moléculaire ont été réalisés sur l'horizon 0-20 cm. Huit prélèvements ont été effectués entre mai 2011 et juillet 2012 afin d'étudier la variabilité temporelle de la biomasse moléculaire microbienne. Lors du prélèvement de mai 2012, un échantillonnage sur 2 profondeurs (0-10 cm et 10-28 cm) a été réalisé sur l'ensemble des modalités (avec ou sans labour croisé avec ou sans CIPAN). Les prélèvements de sols en vue des analyses microbiologiques fonctionnelles (dont la biomasse microbienne) ont été réalisés en avril 2011 sur l'horizon 0-25 cm dans les modalités avec labour et sur les horizons 0-12,5 cm et 12,5-25 cm pour celles en semis-direct.

Malgré des variations saisonnières de la biomasse moléculaire microbienne ($\pm 15\%$), les modifications observées ainsi que la hiérarchie entre les

En savoir plus

Retrouvez sur www.perspectives-agricoles.com les résultats, en microbiologie classique, de l'effet du travail du sol sur la biomasse microbienne.

SEMIS-DIRECT ET CIPAN : impact positif sur la biomasse moléculaire microbienne



T1 : labour sans CIPAN - T5 : labour avec CIPAN (crucifère) - T6 : labour avec CIPAN (crucifère puis légumineuse) - T7 : semis-direct sans CIPAN - T8 : semis-direct avec CIPAN (crucifère) - T10 : semis-direct avec CIPAN (crucifère puis légumineuse)

Barres verticales = écart type des résultats pour chaque modalité. Lettres = groupes homogènes de l'analyse statistique de Newman et Keuls.

Figure 1 : Effet du travail du sol (labour ou semis-direct, avec ou sans CIPAN) sur la biomasse moléculaire microbienne.

Biomasse cumulée et moyennée pour toutes les dates étudiées et chacune des 6 modalités retenues dans l'étude.

pratiques de travail du sol et de CIPAN (figure 1) sont stables dans le temps. La biomasse moléculaire microbienne serait donc un indicateur robuste, mesurable tout au long de l'année.

Des effets plus marqués en surface

Après 23 ans de semis-direct, la teneur en matière organique (MO) augmente de 20 % par rapport au labour entre 0 et 12,5 cm alors qu'elle diminue de 12,5 % entre 12,5 et 25 cm.

« Les CIPAN et le semis-direct présentent des effets marqués sur l'abondance, la diversité et l'activité microbienne. »

En sol nu pendant la période d'interculture, la teneur en biomasse microbienne mesurée selon les 2 méthodes se différencie de manière analogue à la teneur en MO du sol. Dans la modalité avec CIPAN, l'augmentation de la biomasse microbienne est plus importante que celle de la MO dans l'horizon de surface, alors qu'elle baisse dans les mêmes proportions que la MO dans l'horizon non travaillé (12-25 cm).

La mise en place de CIPAN en semis-direct a donc eu pour conséquence d'augmenter la part microbienne de la matière organique du sol dans l'horizon superficiel.

Modification de la diversité microbienne

Davantage de diversité bactérienne a été mesurée en labour qu'en semis-direct. En revanche, c'est l'inverse en ce qui concerne les champignons, plus variés en semis-direct. L'hypothèse serait que le labour altère directement l'intégrité physique des champignons et modifie leur habitat en fragmentant une partie des macro-agrégats. Les bactéries, quant à elles, sont moins perturbées par le travail du sol car plus petites (unicellulaires) et majoritairement localisées dans les micro-agrégats non impactés par le labour.



Ainsi, le labour pourrait créer des conditions plus favorables aux populations bactériennes opportunistes qui consomment rapidement la matière organique fraîche (résidus ou amendements). Ayant moins accès à ce type de matière organique, seules se développent les populations de champignons les plus adaptées à dégrader la matière organique du sol (plus ou moins stabilisée et difficile à valoriser). En semis-direct, la répartition entre les populations bactériennes et celles

Des modalités d'essais variées

Depuis 1991, l'essai « environnement » de la station expérimentale de Boigneville (91) est conduit, d'une part, en travail du sol conventionnel (23 cm de profondeur) et, d'autre part, en semis-direct sans aucun travail du sol. La rotation initiale des cultures a été la suivante : pois de printemps, blé d'hiver et orge de printemps. Pour la moitié des parcelles, une Culture Intermédiaire Piège A Nitrate (CIPAN) de moutarde a été introduite en interculture entre l'orge et le pois, entre le blé et l'orge et entre le pois et le blé.

Depuis l'été 2006, dans la moitié des modalités avec CIPAN, la moutarde a été remplacée par des lentilles (*Lens nigricans*). À l'été 2010, dans l'autre moitié, la moutarde a été remplacée par une autre crucifère, le radis chinois (*Raphanus sativus var. longipinnatus*). Puis, pour finir, depuis 2012, le pois de printemps a été remplacé dans la rotation par de la féverole d'hiver.



Les analyses réalisées sur deux horizons (0-12,5 cm et 12,5-25 cm) révèlent une forte différenciation de la teneur en matière organique en semis-direct.

Microbiologie moléculaire

L'abondance microbienne a été évaluée par la mesure de la quantité d'ADN extrait du sol (Biomasse moléculaire microbienne, Dequiedt et al., 2011) et la diversité par le séquençage massif de cet ADN. Ces informations ont été analysées grâce à des outils de bio-informatiques et de bio-statistiques pour identifier les espèces présentes et déduire des indices de diversité qui intègrent la richesse en espèces microbiennes et les équilibres entre elles. De plus, grâce aux bases de données internationales, il est possible d'identifier et de classer les espèces présentes, donc d'appréhender la composition microbienne d'un sol et sa qualité.

de champignons reste plus équilibrée vis-à-vis de la dégradation de la matière organique fraîche.

Le fonctionnement microbien aussi impacté

La diversité microbienne, sous l'angle fonctionnel, a été évaluée par le test d'aptitudes métaboliques adapté par le laboratoire SEMSE (21) à partir de micro-plaques « Biolog ». Ce test mesure l'aptitude de la microflore du sol à utiliser pour sa croissance des substrats différents : sucres, acides carboxyliques, polymères, acides aminés, etc. Plus le nombre de substrats métabolisés est important, plus la diversité fonctionnelle est importante. Les résultats indiquent que les CIPAN affectent beaucoup moins cette diversité que le travail du sol. Elle est élevée dans le cas du labour et diminue fortement en profondeur en semis-direct (figure 2).

Des résultats à approfondir

Les indicateurs microbiologiques mesurés montrent que les CIPAN et le semis-direct présentent des effets plus marqués, dans l'horizon de surface, sur l'abondance, la diversité et l'activité microbienne. Ces travaux devront être complétés par d'autres études afin d'évaluer les impacts des différents modes travail du sol sous d'autres pédo-climats. L'analyse des fonctions impactées (minéralisation de la matière orga-

nique...) apportera aussi de nouveaux éléments pour mieux évaluer les services rendus et notamment la fourniture d'éléments nutritifs.

LABOUR : une pratique favorisant la diversité fonctionnelle

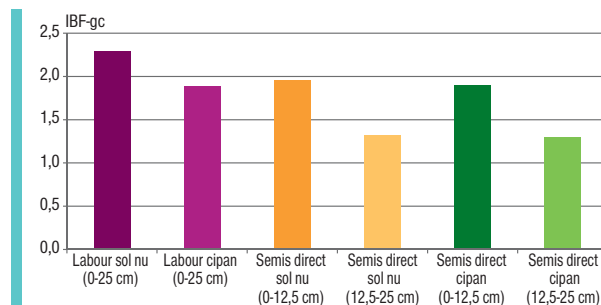


Figure 2: Effet du travail du sol (labour ou semis-direct) sur l'Indice de Biodiversité Fonctionnelle (IBF-gc) de la microflore totale.

(1) Voir Perspectives Agricoles n° 408, février 2014, p. 57-60. Les indicateurs de microbiologie classique ont été étudiés dans le cadre d'un projet associant ARVALIS - Institut du végétal et les laboratoires SAS (45 160 ARDON) et SEMSE (21 310 VIEVIGNE). Ceux de microbiologie moléculaire l'ont été dans le cadre d'un projet, financé par FranceAgriMer, associant ARVALIS - Institut du végétal, l'UMR agroécologie (notamment l'équipe Biocom et la plateforme GENOSOL de l'INRA de Dijon) et le Groupement d'Intérêt Scientifique « grandes cultures à haute performance économique et environnementale ».

Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Robert Trochard - r.trochard@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

Avec la participation de Rémi Chaussod et Rachida Nouaïm-Chaussod (contact@semse.fr), Matthieu Valé (mvalé@saslaboratoire.com), Lionel Ranjard (lionel.ranjard@dijon.inra.fr) et Samuel Dequiedt (samuel.dequiedt@dijon.inra.fr)

Microbiologie fonctionnelle

Cette approche est basée sur des indicateurs biologiques quantitatifs d'abondance, d'activité et de diversité, qui complètent les indicateurs physico-chimiques de l'analyse de terre (Chaussod et Nouaïm, 2001, Perspectives Agricoles n° 272, pp 46-48). La biomasse microbienne (ou Matière Organique Vivante) peut être exprimée en quantité de carbone vivant par kg de sol ou en pourcentage du carbone organique total. Les paramètres d'activité sont liés aux transformations du carbone et de l'azote dans les compartiments fonctionnels de la matière organique (MO vivante, labile, stable). Enfin, la diversité est abordée à travers les aptitudes métaboliques de la microflore totale.