

FERTILITÉ CHIMIQUE DU SOL

9 ANS D'APPORTS

organiques enrichissent le sol



Comparé à une fertilisation minérale, les amendements organiques appliqués annuellement pendant 9 ans dans un essai conduit à La Jaillière (44) ont modifié les teneurs du sol en carbone et azote organique mais également en phosphore, potassium et magnésium. Le pH était légèrement plus élevé tandis que les paramètres physiques et biologiques mesurés étaient peu modifiés tandis que certaines propriétés physiques (porosité et vitesse d'infiltration) et biologiques ont été améliorées.

Les élevages produisent des engrais ou amendements organiques valorisables sur les cultures. Pour en mesurer les effets, ARVALIS - Institut du végétal a mis en place, seul ou en collaboration avec d'autres organismes, plusieurs essais de longue durée. L'expérimentation conduite sur la station d'ARVALIS à La Jaillière (44) a, par exemple, permis d'évaluer l'impact d'apports annuels de fumiers et de composts issus d'élevage durant neuf ans, de 1997 à 2005. Le coefficient d'utilisation de l'azote des produits organiques a été calculé chaque année et des analyses plus poussées ont été réalisées de 2006 à 2008 pour évaluer l'impact

de ces apports sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques des sols. La minéralisation de l'azote organique lié aux apports répétés des produits organiques a également été suivie.

Six types d'apports organiques comparés

Le dispositif de La Jaillière a comparé une « fumure minérale » et six « fumures organiques », appliquées de 1997 à 2005 sur une rotation de maïs fourrage irrigué et de blé tendre d'hiver (paille enlevée). En « fumure minérale », la dose d'engrais azoté est celle conseillée pour atteindre le rendement recherché (M4). Les apports de phosphore et

17%

c'est l'augmentation relative du stock d'azote organique induite par les apports répétés de fumier de bovins.

de potasse y compensent les exportations. Dans les seconds, sans fumure azotée minérale, six produits résiduels organiques (Pro) sont appliqués tous les ans, au printemps avant le maïs et à l'automne avant le blé. Il s'agit de fumiers bruts et compostés de bovins, de porcs ou de volailles. Les doses de compost et de fumure appliquées correspondent à 200 kg de N/ha sur le blé tendre d'hiver et 100 kg de N/ha pour le maïs fourrage. Le blé ne reçoit aucun apport d'engrais minéral et seuls 50 kg P₂O₅ ont été apportés en localisé au semis du maïs.

Un effet positif sur les stocks de matières organiques

Le stock de carbone et d'azote organique du sol augmente de façon significative sur les 25 premiers centimètres grâce aux apports annuels de fumiers et de composts (figure 2), par rapport à la fertilisation minérale. L'écart, qui s'étage de 0 à +17 % selon les produits, est bien corrélé aux quantités apportées par chacun d'eux. Cependant, la différence avec la fumure minérale est encore trop faible pour être extériorisée par les cultures mises en place durant l'expérimentation.

« La matière organique se stocke surtout dans la fraction la plus fine du sol, qui est la plus stable. »

Le stockage s'effectue surtout dans la fraction la plus fine de la matière organique (MO) du sol (< à 50 µ) qui est la plus stable. Le carbone et l'azote stockés vont donc se minéraliser sur une longue durée. Le reste des apports se retrouve dans la fraction de taille intermédiaire (50-200 µ), identifiée comme une fraction active de la MO du sol, à durée de vie plus courte que la précédente. La fraction la plus grossière, à durée de vie très courte, n'est pas modifiée.

Le potentiel de minéralisation du sol augmente, mais uniquement pour le compost de fumier de bovins comme le confirment les analyses en laboratoire (incubation un an à 15 °C) et les suivis de minéralisation au champ après les neuf ans d'apports (sous une culture non fertilisée ou sous un sol nu, cf. encadré).

Phosphore, potassium et magnésium : un net enrichissement du sol

Les apports répétés de fumiers et de composts ont également enrichi l'horizon labouré du sol en phosphore, en potassium et en magnésium. Pour

le phosphore, le bilan des traitements organiques est excédentaire par rapport à la fertilisation minérale seule qui, elle, a été gérée pour compenser les exportations en phosphore des cultures. Les fumiers et les composts testés semblent aussi efficaces les uns que les autres pour augmenter le phosphore biodisponible du sol.

APPORT D'AZOTE : des valeurs variables selon les produits organiques

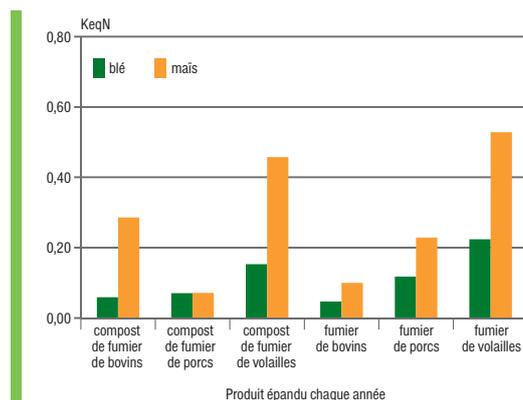


Figure 1 : Équivalence en kg d'azote ammoniacal d'un kg d'azote total des Produits résiduels organiques (Pro), moyenne sur les neuf années d'apport.



À La Jaillière, le sol est brun hydromorphe drainé, sur altérite de schiste apparaissant entre 60 et 80 cm, et la couche arable présente une texture limono-argilo-sableuse.

© ARVALIS-Institut du végétal

COMPLÉMENT

Des bénéfices azotés pas toujours valorisés

Après l'arrêt des apports de produits organiques, des effets positifs sur les quantités d'azote minéralisé par le sol sont bien mis en évidence, mais les cultures n'en ont apparemment pas tiré bénéfice au cours de l'expérimentation. Après 9 ans d'apports annuels de compost de fumier de bovins, le suivi de l'azote en sol nu de 2006-2007 montre un supplément de minéralisation de 58 kg/ha/an par rapport au traitement minéral. Ce supplément de fourniture d'azote par le sol qui s'est mis en place progressivement au cours des années d'apport ne s'est pas traduit par une augmentation progressive du coefficient d'équivalence azote. Cette incohérence apparente est due tout d'abord au fait que la culture n'absorbe qu'une partie de cette minéralisation annuelle (50 % pour un blé et 70 % pour un maïs) compte tenu de sa durée de végétation. De plus, le climat influe sur les conditions de croissance et d'absorption d'azote des cultures. Enfin la composition du produit organique varie d'une année à l'autre. Cette variabilité masque l'évolution potentielle de ce coefficient.



« Les fumiers et les composts testés semblent aussi efficaces les uns que les autres pour augmenter le phosphore biodisponible du sol. »

tement strictement minéral (M4), mais cet effet reste de faible ampleur (+ 0,3 point de pH). Les traitements organiques n'ont pas non plus de gros impacts sur les propriétés physiques de la couche arable. Ainsi, les modifications relativement faibles de statut organique du sol après neuf années de traitement ne modifient ni la stabilité structurale de l'horizon de surface, ni la limite de plasticité, c'est-à-dire la teneur en eau du sol marquant le passage de l'état friable à l'état plastique, ni les propriétés hydriques (humidités aux pF 2; 2,5 et 4,2) du sol. Par contre, la conductivité hydraulique de la couche arable s'accroît avec les amendements organiques car ils augmentent la macroporosité (pores d'assemblage d'origine pour partie biologique). Cela pourrait accélérer le ressuyage de la surface après une pluie.

MATIÈRE ORGANIQUE : un stockage de carbone significatif pour tous les produits

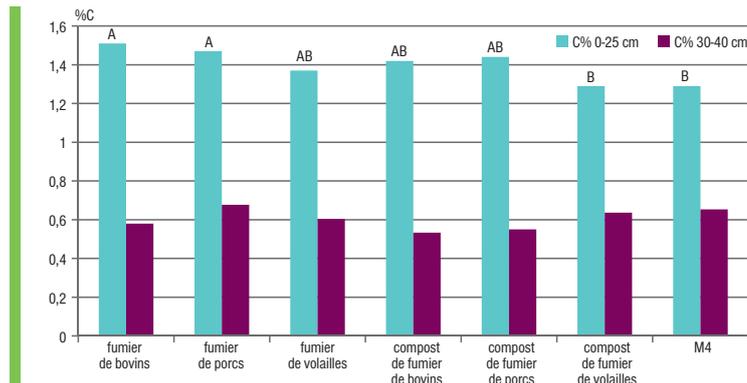


Figure 2: Teneur en C organique des horizons 0-25 cm et 30-40 cm mesurée en 2006, pour l'essai en rotation maïs-blé. A et AB : augmentation significative des apports par rapport à la modalité en fertilisation minérale seule (M4).

En matière de potassium, les bilans des traitements organiques reflètent les quantités de K_2O apportées par chaque produit: de -350 pour le fumier de volailles à +1 000 $kg K_2O. ha^{-1}$ pour le fumier de bovins. Comme pour le phosphore, les produits n'induisent aucune différence sur l'évolution de la teneur en potassium à bilan cultural identique. Il en est de même pour le magnésium dont le bilan cultural est excédentaire (de 200 à 420 $kg MgO. ha^{-1}$). Pour atteindre une fertilisation équilibrée en azote, phosphore et potassium, il aurait fallu réduire les doses de Pro mais cela n'était pas compatible avec les objectifs de l'essai, axé sur la mise en évidence d'effets azote cumulatifs à moyen terme.

Les traitements organiques modifient également de façon significative le pH eau par rapport au trai-

Un effet bénéfique contre certains microorganismes pathogènes

Le laboratoire Inra de Dijon a complété l'expérimentation en mesurant l'impact des amendements organiques sur deux microorganismes pathogènes inféodés au sol, le rhizoctone et le piétin échaudage. Ces mesures ont montré que les apports répétés de fumiers et de composts ne modifient pas la réceptivité du sol à *Rhizoctonia solani*, c'est-à-dire son aptitude à développer ce pathogène une fois inoculé au sol. Par contre, ils présentent bien un effet bénéfique sur le potentiel infectieux du rhizoctone par rapport à une fertilisation minérale. Le sol recevant une fertilisation minérale est également plus sensible que les sols recevant des amendements organiques au Ggt, l'agent infectieux du piétin échaudage sur le blé.

Robert Trochard - r.trochard@arvalisinstitutduvegetal.fr
Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS-Institut du végétal

Les mesures réalisées en fin d'essai (2006-2008) ont bénéficié d'un financement de l'Ademe et d'un partenariat d'Arvalis avec les laboratoires Inra de Rennes, d'Orléans, Dijon, Bordeaux et du laboratoire des Ponts et Chaussées de Blois.