

## 2 Matière organique

# Un capital à préserver par les pratiques, les rotations et les apports exogènes

**Composante essentielle de la fertilité chimique du sol, la teneur en matière organique dépend de nombreux facteurs. Elle est donc très variable dans une région donnée. Chercher à la préserver ou à la renforcer ne peut s'envisager que sur le long terme en jouant sur les pratiques culturales, les rotations et les apports de produits résiduels organiques.**

**P**as de sols fertiles sur le plan chimique sans matières organiques. Celles-ci résultent en partie de la décomposition des résidus de cultures et des apports organiques externes par la faune (1) ainsi que la microflore du sol. Ce processus aboutit à la création de matières organiques humifiées. Il en produit également d'autres peu évoluées : ce sont des métabolites microbiens ayant une forte action sur la stabilité structurale. Font aussi partie de la matière organique les résidus de cultures et les produits résiduels organiques (Pro) épandus non décomposés, la micro-faune et la microflore elles-mêmes ainsi que les éléments plus ou moins décomposés dont le stade ultime est l'humus.

### Le carbone organique comme référence

La teneur en matière organique (MO) du sol est le plus souvent estimée à l'aide d'un dosage de carbone organique. En plus de la biomasse microbienne, des métabolites microbiens et des matières organiques en cours de décomposition, celui-ci comprend les matières organiques humifiées qui forment l'essentiel du stock. Ces dernières constituent un réservoir d'énergie pour les micro-organismes du sol qui les décomposent pour s'alimenter en libérant une partie des éléments minéraux qu'elles contiennent (azote, soufre, phosphore), lesquels contribuent à la nutrition des cultures. Par



Les vers de terre contribuent fortement au recyclage des matières organiques apportées.

ailleurs, ces matières organiques humifiées portent de nombreux sites chargés négativement, donc capables d'adsorber des cations ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ...), ce qui contribue à la capacité d'échange cationique (CEC) du sol (figure 1). Plus celle-ci est élevée, plus le pouvoir tampon du sol est fort.

### La CEC liée à la matière organique

La CEC est étroitement liée à la disponibilité en carbone organique, ainsi que l'a montré une expérimentation de longue durée menée à La Jaillière (44). Des apports annuels de produits organiques sur prairie ont conduit à une forte différenciation de la teneur en carbone organique de

l'horizon de surface. Le lien entre la CEC et cette teneur a bien pu être mis en évidence, la première s'accroissant de 2,6 points par point de carbone soit 1,5 point par % de matière organique supplémentaire. Un autre essai de longue durée conduit au Rheu (35) en monoculture de maïs fourrage, avec des apports de fumiers compostés à plusieurs doses, a permis quant à lui de montrer que l'augmentation de la teneur en carbone organique du sol accélérât la fourniture moyenne journalière d'azote par minéralisation de la matière organique.

### Des teneurs peu variables à court terme

Quel taux de matière organique faut-il viser dans son sol pour optimiser sa fertilité chimique ? Difficile à dire, compte tenu des multiples effets de ce compartiment sur les propriétés des sols. Les flux de carbone sont permanents du fait de la minéralisation, de la présence des résidus de cultures et éventuellement des apports de produits résiduels organiques. Sur le moyen terme, soit 30 à 50 ans, et à régime constant de restitutions organiques sur une parcelle, la teneur en MO du sol tend vers un équilibre où les apports et restitutions organiques compensent les pertes dues à la minéralisation. Mais pour un même type de sol, les pratiques culturales (rotations, gestion des résidus de culture, apports de produits résiduels organiques,

### Une vitesse de minéralisation qui s'accroît avec la teneur en matière organique

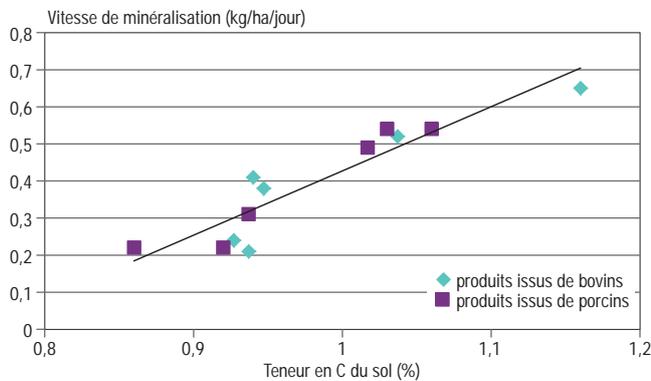


Figure 1 : Relation entre la teneur en C organique de la couche arable et la vitesse de minéralisation nette de l'azote organique du sol dans deux essais avec apports produits organiques au Rheu (35) après 10 ans de différenciation des restitutions organiques.  $y = 1,73x - 1,31$  ;  $R^2 = 0,85$ .

travail du sol) font varier les teneurs à l'équilibre. Dans tous les cas, l'évolution est lente et difficile à déceler sur moins de 5 ans.

### Restituer les pailles : un « plus »

Il faut donc recourir à des essais de longue durée pour mieux évaluer les pratiques favorables au maintien ou à l'enrichissement du sol en matières organiques. En grandes cultures, des suivis ont été réalisés sur plusieurs essais de longue durée avec des rotations variées. Les résultats obtenus sur le site de Boigneville (91), qui possède un dispositif expérimental en place depuis plus de 40 ans en rotation (maïs, blé) avec pailles restituées et labour montrent une tendance à une légère hausse de la teneur en matière organique. En revanche, lorsque les pailles de blé sont exportées comme ce fut le cas entre 1983 et 1998, la teneur ne fait que se stabiliser. Une tendance confirmée par d'autres expérimentations de longue durée en rotation à base de maïs grain, céréales à paille et colza. Réalisés sur dix ans, d'autres essais tendent à montrer que des rotations incluant une part significative de

cultures restituant moins de matières organiques que les céréales comme la betterave, la pomme de terre ou le pois sont moins aptes à maintenir cette teneur : elle devient un peu plus faible à l'équilibre.

Le travail du sol joue également un rôle. Son impact a été étudié sur le dispositif de Boigneville où labour, travail superficiel et semis direct sont comparés depuis plus de 40 ans. Les teneurs se sont progressivement différenciées au profit des régimes sans labour, mais les écarts sont faibles. Depuis la fin des années 90, la teneur semble s'être stabilisée dans l'ensemble des régimes. Ces résultats sont en accord avec les essais travail du sol de longue durée réalisés à l'étranger. Par ailleurs il a récemment été mis en évidence que la contribution au bilan humique des cultures intermédiaires est plus importante que celle estimée jusqu'à maintenant.

**Pour un même type de sol, les pratiques culturales font varier les teneurs en MO à l'équilibre.**

### Des apports externes qui doivent être importants

Dans les contextes de polyculture élevage, les essais montrent une tendance à la baisse dans des rotations où la part de prairie temporaire a diminué au profit de cultures

**Les apports exogènes contribuent significativement au bilan humique à condition d'être suffisamment importants.**

annuelles. Celle-ci est d'autant plus forte que la totalité des parties aériennes (céréales avec pailles exportées, maïs fourrage) est exportée. Les apports de produits organiques permettent de stabiliser voire de limiter la baisse de teneur. Tout dépend de la nature du produit (valeur humique par tonne de produit apporté), des doses et de la fréquence des apports. Sur le site de La Jaillière, un apport annuel de 20 t/ha de fumier de bovins a par exemple permis au bout de 10 ans de maintenir la teneur au même niveau qu'en début d'essai. Or elle a chuté dans le même temps de 0,4 % dans le régime en fertilisation minérale seule. Ce résultat montre qu'une modification sensible du stock de MO du sol par des apports organiques nécessite des apports importants, souvent incompatibles avec une bonne utilisation de ces produits en tant que fertilisants phosphatés et potassiques. En effet, le respect de l'équilibre de la fertilisation phospho-potassique nécessite souvent des doses bien inférieures à celles requises pour l'entretien ou l'amélioration du statut organique. Il faut donc rechercher à équilibrer le bilan humique d'abord par la gestion des résidus de cultures, les Cipan, voire les rotations.



## Simuler pour prévoir les évolutions à long terme

Compte tenu du temps nécessaire à l'obtention d'un équilibre du bilan lorsque le régime de restitutions est modifié, la simulation s'impose pour estimer la teneur à l'équilibre du bilan humique et le délai au bout duquel il sera atteint.

## Il faut rechercher à équilibrer le bilan humique d'abord par la gestion des résidus de cultures, les Cipan, voire les rotations.

Les vitesses de minéralisation du carbone ainsi que la contribution au stock de MO humifiée de diverses restitutions organiques ont fait l'objet de nombreuses études. Celles-ci ont abouti à des méthodes de calcul de minéralisation du carbone ou de l'azote à partir d'un stock de carbone et d'azote organiques ainsi que de bilans humiques. En France, c'est actuellement le modèle AMG mis au point par l'INRA de Laon qui est utilisé. Il s'agit d'un modèle de bilan humique simple où les vitesses de minéralisation sont définies comme des constantes dépendantes du milieu (teneurs en argile, en  $\text{CaCO}_3$ , température et humidité). Les stocks sont quant



à eux fonction du régime des restitutions organiques. Ce modèle (1) peut être utilisé pour réaliser des études régionales visant à quantifier les possibilités d'exportation de paille en fonction des types de sol et des systèmes de culture. Mais il peut également servir à l'échelle de l'exploitation ou de la parcelle pour connaître l'impact d'un changement de régime de restitution. ■

(1) Développé par Agro-Transfert, LDARS et INRA en Picardie dans le cadre du projet GCEOS et travaillé par ARVALIS-Institut du végétal, l'INRA, Agro-Transfert et LDAR dans le cadre du projet Casdar AMG (2009-2012).

**Alain Bouthier**

*a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr*

**Robert Trochard**

*r.trocard@arvalisinstitutduvegetal.fr*

**ARVALIS-Institut du végétal**

Il est difficile de prévoir la contribution au stock de carbone organique du sol que les diverses restitutions organiques peuvent fournir.

## France Des évolution de teneurs très variables entre régions

Les données de la BDAT (Base de données des analyses de terre) permettent d'observer des évolutions de la teneur en MO de la couche travaillée à l'échelle cantonale sur la période 1990-2004. Globalement, les analyses référencées de 1990-1994 à 2000-2004 montrent une augmentation des teneurs dans 19 % des cas, une stabilisation dans 45 % et une réduction dans 36 %. Le bilan est assez contrasté entre régions. Les baisses concernent surtout les zones d'élevages, qui ont connu des retournements de prairies au profit de cultures annuelles depuis une vingtaine d'années. Certaines régions de grandes cultures, mais pas toutes puisque dans le Centre et l'Île-de-France les teneurs tendent à augmenter sur 20 ans, connaissent également des baisses de teneurs en matières organiques. Des études plus fines réalisées à partir de 382 analyses de terre du département de l'Aisne (1) ont montré que les baisses sont d'autant plus fréquemment observées que la teneur initiale était élevée.

(1) Voir *Perspectives Agricoles* n° 354, mars 2009.

## La CEC augmente avec la teneur en carbone du sol

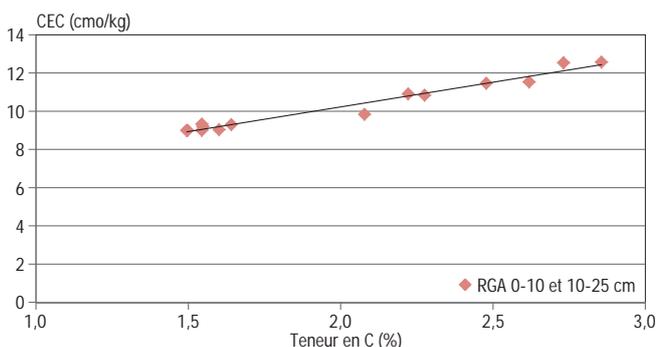


Figure 2 : Relation entre la teneur en C organique et la CEC Metson dans un essai en prairie avec apports de produits organiques sur le site de La Jaillière (44) après 10 ans de différenciation des restitutions organiques.  $y = 2,58x + 5,06$  ;  $R^2 = 0,97$ .