



■ **FRACTION VIVANTE**
Les apports organiques réguliers alimentent la biomasse microbienne du sol.

■ **RESTITUTIONS**
Résidus de cultures et couverts ont un impact prépondérant sur le stock de carbone.

■ **ÉVOLUTION**
La fraction active du carbone organique du sol se renouvelle en 10 à 30 ans.

MATIÈRE ORGANIQUE



© ARV/INRA Institut du végétal

Les matières organiques formées par le système racinaire sont plus stables que celles des parties aériennes.

STATUT ORGANIQUE ET VIE DU SOL

DES FONCTIONS MULTIPLES à optimiser

Différents types de matière organique existent dans le sol. Travaillant en synergie, leurs rôles sont nombreux et essentiels dans l'élaboration de sa fertilité. Bien connaître leur nature et leurs fonctions est le premier pas pour tirer le maximum d'efficacité du premier outil de travail : le sol.

Un ensemble de constituants en évolution permanente dont les vertus agronomiques tiennent autant à leur transformation qu'à leur seule présence : c'est sans doute l'essentiel de ce qu'il faut retenir au sujet des matières organiques des sols. Contribution à l'alimentation des cultures, protection des sols contre l'érosion, support de la vie, elles jouent un rôle central dans le comportement des sols.

Des teneurs très variables

C'est par la mesure de la teneur en carbone d'un sol qu'est apprécié en général le statut organique d'une

parcelle agricole. Cette teneur en carbone, multipliée par un coefficient, en général 1,72, donne la teneur en matières organiques de l'horizon considéré. Dans les systèmes de grandes cultures, la mesure est le plus souvent réalisée sur l'horizon labouré qui en stocke près de la moitié. Elle est parfois réalisée sur une profondeur plus faible dans les prairies

de longue durée ou les parcelles durablement non labourées.

La teneur en matières organiques dépend de la nature du sol (texture, pH et teneur en carbonates), en particulier de sa teneur en argile et de la capacité de ces dernières à former des liens stables avec les particules organiques fines. Les conditions de drainage

« Un ensemble de constituants en évolution permanente. »

et d'aération des parcelles, en lien avec le climat, influencent la vie et l'activité des micro-organismes qui transforment les matières organiques : de très fortes teneurs peuvent être révélatrices d'une faible activité microbienne, en sol très acide, asphyxié, ou en climat d'altitude. Inversement, des valeurs plus faibles sont observées dans le sud-ouest de la France, où le climat, chaud et humide, favorise leur dégradation.

Enfin, les systèmes de culture influencent aussi ces teneurs qui sont plus faibles en grandes cultures que dans les systèmes avec prairies et élevage. Interpréter le résultat d'une analyse de terre exige donc de se replacer dans un contexte de sol, de climat et de système de culture.

Derrière ce taux de matière organique se cachent des constituants ou « fractions » différentes qui jouent des rôles complémentaires. Les plus petites particules organiques se lient aux argiles – pour autant que le sol en contienne – et constituent alors la fraction la plus stable dans le temps. Elles contribuent à la stabilité de la structure des sols, à la rétention d'eau et à l'augmentation de la réserve utile. Elles offrent des surfaces d'échange pour les cations. Les particules plus grosses, formées de résidus de culture en cours de décomposition, sont moins intimement liées au sol et plus facilement biodégradables. Elles forment la principale ressource alimentaire de la faune et de la microflore du sol : cette fraction doit donc être régulièrement réalimentée par des restitutions de matières organiques fraîches pour nourrir cette activité biologique.

Le rôle clé des transformations biologiques

La fraction vivante des matières organiques, approchée par différentes méthodes d'analyse, est constituée de la faune et de la flore du sol : vers de terre, insectes, collemboles, nématodes, champignons, bactéries... Elle représente plusieurs tonnes de carbone dans un champ cultivé. Elle assure la biodégradation des matières organiques pour produire, d'une part, des éléments minéraux (CO_2 , NH_4^+ , ...) et d'autre part,



Des apports répétés de 100 t/ha fumier depuis 1928 a considérablement amélioré la structure du sol de cette jachère nue. (Dispositif des 42 parcelles à l'INRA de Versailles)

MATIÈRES ORGANIQUES (MO) ET ÉROSION : une stabilité structurale qui augmente

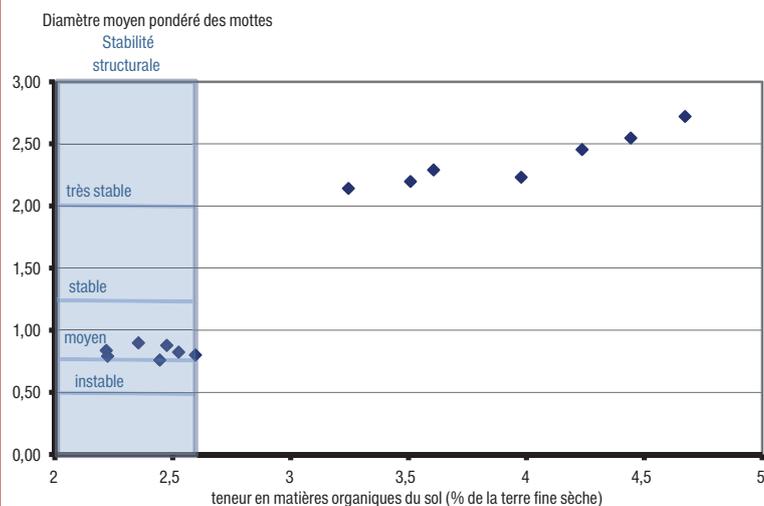


Figure 1 : Diamètre moyen pondéré des mottes en fonction de la teneur en MO : davantage d'agrégats stables, une meilleure stabilité structurale (1).

MO ET DENSITÉ APPARENTE DU SOL : une porosité améliorée

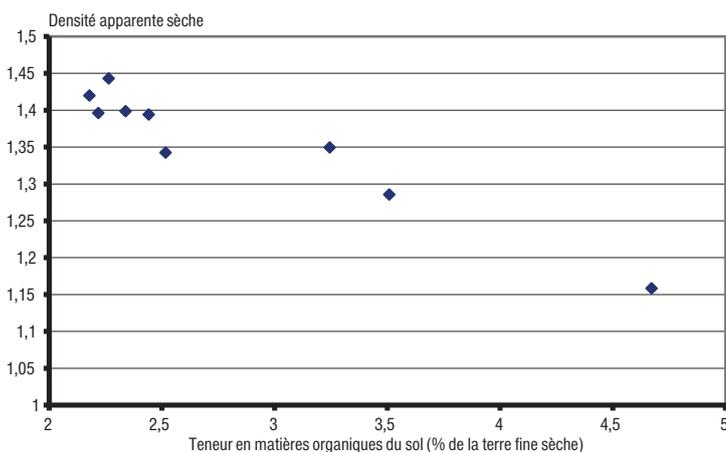


Figure 2 : Densité apparente d'un horizon de sol de 18 à 20 % d'argile selon sa teneur en MO (2).

des molécules organiques transitoires, en particulier les polysaccharides, dont les propriétés agrégeantes en font d'efficaces liants. Ainsi, les apports organiques réguliers, sous forme de résidus de culture ou de produits résiduels, alimentent cette biomasse microbienne. Ils stimulent son activité et améliorent la stabilité de la structure des sols fragiles, essentiellement limoneux ou sablo-limoneux. Les risques de battance diminuent. Cet effet est d'autant plus marqué que les matières organiques sont concentrées en surface par un travail du sol supprimé ou réduit.

Sur la profondeur de la couche travaillée, ce sont les risques d'affaissement de la structure et, en conséquence, de prise en masse du sol qui sont atténués par la présence de matières organiques. Maintien du réseau de porosité, densité apparente plus faible, vitesse d'écoulement de l'eau à travers la couche de sol

améliorée : ses effets sur les propriétés physiques et hydriques du sol sont nombreux (figures 1 à 3). Ils ne sont observables de manière significative que pour des augmentations importantes de teneur : au moins 0,4 point. À l'échelle du champ cultivé toutefois, l'hétérogénéité spatiale créée par les interventions culturales brouille et parfois gomme la manifestation de ces effets. La formation de zones plus compactes ou la création de réseaux de circulation d'eau préférentielle par les passages d'outils expliquent ce phénomène.

En sols plus argileux, la stabilité structurale n'est pas un problème. En revanche, les travaux agricoles peuvent être contraints par les difficultés à travailler le sol, qu'il soit trop plastique ou que les mottes, trop dures, soient peu friables. Il faut donc, afin de travailler un sol à tendance argileuse sans faire de lissage, que son humidité descende en-dessous d'un certain niveau appelé seuil de plasticité. Plus la teneur en matières organiques est élevée, plus ce seuil est haut, et moins il sera nécessaire d'attendre l'évaporation de l'eau du sol pour intervenir. L'exploitant peut alors rentrer dans la parcelle après un épisode pluvieux avec des délais d'attente réduits (figure 4).

Alimenter les plantes

La matière organique évolue au fil du temps, et au bout de sa chaîne de biodégradation, il y a produc-



Les galeries formées par les vers de terre favorisés par les apports organiques contribuent au drainage des parcelles agricoles.

Programme de recherche national : objectif « 4 pour mille »

Le ministère de l'Agriculture a lancé en mars un programme de recherche « 4 pour mille » dont l'objectif est d'améliorer les stocks de matières organiques de 4 pour mille par an. Une telle augmentation permettrait de compenser l'ensemble des émissions des gaz à effet de serre de la planète. Inversement, une diminution de 4 pour 1000 déboucherait sur un doublement des émissions.

tion d'éléments minéraux : le carbone s'évacue sous forme de CO_2 et vient enrichir l'atmosphère en ce gaz à effet de serre. Ce phénomène est inéluctable mais il est, dans des sols dont les stocks organiques sont stables, compensé par la fixation photosynthétique des plantes et les restitutions organiques fraîches au sol. C'est toutefois la raison pour laquelle des pratiques qui ont tendance à « déstocker » ce pool de matières organiques, par exemple le retournement des prairies, est vraiment à éviter de ce point de vue. Quant à l'azote, il est libéré sous forme ammoniacale : il ne reste ensuite qu'une transformation faisant intervenir des bactéries nitrifiantes pour en faire du nitrate assimilable par les plantes.

La fourniture d'azote par les sols va donc dépendre du stock de matières organiques présent et de sa transformation. C'est ici plus précisément le stock d'azote organique qui est considéré. Un stock, c'est une teneur multipliée par une masse de sol, celle de la couche arable où sont incorporées les restitutions organiques et où se concentre l'essentiel de la biomasse racinaire. Cette masse dépend de la profondeur considérée et de la densité apparente du sol, des paramètres qui ne sont pas toujours faciles à évaluer. Une part de ce stock est biodégradée chaque année par les organismes vivants selon un coefficient qui dépend des caractéristiques des sols (texture, teneurs en matières organiques, en calcaire, ...) et du climat. Les outils de conseil de fertilisation azotée prennent systématiquement en compte cette quantité d'azote minéralisée au cours de la saison de culture. Bien que cette fourniture résulte de l'activité des micro-organismes du sol, intégrer une mesure de cette biomasse ou de son activité dans le paramétrage des outils de calcul de la fertilisation azotée ne semble, à ce jour, pas apporter un gain notable de précision.

La présence de matière organique dans les sols joue aussi un rôle sur le stockage ou la disponibilité d'autres éléments minéraux. Plus cette teneur est élevée, plus la capacité d'échange des cations

MO ET CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE : une meilleure circulation de l'eau

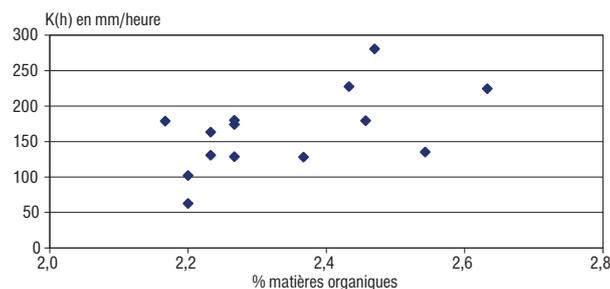


Figure 3 : Conductivité hydraulique dans un sol à la capacité au champ selon sa teneur en MO. La circulation de l'eau dans le sol en conditions humides est accélérée après des apports répétés de produits organiques (1).

MO ET HUMIDITÉ PONDÉRALE : plus de souplesse pour travailler au champ

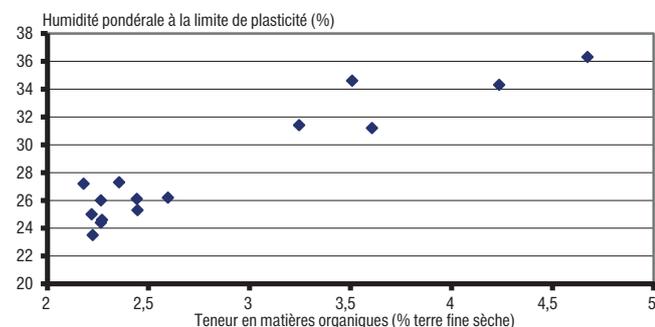


Figure 4 : Humidité pondérale à la limite de plasticité en fonction de sa teneur en MO. Il faut attendre que le sol soit à 25 % d'humidité pour pouvoir travailler en sol avec 1,4 % de carbone alors qu'il sera possible de travailler dès 35 % d'humidité dans un sol à 2,9 % de carbone organique (1).

[K⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, ...] du sol est augmentée, et plus leur mise à disposition pour les plantes sera facilitée. Une forte concentration en matières organiques peut toutefois être délicate quand elle accentue la rétention de cations peu présents dans le sol, tels que le cuivre, le zinc ou le manganèse, avec des risques de carence induite.

De même, les interactions entre matières organiques et disponibilité du phosphore pour les plantes sont nombreuses. D'une part elles contiennent du phosphore et leur biodégradation et minéralisation en libère. D'autre part, dans des sols dont la structure et la porosité sont préservées, l'enracinement plus aisé et plus dense permet aux plantes d'aller plus facilement rechercher le phosphore disponible dans le sol.

Equilibres biologiques et sanitaires

Enfin, il existe aussi une relation entre présence de matière organique et maladies des plantes. C'est d'abord dans les systèmes légumiers que ces observations ont été réalisées : des apports de composts peuvent diminuer la pression de certains organismes inféodés au sol à l'origine de maladies des plantes. Des travaux conduits en grandes cultures ont testé les impacts d'apports de produits organiques pour atténuer les risques de transmission par le sol de certaines maladies, comme le piétin-échaudage du blé ou le rhizoctone du maïs. Les résultats, parfois positifs, restent cependant aléatoires tant ils dépendent de la maladie considérée, du niveau de l'inoculum présent et de la nature des sols. Pour faire de la matière organique un levier pour réduire les pressions parasitaires, il reste encore du chemin à parcourir pour la recherche et le développement.

(1) Sols entre 18 et 20 % d'argile. Etude ARVALIS-INRA, avec le soutien financier de l'ADEME

(2) Etude ARVALIS-INRA, avec le soutien financier de l'ADEME

Irène Félix - i.felix@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS - Institut du végétal

Claire Chenu - Claire.Chenu@grignon.inra.fr

Sabine Houot - sabine.houot@grignon.inra.fr

INRA

La hausse de la teneur en matière organique du sol, en améliorant ses propriétés physiques, peut permettre de rentrer plus tôt dans les parcelles après une période d'humidité.

