

La protection physique et l'auto-protection des matières organiques du sol

Claire CHENU¹, Jérôme BALEDSENT², Blaise LECLERC³.

¹ Unité de Science du Sol - INRA de Versailles, ² Laboratoire d'Ecologie Microbienne de la Rhizosphère - DEVM - CEA - Centre de Cadarache, ³ Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB).

Introduction

Les quantités de matières organiques présentes dans les sols dépendent à la fois des flux d'entrées organiques au sol et des flux de sortie par minéralisation. Ces derniers sont affectés par le type de sol et les pratiques culturales. Les recherches de ces dernières années ont montré que la localisation des matières organiques dans la structure du sol et leurs interactions avec les minéraux du sol expliquent en grande partie les temps de résidence de ces matières organiques dans les sols.

La protection physique des matières organiques

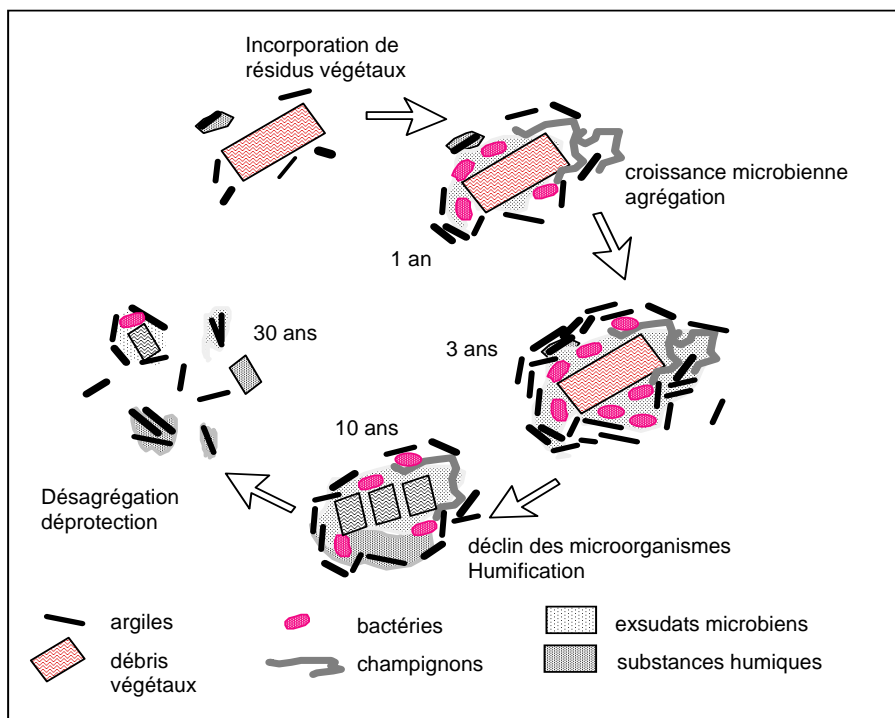
On définit la protection physique des matières organiques comme le ralentissement de leur minéralisation dû aux constituants minéraux du sol. Cela recouvre une grande diversité de mécanismes mis en évidence par des expérimentations de laboratoire : une protection due à l'adsorption de molécules organiques sur les feuillets des argiles, due à leur piégeage dans des pores inaccessibles aux microorganismes décomposeurs, ou encore due au manque d'oxygène au cœur de certains agrégats du sol... Les progrès de ces dernières années ont surtout été de mettre en évidence ce phénomène dans les sols, d'en quantifier dans certains cas l'impact et d'identifier une « autoprotection » des matières organiques. Ces progrès ont été permis grâce à un ensemble de méthodes, pour partie récentes, qui ont été appliquées à des sites de longue durée dont l'historique agronomique était bien connu (traçage naturel du carbone par l'isotope ¹³C, fractionnements physiques des matières organiques du sol, méthodes de microscopie électronique à balayage et à transmission) (ces méthodes donneront lieu à un prochain article d'Echo-MO).

Comment les matières organiques « s'auto-protègent » t'elles ?

Une large proportion des matières organiques est étroitement associée aux minéraux du sol, au sein d'agrégats plus ou moins stables. On a montré que les agrégats stables de sols cultivés sont enrichis en carbone « jeune » par rapport aux agrégats instables (Puget *et al.*, 1995). Les matières organiques jeunes auraient donc un rôle privilégié dans la stabilité de la structure. Les travaux de Golchin *et al.* (1994), de Puget *et al.* (1995, 1996) et Balesdent *et al.*, (2000) ont permis de proposer le schéma de fonctionnement suivant : lorsque des débris végétaux sont incorporés au sol, ils sont rapidement colonisés par des populations microbiennes (figure ci-dessous). La microflore, ses exsudats et ses produits de décomposition ont de fortes propriétés agrégeantes, et les particules minérales y adhèrent.

Les fragments végétaux sont donc rapidement incrustés de particules minérales et deviennent le centre d'agrégats résistants à l'action de l'eau. Les matières organiques sont relativement protégées au sein de ces agrégats. Les microorganismes épuisent cependant, petit à petit, les ressources organiques labiles des débris végétaux et ceux-ci s'humifient. La population microbienne décline alors et les agrégats deviennent instables. La dynamique des agrégats et celle des matières organiques apparaissent donc fortement liées.

La protection physique des matières organiques au sein des agrégats du sol dépend de la durée de vie de ces agrégats, donc de leur stabilité structurale. En affectant la stabilité des agrégats les matières organiques contribuent à leur auto-protection.



Quelques conséquences agronomiques de la protection physique des matières organiques

L'effet de la mise en culture : une spirale descendante

La mise en culture de sols forestiers ou sous prairie, comme cela a par exemple été très bien décrit dans le cas des terrasses alluviales des gaves pyrénéens (Arrouays *et al.*, 1994) conduit à une diminution importante des stocks organiques des sols. Cette diminution est rapide dans les premières années, puis s'infléchit, mais perdure pendant des décennies. La baisse des réserves organiques ne semble pas être expliquée par l'érosion des sols, ni par une diminution des apports carbonés au sol, car les restitutions par le maïs sont probablement plus fortes que les apports par la végétation forestière. Ce sont principalement les vitesses de minéralisation du carbone organique qui sont modifiées. En particulier la forte chute initiale montre l'existence de carbone très biodégradable, qui était protégé de la biodégradation sous végétation forestière. Avec la diminution des teneurs en matières organiques des sols la stabilité des agrégats baisse et la dé-protection des matières organiques s'accroît.

Types de résidus organiques et effet sur la structure des sols

Les résidus organiques varient dans leur efficacité à promouvoir l'agrégation des particules minérales et la durée de leur action. Le schéma de la page précédente corrobore les observations de Monnier dès 1965. La stabilisation des agrégats est en grande partie due aux microorganismes décomposeurs. Une paille mûre aura un effet plus faible, mais plus persistant sur la macro-agrégation stable qu'un résidu très décomposable comme la luzerne (Angers & Chenu, 1997).

Travail du sol et couverture du sol

Le labour, en diluant le carbone apporté en surface sur toute la profondeur labourée, maintient une teneur basse dans la couche superficielle. Cette dilution sera d'autant plus forte que la profondeur du labour est importante. Ainsi les matières organiques des premiers centimètres sont déprotégées, car elles sont situées dans des agrégats peu stables, d'autant moins stables que le labour est profond. Avec le renouvellement annuel du labour, petit à petit, tout l'horizon labouré est concerné. Il s'agit donc d'un processus lent et cumulatif.

Les autres outils de travail du sol, en particulier les herse rotatives, ont un effet direct de rupture des agrégats du sol et donc sur la dé-protection des matières organiques. Mais c'est surtout le fait que le sol nu, en particulier le lit de semence, soit exposé aux pluies, aux dessèchements, et aux ré-humectations brutales, qui peut aboutir à une dispersion presque complète de la partie superficielle du sol, et à une destruction des microagrégats. Ceci expose les matières organiques de ces microagrégats à la minéralisation.

La réduction du travail du sol, la couverture permanente du sol apparaissent donc comme de véritables stratégies de préservation de stocks organiques des sols. L'effet de telles pratiques, comme par exemple l'utilisation de plantes de couverture sous maïs, sur les stocks et qualités des matières organiques, font l'objet d'une évaluation en cours grâce à des essais de longue durée.

Références bibliographiques

- Angers D. A. & Chenu C., 1997. Dynamics of Soil Aggregation and C Sequestration. *Soil processes and the carbon cycle*. Edited by R. Lal, pp 199-206.
- Arrouays D., Kicin J.-L., Péliissier P. et Vion I., 1994. Evolution des stocks de carbone des sols après déforestation : Analyse spatio-temporelle à l'échelle d'un paysage pédologique. *Etude et Gestion des Sols*, 1 (2) : 7-15.
- Balesdent, J., Chenu C. & Balabane M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research*, 53, 215-230.
- Golchin A., Oades J.M., Skjemstad J.O. and Clarke P., 1994. Soil structure and carbon cycling. *Aust. J. Soil Res.* 32 : 1043-1068.
- Puget P., Besnard E. et Chenu C., 1996. Une méthode de fractionnement des matières organiques particulières des sols en fonction de leur localisation dans les agrégats. *C.R. Acad. Sci. Paris, t. 322, série II a*, pp 965-972.
- Puget, P., Chenu C. & Balesdent J. 1995. Total and young organic carbon distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European Journal of Soil Science*, 46, 449-459.
- OCERT.