
ÉTAT ET LOCALISATION DES MATIÈRES ORGANIQUES DANS LE SOL : RELATIONS AVEC L'ACTIVITÉ MICROBIENNE ET CONSÉQUENCES POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

par Claire **Chenu**¹, Naoise **Nunan**², Laure **Vieublé**¹, Patricia **Garnier**¹, Valérie **Pot**¹,
Sylvie **Recous**³, Philippe **Baveye**¹.

Un des défis de l'agroécologie en ce qui concerne les sols est de mieux prévoir le devenir des matières organiques et la fourniture de nutriments que leur minéralisation permet, ceci afin de concevoir et piloter une gestion optimale de cette ressource et de l'activité biologique. Cette prédiction est aujourd'hui encore insatisfaisante, et une des explications tient à la représentation que l'on fait du sol dans les modèles, qui est celle d'un milieu homogène, et non celle d'un milieu complexe et structuré, à différentes échelles comme l'est le sol.

Les matières organiques sont dans les sols essentiellement sous forme solide (les débris végétaux en cours de décomposition) ou associées aux minéraux. Elles ont une répartition spatialement très hétérogène, ceci à l'échelle du profil de sol (effet du travail du sol par ex), comme à celle de la structure du sol (répartition dans des pores de taille différente, au sein d'agrégats de caractéristiques contrastées..). Le sol a parfois été décrit comme un « désert » dans lequel sont présentes quelques « oasis » organiques. Des travaux récents se focalisent sur cette hétérogénéité spatiale, que l'on décrit par des méthodes de visualisation de plus en plus performantes (microscopies électroniques, tomographie des rayons X, nanoSIMS), et dont on cherche à apprécier les conséquences fonctionnelles.

Pour qu'il y ait biodégradation, un contact est nécessaire entre matières organiques et les microorganismes décomposeurs ou leurs enzymes extracellulaires. Or les microorganismes représentent moins de 1% du volume poral des sols¹ et ils ont eux aussi une répartition spatiale très hétérogène². La communauté scientifique accorde une importance croissante à l'accessibilité des matières organiques aux microorganismes qui les décomposent pour expliquer, d'une part les vitesses de minéralisation des matières organiques et d'autre part leur corollaire : la stabilisation de composés organiques dans les sols pour des durées longues (des siècles, voire des millénaires)³. La localisation respective des microorganismes et des matières organiques dans l'architecture complexe des pores du sol, le degré de remplissage de ces derniers par de l'eau et de l'air, déterminent les possibilités de contact, mais aussi de diffusion des molécules, de colonisation microbienne et *in fine* le fonctionnement biologique du sol. Des méthodes de visualisation et des approches expérimentales permettent maintenant d'étudier ces processus et ceci avec des approches interdisciplinaires : c'est toute une écologie des habitats microbiens qui mobilise physiciens, chimistes, microbiologistes et biogéochimistes des sols. De nouvelles approches de modélisation, basées sur une représentation explicite de la structure du sol⁴ sont étroitement couplées à ces approches expérimentales et ouvrent de nouvelles perspectives. Celles-ci devraient permettre

¹ UMR Ecosys, INRA-AgroParisTech, Grignon. Courriel : chenu@agroparistech.fr

² UMR IEES, CNRS-UPMC-ENS-INRA-IRD-UPEC, Grignon.

³ UMR Fare, INRA-Université de Reims, Reims.

d'améliorer les modèles actuels de la dynamique des matières organiques du sol par une prise en compte de l'hétérogénéité du sol.

Les activités microbiennes dépendent en premier lieu de l'accès à une ressource trophique. Comme celles-ci sont distribuées de manière hétérogène, la rhizosphère, la détritosphère (zone de sol au voisinage des résidus organiques en décomposition), la drilosphère (galeries et turricules des vers de terre) sont autant « d'oasis » ou « hot-spots » d'activité microbienne. La compréhension de leur fonctionnement est un atout pour la gestion des sols agricoles. Ainsi la biodégradation de produits phytosanitaires apportés au sol dépend peut être plus des probabilités de rencontre de ces molécules avec les microorganismes capables de les biodégrader, que d'autres facteurs. Les détritosphères, qui se forment sous les litières situées à la surface des sols agricoles conduits en semis direct ou sous couvert permanent, sont les habitats de nombreux organismes. Les transformations des matières organiques qui y prennent place expliquent pour partie le stockage additionnel, ou non, de carbone dans ces sols, une autre explication étant la faible accessibilité des microorganismes aux matières organiques dans les horizons sous jacents du sol⁵. Les effets du non-labour sur les stocks organiques des sols, plus variables et moins forts qu'on ne le pensait antérieurement⁶, interpellent la compréhension des mécanismes en amont.

C'est donc à l'échelle spatiale des microorganismes eux mêmes que l'on peut rechercher la compréhension des flux d'éléments et de substances dont ils sont responsables, ainsi que celle de l'effet de pratiques agricoles qui affectent les entrées organiques au sol et/ou l'hétérogénéité du sol (par exemple travail simplifié et gradients verticaux, cultures intercalaires ou associées et hétérogénéités horizontales).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ¹ Chenu, C. & Stotzky, G. 2002. – Interactions between microorganisms and soil particles : An overview. In: *Interactions between soil particles and microorganisms* (eds. P.M. Huang, J.M. Bollag & N. Senesi), pp. 3-40. Wiley and Sons, New York.
- ² Nunan, N., Wu, K., Young, I.M., Crawford, J.W. & Ritz, K. 2003. – Spatial distribution of bacterial communities and their relationships with the micro-architecture of soil. *FEMS Microbiology Ecology*, **44**, 203-215.
- Vieublé Gonod, L., Chadoeuf, J. & Chenu, C. 2006. – Spatial distribution of a microbial function (2,4-D mineralisation) from parcel to microhabitat. *Soil Science Society of America Journal*, **70**, 64-71.
- ³ Dungait, J.A.J., Hopkins, D.W., Gregory, A.S. & Whitmore, A.P. 2012. – Soil organic matter turnover is governed by accessibility not recalcitrance. *Global Change Biology*, **18**, 1781-1796.
- ⁴ Monga, O., Garnier, P., Pot, V., Coucheney, E., Nunan, N., Otten, W., and Chenu, C. 2014. – Simulating microbial degradation of organic matter in a simple porous system using the 3-D diffusion based model MOSAIC. *Biogeosciences*, **11**, 2201–2209.
- ⁵ Balesdent, J., Chenu, C. & Balabane, M. 2000. – Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research*, **53**, 215-230.
- ⁶ Virto, I., Barré, P., Burlot, A. & Chenu, C. 2012. – Carbon input differences as the main factor explaining the variability in soil organic C storage in no-tilled compared to inversion tilled agrosystems. *Biogeochemistry*, **108**, 17–26.