La matière organique

Pendant longtemps, on a parlé de la matière organique du sol (MOS) surtout comme d'un signe de fertilité. Aujourd'hui, on comprend aussi que la MOS est un acteur majeur du cycle du carbone : selon la gestion des terres, un sol peut agir comme source ou comme puits de CO_2. Les connaissances ont beaucoup évolué au cours des dernières décennies, et cette évolution change la façon de réfléchir aux apports organiques, aux pratiques culturales et au stockage de carbone.

L'ancienne vision : la théorie de l'humification

L'explication historique de la stabilité de la MOS reposait sur la théorie de l'humification. Selon cette idée, des composés végétaux complexes (par exemple riches en lignine) seraient transformés, sous l'action des micro-organismes, en molécules très résistantes appelées "substances humiques". La stabilité à long terme du carbone provenait alors surtout de la récalcitrance biochimique : plus une molécule était difficile à décomposer, plus elle devait persister dans le sol.

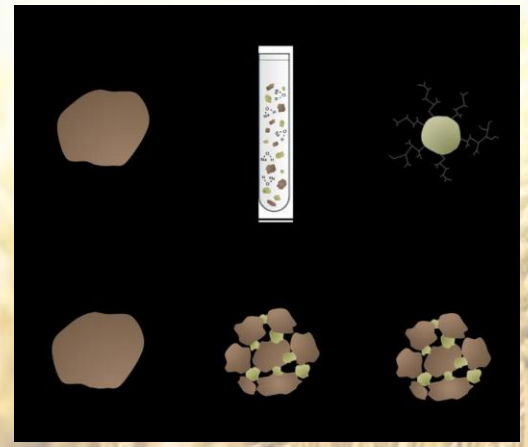


Figure 1 — Compréhension historique et émergente des mécanismes de stabilisation de la MOS (inspirée de Schmidt et al., 2011).

Le changement de paradigme : pourquoi on parle moins d'humification

Des travaux récents montrent que les "substances humiques" sont en grande partie un artefact lié aux méthodes d'extraction en laboratoire, et qu'elles n'expliquent pas, à elles seules, la persistance du carbone dans le sol. Les nouvelles technologies d'observation et d'analyse ont permis de mieux voir ce qui se passe réellement : la stabilité à long terme dépend surtout de mécanismes de protection dans le sol.

La nouvelle approche : le carbone reste surtout parce qu'il est protégé

La compréhension moderne propose que la stabilisation de la MOS à long terme (≈ siècle) est co-déterminée par : (1) l'adsorption ou l'association aux surfaces minérales réactives (argiles, oxydes/hydroxydes de fer et d'aluminium), et (2) la protection physique des complexes organo-minéraux au sein des agrégats. Ainsi, une part importante du carbone stable est associée à des composés relativement simples, souvent issus de sous-produits microbiens (nécromasse, polysaccharides, enzymes), qui se lient fortement aux minéraux.



Figure 2 — Stabilisation par complexes organo-minéraux et protection au sein des agrégats

Le rôle des micro-organismes : décomposer, mais aussi fabriquer du "carbone stable"

Les micro-organismes ne font pas que "consommer" la matière organique : ils la transforment. Une partie du carbone est respirée en CO_2, mais une autre partie devient de la biomasse microbienne et des sous-produits qui ont une forte affinité pour les minéraux. Ce point mène à une idée contre-intuitive : des apports facilement dégradables peuvent favoriser la formation de carbone stable, parce qu'ils sont utilisés plus efficacement par les microbes et génèrent davantage de sous-produits stables.

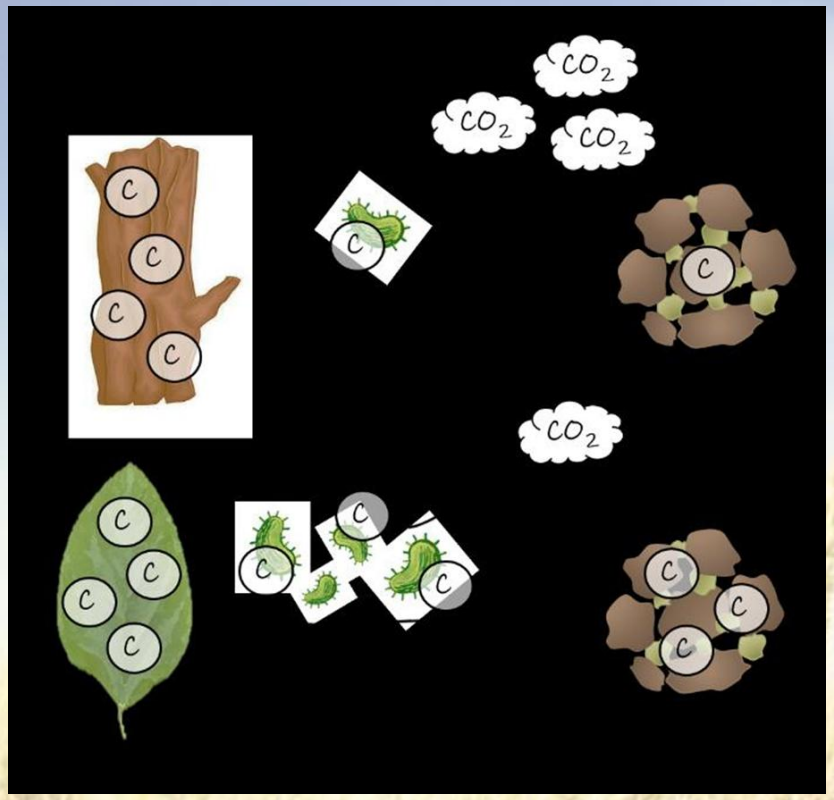


Figure 3 — Une meilleure efficacité d'utilisation microbienne peut mener à moins de pertes de CO_2 et à plus de carbone stabilisé (Cotrufo et al., 2013).

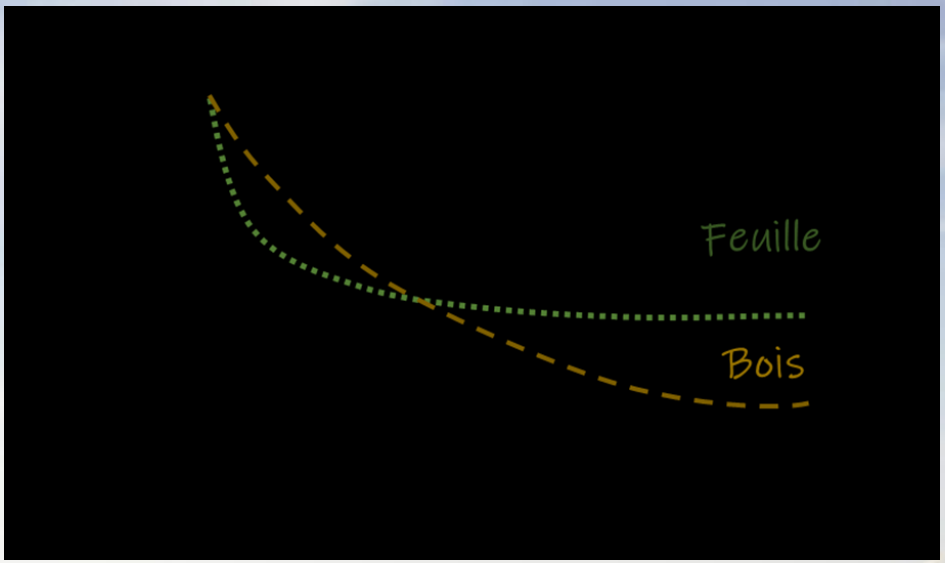


Figure 4 — Dynamique de rétention du carbone selon le type d'apport dans le temps (adaptée de Cotrufo et al., 2013).

Pour éviter les confusions : il n'existe pas "une" seule MOS

La MOS est un continuum de composés plus ou moins labiles. Pour mieux suivre ce qui change, on distingue des fractions. La matière organique particulaire (MOP) correspond surtout à des résidus en décomposition, plus réactifs; la matière organique fine (MOF) représente une grande part du carbone total et est davantage associée aux minéraux, donc plus stable. Augmenter la MOS peut donc vouloir dire des choses différentes selon la fraction qui augmente.

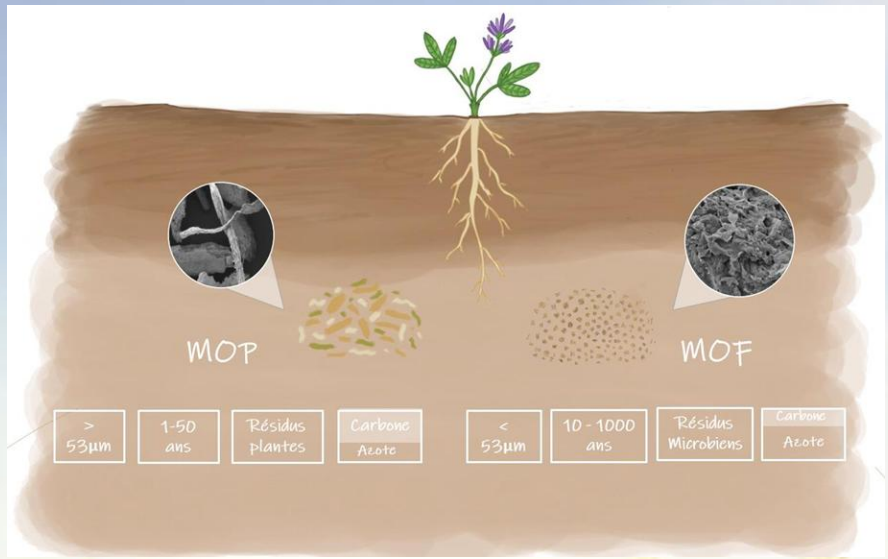


Figure 5 — Comparaison MOP (plus labile) et MOF (plus stable) (inspirée de Cotrufo & Lavallee, 2022).

Conclusion

En résumé, on est passé d'une explication centrée sur la "nature" supposément indestructible de l'humus à une explication centrée sur les mécanismes de protection du carbone dans le sol : interactions avec les minéraux, agrégation et transformation microbienne. Cette perspective met l'accent sur le fonctionnement du sol (structure, particules fines, vie microbienne) autant que sur le type d'apports.

Références:

- Samson, M.-É., Angers, D.A., Poirier, V. (2023). Séquestrer du carbone dans les sols agricoles du Québec; concepts, perspectives et défis. Rapport remis au Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec, Université Laval, 106 p.
- Samson, M.-E., Chantigny, M. H., Vanasse, A., Menasseri-Aubry, S., & Angers, D. A. (2020). Coarse mineral-associated organic matter is a pivotal fraction for SOM formation and is sensitive to the quality of organic inputs. Soil Biology and Biochemistry , 107935. Samson, M.-E., Chantigny, M. H., Vanasse, A., Menasseri-Aubry, S., Royer, I., & Angers, D. A. (2021). Response of subsurface C and N stocks dominates the whole-soil profile response to agricultural management practices in a cool, humid climate. Agriculture, ecosystems & environment, 320, 107590. Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon de bt of 12,000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(36), 9575-9580.
- Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H., & Parton, W. J. (2015a). Forma tion of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. Nature Geoscience, 8(10), 776. Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H., & Parton, W. J. (2015b). Formation of soil orga nic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. Nature Geoscience, 8(10), 776-779. Cotrufo, M. F., Wallenstein, M. D., Boot, C. M., Denef, K., & Paul, E. (2013). The M icrobial E fficiency-M atrix S tabilization (MEMS) framework inte grates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? Global Change Biology, 19(4), 988-995.

Questions, commentaires?

Contactez-nous par téléphone au
418 856-1079 ou au 1 866 288-1079