

PERSISTANCE À LONG TERME DES MATIÈRES ORGANIQUES DANS LES SOLS : CARACTÉRISATION CHIMIQUE ET CONTRÔLE MINÉRALOGIQUE

par Suzanne **Lutfalla**

Bernard Saugier¹. – Suzanne Lutfalla a soutenu sa thèse à l'Université Paris-Saclay le 19 novembre 2015, avec pour titre « *Persistance à long terme des matières organiques dans les sols : caractérisation chimique et contrôle minéralogique* ». Ses directeurs de thèse étaient Claire Chenu et Pierre Barré.

La teneur en CO₂ de l'atmosphère a augmenté de 40 % depuis le début de l'ère industrielle, entraînant un réchauffement du climat. Pourtant on ne retrouve dans l'atmosphère qu'environ 45 % des émissions de CO₂ liées à l'utilisation des combustibles fossiles, le reste est absorbé en parts à peu près égales par les océans et la biosphère terrestre. Le sol joue un rôle important dans le cycle du carbone, avec un stock estimé de 1500 GtC dans le premier mètre, et de 2300 GtC sur l'ensemble du profil. Plusieurs programmes cherchent à augmenter son rôle de puits de carbone pour limiter la croissance du CO₂ atmosphérique. Ainsi l'initiative "4 pour mille" : si on pouvait augmenter le stock de C du sol de 4 pour mille chaque année, on absorberait l'ensemble des émissions de CO₂ soit 9 GtC/an.

On sait que le sol contient des matières organiques d'âges très divers, certaines ayant plusieurs siècles ou millénaires (datation au ¹⁴C). Quels facteurs expliquent ces variations, peut-on s'en servir pour augmenter le potentiel de séquestration du carbone des sols? L'explication classique était dans la structure moléculaire des composés organiques, les plus simples (sucres, protéines) étant dégradés rapidement, les plus complexes (lignine, acides humiques) étant plus résistants. Plusieurs travaux récents ont montré que cette explication était insuffisante, il faut prendre en compte la protection physique (séparation entre la matière organique (MO) et les décomposeurs dans des micro-agrégats) et la protection physico-chimique (interaction entre débris organiques et argiles).

Pour caractériser chimiquement les MO persistantes dans le sol, et identifier l'influence de la minéralogie sur la persistance observée, Suzanne Lutfalla a étudié des échantillons de 5 jachères nues de 27 à 79 ans provenant de Suède, Danemark, Angleterre et France. Elle s'est intéressée en particulier au carbone pyrogénique (forme de charbon résultant de la combustion partielle de la biomasse) qui est réputée plus stable que l'ensemble de la MO. Elle a utilisé des méthodes modernes d'imagerie et de spectroscopie X (grâce à l'équipement synchrotron d'un laboratoire de Saskatoon au Canada).

Elle a obtenu des résultats importants :

1. Les méthodes chimiques d'oxydation de la MO ne permettent pas d'isoler la fraction récalcitrante, elles sont trop brutales comparées à l'évolution de la MO avec l'âge de la jachère

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur honoraire de l'Université de Paris-Sud.

2. La signature chimique du C persistant est proche de celle du C total, avec toutefois un enrichissement relatif en composés carbonés oxydés. La persistance ne peut donc s'expliquer par la structure chimique de la MO.
3. Le carbone pyrogénique présente une dynamique de dégradation semblable à celle du carbone non pyrogénique, avec un temps de résidence multiplié par 1,6 (116 ans contre 73 ans), plus long dans la fraction sableuse que dans la fraction argileuse. Il n'y a donc pas de persistance particulière du C pyrogénique.
4. La protection de la MO paraît dépendre de la minéralogie des phyllosilicates. Les smectites protégeraient mieux la MO que les argiles à potassium (illites).

En conclusion, la persistance à long terme des MO s'expliquerait par la protection physique au sein des agrégats et par la protection physicochimique par adsorption sur les surfaces minérales. Les agrégats se formant et se détruisant régulièrement, il y aurait peu à peu une prédominance des phénomènes d'adsorption; cette prédominance a été détectée expérimentalement par un enrichissement relatif en composés oxydés et azotés, qui a été observé dans les échantillons de ce travail.

La thèse est rédigée en anglais, avec un résumé en français de 15 pages, une première partie introductive importante sur le cycle du carbone et la matière organique du sol, bien illustrée de nombreuses figures et encadrés pédagogiques, une deuxième partie sur les techniques et le matériel d'études, une troisième partie sur la caractérisation chimique de l'évolution de la MO, une quatrième partie sur le lien entre sa persistance et la minéralogie des argiles, et une cinquième partie de conclusion. Elle comprend un article publié dans *Biogeochemistry*, un autre soumis à *Nature Climate Change*, et 3 autres à soumettre. Je me suis posé la question de l'influence des herbicides (utilisés pour garder le sol nu) sur la communauté microbienne et donc sur la dynamique de la MO.

Il s'agit d'un travail important et solide réalisé avec des méthodes modernes sur un sujet d'actualité, qui remet en cause des idées reçues notamment sur la supposée persistance du charbon de bois (C pyrogénique en langage plus savant) dans le sol. De nombreux travaux ont souligné l'importance de cette fraction de la MO supposée jouer un rôle fertilisant pendant plusieurs siècles comme la *terra preta* en Amazonie, d'origine précolombienne. Plusieurs chercheurs recommandent l'apport de charbon de bois (biochar) pour augmenter la fertilité des sols. Ont-ils tous tort ? Il y a là un beau sujet de controverse en perspective.

Le jury a apprécié l'exposé oral, très clair, bien structuré et bien illustré, et elle a manifesté par ses réponses au jury sa maîtrise personnelle du sujet et son souci de dégager de son travail de nouvelles pistes de recherche. Il s'agit clairement d'une très bonne thèse.