

# Carbone organique des sols et pratiques agricoles

Quelques réflexions sur la base de « *Long-term effect of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years* » (Dimassi et al., 2014) et d'autres lectures

*Fabien Balaguer, Administrateur AFAF – [f.balaguer@cmail.cat](mailto:f.balaguer@cmail.cat) – 05/03/2015*

## Protéger et nourrir la vie : deux principes indissociables pour préserver les sols

La littérature scientifique l'indique clairement : le non-travail (ou le travail réduit) ne suffit pas, à lui seul, à maintenir ou augmenter le stock de carbone, donc de matières organiques (MO), d'un sol cultivé.

Ceci concorde assez bien avec les connaissances actuelles relatives au fonctionnement de l'écosystème sol pris dans sa globalité. Les processus biologiques qui « animent » ce dernier et déterminent son état physico-chimique semblent en effet être **sous l'influence conjuguée d'un ensemble de facteurs**, dont le travail mécanique, avec ou sans retournement, fait partie sans pouvoir être dissocié. Concrètement un sol a besoin, pour assurer ses multiples fonctions, d'être **à la fois** préservé dans sa structure et nourri, ceci afin que la vie qu'il héberge puisse se développer de façon optimale. Ces deux exigences – maintien de l'intégrité physique et nourriture – ne peuvent être satisfaites qu'à l'aide d'une couverture végétale qui, pour maximiser la performance du système, doit être **la plus permanente et la plus exubérante** possible. Dans un sol dégradé, la séquestration carbone sous forme de MO est un **processus d'auto-régénération** qui vise justement à favoriser le développement, toujours plus important, de ce qui constitue une véritable « couverture de survie » pour l'écosystème tout entier. Il est donc essentiel, lorsque l'on s'intéresse au processus de séquestration carbone dans les agrosystèmes, de considérer **conjointement** le travail du sol (que l'on préférera minimal, pour en préserver la vie) et la couverture végétale (que l'on souhaitera maximale, pour nourrir cette vie). La vie sans la nourriture (ou l'inverse) ne sert pas à grand chose... Un peu comme ce qui se passe en chimie lorsque, pour qu'une réaction se produise, il faut que tous les réactifs nécessaires soient présents, parfois même dans des proportions très précises (les fameuses concentrations relatives).

Dans l'étude de Dimassi et al., qui conclut à un effet non significatif d'un arrêt du travail du sol sur la quantité de carbone séquestrée, il aurait été intéressant de regarder l'évolution de **l'activité biologique**... En supprimant le travail du sol, on permet sans doute à la vie de se développer. Mais si la nourriture disponible en surface n'augmente pas, il est probable que cette vie nouvelle décline ensuite rapidement. Dans l'étude on constate, au cours des premières années qui suivent l'arrêt du travail mécanique, une augmentation du stock de carbone organique du sol (COS) en surface, mais au contraire une diminution de ce dernier plus en profondeur. Une évolution attribuée à une **modification des « règles de distribution »** du COS à travers le profil : celui-ci serait simplement ramené de la profondeur vers la surface, sans qu'aucune séquestration réelle de carbone n'ait lieu. Cette interprétation, évoquée également dans d'autres études (Machado et al., 2003 ; Baker et al., 2007 ; Luo et al., 2010), semble plausible. Mais cela montre bien que quelque chose change lorsque l'on ne travaille plus le sol. Ce « quelque chose », assurément, **c'est la vie !** La vie qui, comme chacun sait, ne veut pas mourir, et dont on peut penser qu'elle trouve « l'énergie », lorsque le carbone devient limitant en surface, d'aller puiser ce dernier en profondeur... avant de s'épuiser et de périlcliter une fois que cette ressource « de substitution » vient elle aussi à manquer. On stocke bien peu de carbone dans ces conditions, c'est évident...

Hormis une réflexion sur le travail du sol, la clé de la séquestration carbone dans les agrosystèmes semble donc bien être la **quantité de biomasse** « injectée » dans le circuit (par restitution de la couverture végétale en place ou apport exogène). En d'autres termes, et nous le savons tous, « c'est le ventre qui gouverne »... Ceci correspond d'ailleurs à ce qui est suggéré dans l'article de Dimassi et al., confirmé notamment par la méta-analyse de Virto et al. (2012).

## La complexité, essence même de l'(agro)écologie

Pour autant, il est primordial d'éviter les propos trop catégoriques qui, lorsque l'on s'intéresse à des sujets aussi complexes, en deviennent facilement simplistes. L'étude des processus écologiques exige une **approche holistique**. C'est d'ailleurs ce qui rend la recherche en écologie particulièrement difficile et périlleuse puisque, contrairement à l'approche scientifique traditionnelle, dite analytique, l'étude des systèmes dans leur globalité ne fournit souvent que des tendances grossières, difficilement extrapolables.

Une seule certitude existe : séquestrer **durablement** du carbone dans un sol s'apparente, en terme de technicité, à de l'horlogerie de précision... Car au delà des pratiques agricoles (travail du sol, apports ou restitution de biomasse, mais aussi stratégie de fertilisation, d'irrigation etc.), la dynamique du COS dépend d'innombrables paramètres en interaction les uns avec les autres (température, humidité, pH, porosité du sol etc.), et qui sont souvent eux-mêmes influencés par de multiples facteurs (climat, texture du sol, type de végétation, etc. ; Schlesinger, 2000 ; McConkey et al., 2003 ; Ogle et al. 2005, Zinn et al., 2005). Pour poursuivre notre analogie « chimico-chimique », disons que les « réactifs » ne sont pas les seuls éléments à considérer pour engendrer (ou maximiser) la réaction « séquestration de carbone dans un sol ». Il faut également se préoccuper des **conditions** de cette dernière... Avec la difficulté que, si la chimie peut s'envisager sous conditions contrôlées, l'écologie, elle, n'a de sens que dans des conditions réelles, **forcément changeantes...** et **potentiellement imprévisibles !**

Par ailleurs, n'oublions pas que la séquestration (ou non) de carbone dans un sol résulte en fait du **bilan de deux dynamiques opposées** de la matière organique : l'humification (qui tend à séquestrer du carbone) et la minéralisation (qui tend à en déstocker). Ces deux processus, en interaction permanente, trouvent un **équilibre** qui dépend des conditions environnementales et des pratiques agricoles, **et qui fluctue constamment** avec elles. Tout comme l'état d'équilibre chimique qui, pour certaines transformations, est atteint lorsque deux réactions contraires (dites directe et inverse) coexistent en se « neutralisant » l'une l'autre. Cet « équilibre dynamique », qui s'ajuste continuellement en fonction des changements de conditions, même minimes, du milieu, influence directement le niveau de « productivité » de la réaction considérée. Dans le cas qui nous intéresse, Raich et Schlesinger (1992) suggèrent par exemple qu'une augmentation de la température globale de **quelques dixièmes de degrés** pourrait suffire, en provoquant une augmentation de la respiration des sols et donc un déplacement de l'équilibre humification/minéralisation au profit du second processus, à annuler la capacité des sols à se comporter comme des puits de carbone...

## Quelles conclusions, pour quels positionnements ?

En somme, la séquestration de carbone dans les sols, comme d'ailleurs l'ensemble des processus qui régissent le fonctionnement des agrosystèmes, n'est finalement rien d'autre que de la chimie... de précision et en conditions réelles, ce qui rend les choses **sensiblement plus complexes !** Rien à voir,

bien sûr, avec la chimie « simpliste » des pesticides et autres engrais de synthèse. On parle ici de la **biochimie**, cette discipline aux enchevêtrements multiples, qui sous-tend la vie et l'écologie.

Avec le temps, l'expérimentation pourra sans doute nous aider à identifier et affiner les grands principes de la dynamique du COS afin, espérons-le, de faire « pencher la balance » du bon côté. Mais de là à proposer des solutions « clé en main » et à prétendre pouvoir estimer les quantités de carbone séquestrées par une pratique donnée, dans un contexte en particulier...

De plus, le carbone piégé aujourd'hui sur quelques années le sera-t-il toujours dans 20, 50 ou 100 ans ? Il faudrait, pour répondre à cette question (**essentielle !**), dissocier les différents types de MO des sols dans les analyses (certains étant plus stables que d'autres ; Yang et Kay, 2001) et être capable de prévoir avec précision les évolutions globales à venir, notamment en terme de climat. Un exercice bien difficile dans l'état actuel de nos connaissances...

Au vu de l'urgence de la situation, qui nous oblige, quelles que soient nos incertitudes, à avancer dès à présent, il ne reste alors qu'une solution : raisonner dans un premier temps à climat constant avec ce que nous savons actuellement de la dynamique du COS, et poursuivre en parallèle les expérimentations de terrain, dans des contextes les plus variés possible, afin de pouvoir intégrer progressivement les nouveaux enseignements issus de ces études dans les stratégies de gestion des agrosystèmes.

Imiter la nature est sans nul doute un bon moyen de mettre, d'ores et déjà, toutes les chances de notre côté. Car là où la recherche est unanime, c'est que la mise en culture (y compris sylvicole) d'un écosystème naturel à l'équilibre (forêt spontanée ou prairie) s'accompagne invariablement d'une perte de COS (Guo et Gifford, 2002). La couverture végétale permanente, état vers lequel la nature s'obstine, en toutes circonstances, à vouloir évoluer, semble donc bien être le socle d'une agriculture **potentiellement** séquestrante en carbone. La séquestration effective (et sa **durabilité !**) dépendra ensuite de l'état de disponibilité des autres « réactifs » (l'activité biologique notamment) et des conditions environnementales au sens large (y compris nature et profondeur du sol).

Les arbres, de par leur capacité à « injecter » d'importantes quantités de MO particulièrement stables dans les sols, mais aussi à modifier plus ou moins localement le contexte climatique, jouent évidemment un **rôle central** dans ce « défi du carbone ». L'agroforesterie est reconnue comme un mode d'occupation des terres agricoles particulièrement favorable à l'accroissement du COS, y compris en comparaison de l'agriculture de conservation sous sa forme classique (sans arbre ; Pellerin et al., 2013). Cependant le potentiel de séquestration estimé varie fortement, une fois encore, en fonction du contexte et du type de système agroforestier considéré (Lorenz et Lal, 2014). Des études récentes indiquent que ce potentiel serait notamment accru lorsque la diversité des espèces constituant le système augmente (Nair et al., 2010).

Enfin, et on l'oublie sans doute trop souvent, en (agro)écologie **la vérité est toujours multiple !** En témoigne par exemple l'étude de Jackson et al. (2002), qui suggère qu'en climats humides la colonisation des prairies par les ligneux peut parfois s'accompagner d'une perte de carbone organique dans les sols concernés... Cet exemple de conclusion, plutôt à contre-courant des tendances communément admises, doit nous inciter à considérer chaque résultat ou retour d'expérience, aussi encourageant soit-il, avec discernement et humilité. La « clé des champs », si elle existe, se trouve probablement dans ces valeurs essentielles, garantes de la fiabilité du savoir agronomique... et de la pertinence des pratiques qui en découlent...

## Bibliographie

- Baker JM., Ochsner TE., Venterea RT. et Griffis TJ. (2007) Tillage and soil carbon sequestration – What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 118, 1–5.
- Dimassi B., Mary B., Wylleman R., Labreuche J., Couture D., Piraux F. et Cohan JP. (2014) Long-term effects of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 188, 134–146.
- Guo LB. et Gifford RM. (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology*. 8, 345–360.
- Jackson R.B., Banner J.L., Jobbagy E.G., Pockman W.T., et Wall D.H. (2002) Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. *Nature*. 418, 623.
- Lorenz K et Lal R (2014) Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 34,443–454.
- Luo Z., Wang E. et Sun O. (2010) Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 139, 224–231.
- Machado P.L.O.A., Sohi S.P. et Gaunt J.L. (2003) Effect of no-tillage on turnover of organic matter in a Rhodic Ferralsol. *Soil Use Management*. 19, 250–256.
- McConkey BG., Liang BC., Campbell CA., Curtin D., Moulin A., Brandt SA. et Lafond GP. (2003) Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration on Canadian prairie soils. *Soil Tillage Research*. 74, 81–90.
- Nair PKR., Nair VD., Kumar BM. et Showalter JM. (2010) Chapter five – Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in agronomy*. 108, 237-307.
- Ogle SM., Breidt FJ. et Paustian K. (2005) Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry*. 72, 87–121.
- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy MH., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I. et Pardon L. (2013) Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p.
- Raich JW. et Schlesinger WH. (1992) The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B*. 44, 81–99.
- Schlesinger WH. (2000) Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 82, 121–127.
- Virto I., Burlot P. et 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.
- Yang XM. et Kay BD. (2001) Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*. 81, 149–156.
- Zinn YL., Lal R. et Resck DVS. (2005) Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil Tillage Research*. 84, 28–40.