



SYNTHESE DES 27<sup>EME</sup> RENCONTRES PROFESSIONNELLES  
Colmar, le 13 juin 2017

*Favoriser l'enrichissement des sols en matière organique*

## Introduction

Depuis 16 ans, RITTMO œuvre en faveur d'un retour au sol durable des matières organiques. Au fil des années, nous avons acquis une expérience unique sur le sujet en interaction avec le monde de la recherche académique, celui de l'industrie de l'agrofourmiture, et celui de la réglementation. Nous avons voulu organiser ces rencontres « *Favoriser l'enrichissement des sols en matière organique* » dans la continuité de notre évènement précédent organisé en juin 2016, sur le thème: « *4 pour 1000, et si les sols étaient la solution ?* ». Cette journée fait partie d'un cycle de 3 journées sur le thème « *Le sol, compartiment majeur des écosystèmes agricoles* ».

L'initiative 4 pour 1000, présentée lors des rencontres par son secrétaire Paul Luu, vise à augmenter de 0.4 % le stockage de carbone dans les sols chaque année, afin de compenser le flux net de carbone dans l'atmosphère, qui est estimé à 4.3 gigatonnes par an. En plus de ce rôle d'atténuation du changement climatique, cette initiative vise à renforcer la sécurité alimentaire mondiale, grâce à des sols plus productifs et plus résilients, car contenant plus de matière organique.

Au fil des présentations des différents intervenants et des échanges de la table ronde, deux axes se sont principalement dégagés, et seront restitués dans le présent document :

- L'axe 1, sur les processus de séquestration du carbone et les moyens de les évaluer.
- L'axe 2, sur l'agriculture et le stockage de carbone dans les sols, décliné en enjeux locaux et mondiaux.

## Axe 1 : Les processus de séquestration du carbone et les moyens de les évaluer<sup>1</sup>

Le carbone représente la moitié de la matière organique dans les sols et selon son temps de résidence dans les sols, on peut le qualifier de :

- court (quelques semaines à quelques mois)
- long (quelques mois à quelques années)
- très long (quelques décennies à plusieurs siècles, il s'agit ainsi de la perspective la plus intéressante dans le cadre du changement climatique).

Ces temps de résidence dépendent de la nature des matières organiques, des conditions environnementales et du type de sols. Ainsi, la communauté scientifique considère aujourd'hui que selon les types de sol et de gestion, les stocks de carbone tendent vers un équilibre. Un changement de gestion du sol sur une parcelle peut permettre d'atteindre un nouvel équilibre plus favorable au stockage du carbone. Ce nouvel équilibre se met en place sur des pas de temps longs (plusieurs décennies voire des siècles). Ainsi, les objectifs de stockage de l'initiative 4 pour 1000 semblent atteignables grâce à des efforts sur le long terme, en s'assurant toutefois de ne pas négliger le maintien des stocks actuels. En effet, de mauvaises pratiques pourraient très rapidement détruire les stocks de carbone existants.

Dans le cadre de l'initiative 4 pour 1000, une notion importante doit être prise en considération : le potentiel de stockage de carbone d'un sol. Il s'agit du stockage maximum selon des conditions pédoclimatiques. Comme il n'est pas possible de modifier le contexte pédoclimatique, il semblerait que les capacités de stockage du carbone soit fixées pour un sol donné, et que certains sols puissent être saturés en matière organique.

Les êtres vivants contribuent aussi au stockage du carbone dans le sol (végétaux, animaux et micro-organismes). Néanmoins, par leur respiration, ils contribuent également au déstockage. Selon les organismes, l'équilibre entre carbone stocké et carbone déstocké est plus ou moins favorable. Il apparaît ainsi que les champignons sont plus favorables au stockage. Concernant les végétaux, le carbone stocké via les racines et la rhizosphère serait plus important que via le retour au sol des parties aériennes.

Afin de stocker davantage de carbone dans les sols, l'apport de matière organique exogène (tels que compost, fumier ou amendements formulés) peut être envisagé. Néanmoins, il est important de considérer le « priming effect ». Il s'agit d'une sur-minéralisation de la matière organique du sol, lors d'un apport de matière organique supplémentaire. En effet, lorsque ces matières organiques apportées sont plus faciles à consommer par les micro-organismes que celles qui sont déjà dans les sols (plus pauvres en énergie) leur minéralisation libère du CO<sub>2</sub>, et apporte de l'énergie aux populations microbiennes en place, qui peuvent ensuite dégrader des matières organiques qui étaient stabilisées. Ceci s'accompagne également par une libération de l'azote assimilable par la plante, ce qui peut accélérer sa croissance. Le stockage de carbone de la matière organique dans les sols résulte donc d'équilibres complexes entre différents processus en interaction et s'opère dans le cas d'un potentiel que définit le contexte pédoclimatique. Un autre type d'apport de matière organique externe peut être le biochar<sup>2</sup>. Celui-ci apparaît comme étant une solution permettant un

---

<sup>1</sup> Cet axe reprend les points des présentations de C. Chenu, C. Naisse, JL Chotte, A. Duparque.

<sup>2</sup> Néologisme dérivé de *bio charcoal*, ou bio charbon.

stockage important de carbone sur de longues échelles de temps. En effet, se dégradant très lentement dans les sols (de l'ordre de 0.5 % par an), il peut permettre de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub> et stimuler la croissance racinaire.

Afin d'évaluer la teneur du carbone et/ou le potentiel de séquestration du carbone dans les sols, il existe différents outils :

- Différentes méthodes de détermination, mesure chimique de la teneur en carbone des sols, ou indicateurs de l'état organique et biologique des sols. Notons que la spectroscopie dans le proche et moyen infrarouge permet avec des outils portatifs ou embarqués, d'estimer la teneur en carbone dans les sols. Cette méthode est certes moins fiable que des méthodes de détermination chimique. Néanmoins, elle rend possible la réalisation d'un grand nombre de mesures. Une cartographie du stock de carbone à la parcelle peut ainsi être réalisée et reliée à de l'agriculture de précision.

- la méthode du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), avec des facteurs fixés par défaut et des coefficients grossiers, déclinée en référentiels régionaux ou nationaux.

- La modélisation. A ce titre, l'outil SIMEOS-AMG permet de modéliser la dynamique de la matière organique dans les sols agricoles. L'outil dérive d'un modèle développé par l'INRA de Laon et se base sur le modèle AMG. Il fait une évaluation de deux types de carbone (le carbone stable et le carbone actif) selon 3 paramètres (K1 = coefficient d'humification, K = coefficient de minéralisation annuelle, CS/CO = proportion initiale de Carbone organique stable). Le modèle AMG propose un bilan humique sur la durée, s'appuyant sur les entrées et les sorties de carbone du sol. Il est construit à partir de données simples comme les rendements des cultures et les exportations, pour estimer le stock final de carbone. Le modèle n'a pas la vocation de produire de nouvelles connaissances mais revendique d'être un outil d'aide à la décision. Citons pour exemple l'aide à la décision fournie à des agriculteurs engagés dans un contrat d'approvisionnement auprès d'une centrale de production d'énergie à partir de biomasse. L'outil a pu fournir des informations sur la quantité de paille pouvant être exportée en considérant les devenir des parcelles en termes de stockage de matière organique.

## Axe 2 : Agriculture et stockage de carbone dans les sols, enjeux locaux et mondiaux<sup>3</sup>

Compte tenu des attentes sociétales et des problématiques liées au développement durable, l'agriculture revêt de nouveaux enjeux, qui dépassent sa simple fonction nourricière. Différentes mutations ont vu le jour ces trente dernières années : l'agriculture biologique, l'agriculture de conservation, l'agro-environnement, l'éco-développement... Nous les regrouperons dans un terme unique : l'agro-écologie. L'agro-écologie conduit ainsi à un changement de paradigme, où deux mondes se retrouvent, celui des agronomes ; dont l'objectif est de domestiquer la nature, celle-ci étant perçue comme un agresseur à maîtriser ; et celui des écologues, souhaitant préserver les grands équilibres naturels (climax), où l'homme est perçu comme un perturbateur. Afin de répondre à l'ensemble des défis du 21<sup>ème</sup> siècle, l'agro-écologie doit :

- répondre à une triple performance : économique, environnementale et sociale,
- avoir une approche territoriale et sociale,
- ne pas exclure systématiquement les intrants chimiques et le possible recours à la technologie,
- mobiliser les processus écologiques (services écosystémiques tels que la fertilité des sols, les régulations biologiques, la pollinisation, etc...)

L'un des objectifs de l'initiative 4 pour 1000 est d'augmenter la séquestration du carbone, et d'en améliorer la fertilité sous forme de matière organique dans les sols. A cette fin, deux voies sont possibles: augmenter les apports et diminuer les pertes. Les pratiques envisageables sont variées : la mise en place de couverts végétaux à la place de sols nus, la réduction du travail du sol, la pratique de l'agroforesterie et de cultures riches en résidus ou encore l'apport de matière organique externe. Pour chacune des pratiques sus-citées, certaines contraintes apparaissent du fait de cette exigence de triple performance économique, sociale et environnementale. Notons enfin que le bilan environnemental de la production de matière organique doit être bien pris en compte (GES, pertes d'azote, polluants).

Prenons par exemple le cas de la mise en place de couverts végétaux : en plus de la séquestration de carbone, cette pratique permet l'amélioration de la production agricole, la limitation de la lixiviation des nitrates, et des conditions favorables à des insectes pollinisateurs (sous réserve que le couvert soit adapté). Néanmoins, ces pratiques occasionnent une consommation en eau plus importante, et peuvent favoriser les bioagresseurs (limaces, rongeurs, par exemple). Afin de pallier à ces contraintes, une des solutions pourrait être l'utilisation des mélanges plurispécifiques avec des légumineuses.

La stratégie de stocker du carbone en augmentant les apports de matière organique a démontré sa pertinence. Par ailleurs, des essais de l'INRA<sup>4</sup>, qui durent depuis plus de 15 ans combinant agriculture de conservation et non labour conduisent à une augmentation significative du

---

<sup>3</sup> Cet axe reprend les points des présentations de C. Chenu, C. Naisse, JL Chotte, P. Luu, C. Bockstaller et de la table ronde.

<sup>4</sup> Pour les références de ces expérimentations, se référer à la présentation de C. Chenu, *Enrichir les sols en carbone : Processus et facteurs*, disponible sur [www.rittmo.com/a-telecharger](http://www.rittmo.com/a-telecharger)

stock de carbone dans les 30 premiers cm des sols. De même, une autre étude de 2013 de l'INRA<sup>5</sup> suggère qu'en fonction des différentes conditions de conduite des sols, il vaut mieux augmenter les apports de carbone que d'en diminuer les sorties. L'apport de biochar est un cas particulier d'apport de matière organique. En termes environnementaux, la production de biochar permet de générer une quantité importante d'énergie renouvelable, stocker du carbone, stabiliser les sols, et réduire le potentiel d'émission de N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>. En termes agronomiques, il peut stimuler la biomasse racinaire, augmenter la capacité d'échange cationique et augmenter la rétention en eau. Néanmoins les qualités de biochar diffèrent beaucoup en fonction des processus de pyrolyse et des matières sources.

Dans un sol non perturbé, les matières organiques sont protégées de la dégradation, car peu accessibles aux microorganismes. Lors du travail du sol, le brassage et les perturbations induites remettent les matières organiques en contact avec les microorganismes et les rendent biodisponibles. Néanmoins, certaines recherches récentes démontrent que les effets du non labour (sans couvert végétal) sur le stockage de la matière organique présentent une grande variabilité. De manière globale, le stockage dans ces conditions de non labour n'est pas sensiblement amélioré, et dans certains cas, le non labour sans couvert végétal diminue même le stock de carbone dans le sol. Il convient cependant de préciser que selon les agriculteurs présents aux Rencontres, sur le terrain, les pratiques de non labour sont toujours associées à la mise en place de couverts végétaux.

Pour rappel, le rendement du stockage du carbone par la racine est plus important que celui des parties aériennes de la plante. Ce point suggère que l'agroforesterie soit une bonne piste pour la séquestration du carbone dans les sols. En France, en 2016, des chercheurs ont effectué un bilan complet de l'agroforesterie sur 5 sites agro-sylvicoles. L'étude démontre le potentiel des systèmes agroforestiers pour améliorer les stocks de carbone organique du sol sous climat tempéré<sup>6</sup>.

La table ronde organisée dans le cadre des rencontres professionnelles a permis à différents agriculteurs de s'exprimer et de présenter leurs initiatives dans le domaine de l'agro-écologie et du stockage de la matière organique dans les sols. L'agroforesterie a été présentée par M. Wendling, comme un moyen de combiner les essences mellifères avec l'Acacia, la future récolte de bois d'œuvre avec le noyer, et l'amélioration du stock de carbone dans le sol. Notons que la pratique de l'agroforesterie peut requérir une profonde modification dans la gestion des systèmes de culture, de nouvelles compétences, et du nouveau matériel.

Mme Moncomble, de Veuve Clicquot, a présenté l'implication de sa maison de champagne en faveur d'une diminution des herbicides, de l'utilisation d'engrais organiques, et de la mise en place de bandes enherbées : autant de méthodes qui seront bénéfiques sur le long terme pour les sols. M. Christ a exposé le délicat équilibre qu'il vise entre méthanisation, fertilité du sol et agriculture de conservation. Afin que la matière organique mobilisée pour la méthanisation n'entre pas en compétition avec le retour nécessaire de la matière organique dans le sol, il développe une méthanisation extensive. Ainsi, jusqu'à 60 % des cannes de maïs sont retournées au sol.

Par la suite, M. Rousseau, viticulteur et agriculteur champenois en grandes cultures a témoigné de son passage à une agriculture de conservation depuis plus de 20 ans. M. Rousseau a ainsi exposé ses pratiques : arrêt du labour, retour au sol de tous les résidus de culture, implantation

---

<sup>5</sup> idem

<sup>6</sup> Pour les références de ces expérimentations, se référer à la présentation de J-L Chotte, *Quelles stratégies adaptées à la séquestration du carbone des sols ? Cas d'études en régions méditerranéennes et tropicales*, disponible sur [www.rittmo.com/a-telecharger](http://www.rittmo.com/a-telecharger)

d'intercultures pour assurer une couverture permanente des sols. Il a ainsi augmenté significativement le stock de matière organique de ses sols ainsi que leur résistance au tassement et à l'érosion. Dans ce contexte, d'après M. Rousseau, l'utilisation de glyphosate à faible dose apparaît comme incontournable pour gérer les adventices en l'état actuel des connaissances. Selon lui, l'interdiction immédiate du glyphosate impliquerait de fait l'arrêt de l'agriculture de conservation. Enfin, M. Rocaboy a présenté son initiative de lombriculture sur ses fumiers et une étude de faisabilité sur le lombricompostage. Le lombricompost ainsi obtenu pourrait enrichir les sols côtiers en matière organique et les stabiliser.

Dans une perspective plus mondiale, des cas d'études ont été rapportés sur le stockage de carbone dans les sols en rapport aux défis de la sécurité alimentaire et du changement climatique.

Dans les zones à fortes contraintes climatiques, le biochar trouve de l'intérêt, notamment au Sahel pour les cultures maraichères. Il a un effet positif sur le cycle de l'eau. Il est produit à l'aide de petits pyrolyseurs avec des résidus de cultures et non pas à partir de bois.

La Guyane française et le Brésil sont confrontés à la déforestation sur ferrasols. Une question pouvant se poser est l'impact de cette déforestation sur le stockage du carbone dans des systèmes de culture implantés par la suite. Un an après la déforestation, le stock de carbone organique augmente dans les sols, mais par la suite, sur le long terme, on assiste à une chute du carbone dans les systèmes de culture mis en place, pour aller vers un nouvel équilibre avec un moindre stock de carbone.

Au Burkina Faso, à Ouagadougou, en zone sahélienne, les sols sont sableux et riches en oxydes de fer. Les données recueillies concernent l'évolution du stockage du carbone dans les sols et les rendements céréaliers (notamment du sorgho). Il a été ainsi démontré que dans le cadre de rendements très faibles, les apports de matière organique étaient cruciaux : le fumier a un effet très favorable pour le stockage de carbone dans le sol.

En Afrique du Sud, dans des zones de pâturage, le couvert au sol joue un rôle essentiel pour le maintien de la matière organique dans le sol. Il existe ainsi un enjeu d'une meilleure gestion du troupeau sur la ressource fourragère, afin d'éviter le piétinement et le surpâturage, sans diminuer la charge à l'hectare, afin d'avoir un pourcentage de couverture au sol plus important.

## Conclusion

Lors de ces 27<sup>ème</sup> rencontres professionnelles sur le thème de favoriser l'enrichissement des sols en matière organique, deux axes centraux se sont dégagés : l'un sur les processus de séquestration du carbone et les moyens de les évaluer, et l'autre sur les enjeux locaux et mondiaux de l'agriculture et du stockage de carbone dans les sols.

Le premier axe a principalement fait ressortir la notion de saturation des sols pour le stockage de carbone dans les sols, l'impact des êtres vivants sur ce stockage (végétaux et micro-organismes) et les méthodes d'évaluation du carbone (avec une focale sur la modélisation). Le deuxième axe a mis en évidence que l'agro-écologie était compatible avec le stockage du carbone dans le sol, non sans contraintes, et sous conditions d'un accompagnement adéquat. Différents cas concrets ont pu être exposés dans le monde entier.

Il demeure que l'engagement massif vers l'initiative 4 pour 1000 et le stockage du carbone dans les sols passe par un financement du risque lié au changement de pratiques. Il n'existe pas encore de référentiel validé sur le stockage du carbone dans les sols, ou de mécanismes de compensation financière pour les pratiques, notamment agricoles, le favorisant. Néanmoins, un projet de référentiel est actuellement à l'étude au Ministère en charge de l'Ecologie et le sol y est cité comme mode de stockage possible. Lors de la réunion du consortium 4 pour 1000 qui s'est tenue à Montpellier fin juin, ces sujets ont été abordés, et des pistes semblaient se dégager au niveau international. Nul doute que ces sujets seront abordés lors du prochain événement 4 pour 1000, qui sera organisé à Bonn, en marge de la COP23. RITTMO y participera, fidèle à ses engagements de la première heure.

## Remerciements

RITTMO Agroenvironnement® tient à remercier les partenaires suivants pour le soutien financier apporté pour l'organisation de cette journée :



Nous remercions également tous les intervenants pour leurs présentations de qualité, ainsi que tous les participants qui ont contribué à nos débats.

### **A propos de RITTMO:**

RITTMO Agroenvironnement® est un Centre de Ressource Technologique. Il a pour objectif d'aider au développement économique par le biais de l'innovation dans son domaine d'activité : la fertilisation et la valorisation en agriculture des déchets, dans le cadre de pratiques durables et du respect de la qualité des sols.

Plus d'informations : [www.rittmo.com](http://www.rittmo.com)

## Contacts

---

**Christophe Naisse** | Ingénieur de Recherche RITTMO Agroenvironnement® |

[christophe.naisse@rittmo.com](mailto:christophe.naisse@rittmo.com) | 06 99 32 29 53

**Brice Van Haaren** | Ingénieur Projet RITTMO Agroenvironnement® |

[brice.vanhaaren@rittmo.com](mailto:brice.vanhaaren@rittmo.com) | 06 62 08 13 33