

# **Le carbone qui compte**

## **« Carbon that count »**

Revue *New England and North West 'Landcare Adventure'*  
du 16-17 Mars 2011

Traduction Jean-Luc galabert  
(Inter-Culturel, ISI Home-green Solutions, <https://lavierebelle.org>)

À défaut d'une collision cataclysmique avec un astéroïde ou d'une explosion volcanique propre à secouer la planète entière, la mince couche de roche altérée que nous appelons sol peut voir sa population augmenter de 50% dans peu de temps. Ce problème n'est pas passé inaperçu. Des hommes et des femmes éduqués se sont réunis, des livres ont été écrits et des conférences ont été organisées. De quoi a-t-on parlé ? Comment produire de la nouvelle terre arable ? Bien sûr que non. On a discuter de tout sauf de ça.

Le savoir collectif de l'espèce humaine est extraordinaire sur presque tous les sujets, des particules subatomiques jusqu'aux galaxies lointaines.

Mais, par rapport au sol nous savons si peu. Ce monde sous nos pieds, est-il donc si banal, si insignifiant ? Cette matière pleine de vie qui nous porte ?

Notre incapacité à reconnaître / observer / mesurer / apprendre à produire rapidement une terre fertile pourrait bien émerger comme l'une des plus grandes erreurs de la civilisation moderne.

Les analyses de sols classiques descendent rarement sous les dix à quinze centimètres et sont limitées le plus souvent à un petit nombre d'éléments, notamment le phosphore (P) et l'azote (N).

L'importance excessive accordée à ces éléments revient à occulter la myriade d'interactions microbiennes qui se déroulent dans le sol ; des interactions qui sont nécessaires à la séquestration de carbone, elle même indispensable à la création d'un sol fertile.

## Figure 1. Comparaison des profils de sols de deux sites voisins

‘Winona’, domaine de Colin et Nick Seis

le sol, la pente, les précipitations et la production agricole sont les mêmes.

Le niveau de carbone du sol au départ aussi.

**Côté gauche (LHS)<sup>1</sup>**: profil de sol sur 0-50 cm d'une parcelle conduite avec couvert permanent en vue d'améliorer sa capacité photosynthétique : pâturage tournant, culture sur pâturage dormant, apports de thé de compost.

**Côté droit (RHS)** : profil de sol sur 0-50 cm de la parcelle voisine éloignée de 10 m), conduite de manière conventionnelle avec pâturage classique et une longue histoire de fertilisation phosphatée.



Photo: C. Jones

Les niveaux de carbone des horizons supérieurs (0-10 cm) sont très similaires.

Dans cet horizon supérieur, le carbone résulte de la décomposition de la matière organique (feuilles, racines, bouses, etc.), formant des composés carbonés labiles, un carbone instable à chaîne courte

Le carbone en-dessous des 30 cm du profil LHS a été séquestré via la « voie du carbone liquide »<sup>2</sup> et rapidement incorporé dans la fraction de sol humique (non-labile). Ce carbone à chaîne longue et non-labile est très stable.

- 1 Dans le texte côté gauche et côté droit sont respectivement noté LHS (pour Left-Hand Side) et RHS (pour Right-Hand Side). Dans la littérature anglophone ces abréviations désignent deux alternatives qui sont comparées lorsqu'elles font référence aux deux côtés d'une équation ou d'un diagramme. Ici elles sont utilisées pour comparer deux conditions au sein d'un système pédologique. **LHS** (côté gauche) : Il s'agit généralement d'un point de départ, d'un groupe témoin ou d'une condition spécifique à comparer. Il peut s'agir d'un type de sol spécifique, d'une pratique de gestion particulière ou d'une mesure de référence. Ici il s'agit du « culture sur pâturage dormant ». **RHS** (côté droit) : Il s'agit du point alternatif ou de comparaison. Il peut s'agir d'un type de sol différent, d'une pratique de gestion modifiée ou du résultat d'une expérience ou d'une observation. Ici il s'agit du pâturage conventionnel avec ajout d'intrants chimiques.
- 2 La voie du carbone liquide, présentée par Christine Jones dans l'article « The liquid carbon pathway unrecognised » a été ultérieurement renommée le « canal énergétique fongique » du fait du rôle joué par le réseau des champignons tant saprotrophes que mycorhiziens.

## Incidence des pratiques agricoles sur le carbone du sol

Le profil du sol RHS s'est formé sous pâturage conventionnel, cultures intermittentes et épandage d'engrais standard.

A contrario, le profil du sol LHS nous montre 50 centimètres de terre bien structurée, fertile, riche en carbone, le résultat de la ‘voie de séquestration de carbone’ par des pratiques culturelles et pastorales qui permettent de maximiser la capacité photosynthétique d'une parcelle. Aucun superphosphate n'a été apporté à la parcelle LHS depuis plus de trente ans.

Au cours des dix dernières années, ce sol a séquestré 44,7 tonnes de carbone par hectare soit 164 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par hectare.

Le taux annuel de séquestration au cours des deux dernières années (2008-2010) a été de 9 tonnes de carbone par hectare soit 33 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par hectare.

De par l'augmentation du niveau de carbone et l'augmentation correspondante de la fertilité, la parcelle LHS supporte maintenant deux fois plus d'animaux (UGB) que la parcelle RHS.



Pasture cropping dans le Kansas . Photo Heather Smith Thomas, Mai 2014

Les niveaux à la fois totaux et disponibles d'éléments nutritifs, de minéraux et d'oligo-éléments se sont considérablement améliorés dans le sol LHS, et ce en raison de la mobilisation de la fraction minérale par les microorganismes, eux-mêmes stimulés par des niveaux accrus de carbone liquide. Dans ce cercle vertueux, la séquestration de carbone améliore la minéralisation qui, à son tour, améliore l'humification.

Résultat, le taux de polymérisation a augmenté aussi, de sorte que 78% du carbone nouvellement séquestré est du type non-labile. Formées grâce au pont de séquestration plantes-microorganismes, les substances humiques stables, à chaîne longue et poids moléculaire élevé, ne vont pas disparaître en cas de sécheresse.

L'humus présent dans le profil LHS s'est en fait formé en dépit de 13 ans de précipitations déficitaires dans la partie est de l'Australie où se trouve les deux parcelles.

Une des principales causes du dysfonctionnement d'un sol, telle qu'il est illustré dans le profil RHS de la figure 1, est la suppression d'un couvert pérenne et/ ou la réduction de la capacité photosynthétique des pâturages en raison d'une conduite inappropriée.

Dans l'après-guerre, toute une gamme d'engrais chimiques a été utilisée pour tenter de masquer l'appauvrissement des sols. En fait, cette démarche n'a fait qu'accélérer la perte de carbone, particulièrement en profondeur.

L'effet net de la dégradation de la structure du sol s'est traduit par un dysfonctionnement des terres, surtout en ce qui concerne le stockage et le mouvement de l'eau, les pertes en biodiversité, une réduction significative des minéraux dans les plantes et chez les animaux ainsi qu'une augmentation des risques de maladies métaboliques. C'est une situation qui ne peut plus durer.

L'Australie n'est pas le seul pays où une mauvaise gestion des terres agricoles et des pratiques de fertilisation inacceptables ont détérioré les sous-sols, et donc le fonctionnement même du sol. En Nouvelle-Zélande, pays béni avec de vastes étendues de terres naturellement fertiles, on constate des pertes de carbone en profondeur sous des pâturages lourdement fertilisés, ce qui est une conséquence directe de l'inhibition de la voie de séquestration. Jusqu'à maintenant, les pratiques alternatives ont été soit rejetées, soit ignorées par l'establishment scientifique du pays.

Il importe de souligner que les améliorations rapides de la fertilité du sol comme de son fonctionnement, comme le montre le profil LHS de la figure 1, dépendent de l'augmentation du pouvoir photosynthétique qui accompagne les pratiques régénératives dont bénéficient les cultures et le pâturage.

## **Pas n'importe quel carbone et pas n'importe où**

Le couche supérieure 0-10cm du sol contient généralement les taux les plus élevés de carbone labile, à chaîne courte, indicateur de renouvellement rapide. Sachant que ce carbone « actif » est important pour la santé du réseau trophique du sol, la couche de terre supérieure n'est pas ce que l'on choisirait pour « emmagasiner » en toute sécurité le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Plus le carbone est séquestré profondément, et plus ce carbone est humidifié, mieux c'est.

Sur les 10 dernières années, la quantité de carbone non-labile à chaîne longue -la fraction humique- dans le profil LHS a doublé dans la couche 10-20cm, triplé dans la couche 20-30cm et quadruplé dans la couche 30-40cm. Dans les années à venir, on prévoit que la séquestration la plus rapide de carbone stable dans ce profil de sol particulier aura lieu dans la couche 40-50cm, puis, plus tard, dans la couche 50-60cm. Cela veut dire qu'avec le temps une terre végétale riche en carbone continuera à se développer vers les horizons inférieurs.

Le carbone séquestré en profondeur atténue les agressions du sous-sol, optimise la productivité agricole, rehausse la fonction hydrologique et améliore la densité minérale dans les plantes, chez les animaux et les êtres humains.

Le Protocole de Kyoto, qui ne concerne que le carbone séquestré dans la couche 0-30cm, ignore complètement cette ‘séquestration déterminante’ dans le profil 30-60cm du sol.

### **Produire une nouvelle terre arable**

Une fois que les éléments biologiques ont été reliés entre eux et que le processus de séquestration/minéralisation/humification a été activé, la formation d'une couche arable fertile peut être incroyablement rapide. Les boucles de rétroaction positive rendent le processus de transformation du carbone liquide quelque peu similaire à un mouvement perpétuel. Vous pouvez presque voir la nouvelle couche arable se former sous vos yeux.

L'énergie solaire captée par la photosynthèse et acheminée de la surface vers le sous-sol sous forme de carbone liquide via les racines des plantes, alimente les microbes qui solubilisent la fraction minérale. Une partie des minéraux nouvellement libérés permet une humification rapide dans les couches profondes du sol, tandis que les minéraux restants sont renvoyés vers les feuilles des plantes, ce qui facilite une augmentation du taux de photosynthèse et des niveaux de production de carbone liquide, qui peuvent à leur tour être acheminés vers le sol, permettant la dissolution d'encore plus de minéraux.

Les niveaux de minéraux extractibles à l'acide dans le profil LHS sont plus élevés que ceux en RHS et dans les proportions suivantes :

Calcium	177%,
Magnésium	38%,
Potassium	46%,
Soufre	57%,
Zinc	86%,
Fer	22%,
Cuivre	102%,
Bore	56%,
Molybdène	51%,
Cobalt	79%
Sélénium	17%.

Les niveaux de nutriments hydrosolubles pour les végétaux ont augmenté dans des proportions similaires.

## **D'où viennent les « nouveaux » minéraux ?**

### **Problématique de l'analyse de sol**

Une analyse standard du sol fournit très peu d'informations sur la masse du sol et les minéraux potentiellement disponibles pour les plantes. La plupart des rapports de laboratoire répertorient les nutriments « disponibles pour les plantes » (c'est-à-dire les nutriments qui ne nécessitent pas d'intermédiaires microbiens pour être accessibles aux plantes) et, sur demande, les minéraux extractibles par acide (appelés à tort « totaux »).

En ce qui concerne le phosphore, par exemple, les niveaux « disponibles pour les plantes » sont généralement estimés à l'aide d'un test Olsen, Colwell, Bray 1, Bray 2, Mehlich 1, Mehlich 3 ou Morgan P. Ces tests fournissent des informations sur les réserves relativement faibles de phosphore inorganique dans le sol. Lorsque le chiffre du phosphore total est fourni, il ne fait référence qu'à la quantité de phosphore extractible à l'acide, et non à la quantité « totale » réelle de phosphore dans le sol.

D'autres techniques, telles que la fluorescence X (XRF), sont nécessaires pour déterminer la composition de la fraction minérale insoluble et résistante à l'acide, qui représente 96 à 98 % de la masse du sol et contient beaucoup plus de minéraux que ce qui est indiqué dans un test standard du sol. En effet, le mètre supérieur du sol contient des milliers de tonnes de minéraux par hectare.

### **Disponibilisation des minéraux**

Certains groupes fonctionnels spécifiques de micro-organismes du sol ont accès à cette fraction minérale, tandis que d'autres sont capables de fixer l'azote atmosphérique, à condition de recevoir du carbone liquide provenant des plantes.

Les minéraux nouvellement accessibles, en particulier le fer et l'aluminium, ainsi que l'azote nouvellement fixé (48 % d'azote total en plus dans le profil du sol LHS), permettent une humification rapide du carbone labile. Mais, le carbone liquide nécessaire pour alimenter le processus et former un humus stable ne sera pas disponible si des engrains riches en azote et/ou en phosphore inhibent la formation d'un pont entre les plantes et les microorganismes.

### **Problématique de modélisation de la dynamique du carbone dans le sol**

Les modèles « classiques » de la dynamique du carbone dans le sol, basés sur des données collectées dans des parcelles expérimentales de pâturages conventionnels fertilisés et/ou dans des sols sous cultures annuelles conventionnelles fertilisées, dans lesquels le pont plante-microbe est dysfonctionnel, et qui ne tiennent pas compte de l'acquisition de nutriments à partir de la fraction minérale brute et de la fixation associative de l'azote, et ne peuvent donc pas expliquer la formation rapide d'une couche arable en profondeur.

Le problème est que la science établie s'accroche à ces modèles dépassés, considérant que les données factuelles obtenues dans un autre cadre sont sans importance. Les mesures effectuées en dehors de la science institutionnalisée sont généralement qualifiées d'« anecdotiques » et largement ignorées.

## **Rendre le monde meilleur**

Lorsque les pâturages, les cultures de couverture diversifiées et les cultures semées dans les pâturages sont gérés de manière à utiliser les dons gratuits de la nature – la lumière du soleil, l'air et les microbes du sol – pour former rapidement une nouvelle couche arable fertile et riche en carbone, le processus est extrêmement bénéfique, non seulement pour les agriculteurs, mais aussi pour les communautés rurales du monde entier.

Colin Seis, propriétaire de la parcelle au profil de sol LHS n'a aucune envie de revenir aux anciennes pratiques de gestion des sols, car il peut désormais élever deux fois plus de bétail pour un coût nettement inférieur. Néanmoins, s'il venait pour une raison imprévisible à changer le mode de gestion de ses terres, les niveaux accrus d'humus (carbone non labile) désormais présents dans son sol resteraient beaucoup plus longtemps que la durée de vie moyenne du carbone dans les arbres.

Outre la réduction des niveaux de dioxyde de carbone atmosphérique, l'activation de la voie de séquestration du sol entraîne la libération de nutriments végétaux à partir de la fraction minérale théoriquement insoluble, qui représente de loin la plus grande partie (96 à 98 %) de la masse du sol. Cette disponibilité accrue des minéraux améliore la santé des pâturages, des cultures, du bétail et des personnes qui consomment les produits agricoles. Tout le monde profite d'une alimentation plus nutritive.

La disponibilité des minéraux est davantage déterminée par le taux de flux de carbone provenant des plantes que par le stock de carbone dans le sol. La « clé » de la gestion des minéraux réside dans une gestion appropriée de la couverture végétale. Lorsque la voie de séquestration plante-sol a été activée, il est possible de nourrir plus de personnes avec moins de terres.

## **Agir sur le carbone du sol**

Ceux qui persistent à soutenir que le carbone du sol a un 'coût' et/ou disparaît au cours d'une sécheresse et/ou exige l'utilisation d'engrais coûteux et/ou amène à une baisse de rendement - auraient mieux fait de demander 's'il vous plaît expliquez moi'. La réalité du terrain est que lorsque le processus de séquestration du carbone non labile a été activé, c'est tout le contraire qui est vrai.

Pendant combien de temps encore faudra-t-il que les fermiers subissent les mythes, les faux concepts et les modèles fallacieux mises en avant par ceux mêmes qui sont en charge de résoudre le problème de la régression du carbone dans le sol, de la baisse de fertilité et des pertes de fonctionnalités du sol.

Est-ce que les décideurs politiques vont faire montre de quelque initiative, rechercher la vérité et agir ?

## Annexes

### Résumé des données du domaine Winona

**2000-2010 :** 164 tonnes de CO<sub>2</sub> séquestrées par hectare (44,7 tC / ha)

**2008 à 2010 :** Taux de Séquestration 33 tonnes de CO<sub>2</sub> par hectare et par an (9 tC / ha / an).

**Permanence :** 78% du carbone nouvellement séquestré se trouve dans la fraction non labile (humique) du sol - ce qui le rend très stable.

**Localisation du carbone :** La plus grande augmentation en carbone du sol s'est produite en profondeur, en surmontant les agressions du sous-sol. Le carbone non labile a doublé dans les 10-20cm, triplé dans les 20-30cm et multiplié par quatre dans les 30-40cm.

**Azote:** 2 t/ha supplémentaire (augmentation de 48%) de l'azote total, chose impossible sauf à ce que des bactéries associées propres à fixer le N ne soient supportées par la voie du carbone liquide.

**Minéraux:** les progressions ont été les suivantes ; calcium 177%, magnésium 38%, potassium 46%, soufre 57%, phosphore 53%, zinc 86%, fer 22%, cuivre 102%, bore 56%, molybdène 51%, cobalt 79% et sélénium 17%.

**Bénéfices monétaire :** à un prix du carbone de 20 \$ la tonne, et en supposant un paiement pour le carbone non-labile (stable) seulement, la valeur de la séquestration de 33 t CO<sub>2</sub> / ha / an seraient de 660 \$ x 78% = 515 \$ / ha / an.

Un prix sur le carbone du sol non labile serait motivant pour pousser les agriculteurs progressistes à reconstruire nos précieux sols agricoles.

## **La culture sur pâturage** (Pasture cropping)

La culture sur pâturage est une méthode agricole sans labour qui consiste à semer des cultures annuelles dans un pâturage vivace en dormance. Ce système combine production végétale et animale, permettant la production de céréales ou de fourrage dans un système de pâturage vivace. Il vise à améliorer la santé des sols, à accroître la biodiversité et à réduire la dépendance à l'égard d'intrants externes tels que le labour et les produits chimiques.

### **Points clés**

**Sans labour et sans destruction** : la culture sur pâturage dormant consiste à semer directement des cultures annuelles dans un pâturage pérenne sans perturber la structure du sol ni détruire le pâturage existant.

**Cycles de croissance complémentaires** : Les cultures sont semées pendant la phase de dormance du pâturage, ce qui garantit que la culture annuelle et le pâturage pérenne ont des périodes de croissance différentes.

**Intégration avec le pâturage** : cette pratique peut être intégrée au pâturage du bétail, fournissant du fourrage aux animaux et utilisant leur fumier pour améliorer la fertilité du sol.

**Régénération des sols** : ce système favorise l'augmentation de la matière organique du sol, l'amélioration de sa structure et le renforcement du cycle des nutriments.

**Réduction des coûts** : en minimisant le labour et les intrants chimiques, la culture pastorale peut réduire les coûts de production en intrants et augmenter la rentabilité.

**Durabilité environnementale** : Cette pratique améliore la biodiversité, réduit l'érosion et contribue à la séquestration du carbone, contribuant ainsi à un système agricole plus durable.

### **Itinéraire technique**

**1. Préparation du pâturage** : le pâturage pérenne est brouté ou fauché afin de réduire la concurrence avec les cultures et d'ajouter de la matière organique au sol.

**2. Semis** : les cultures annuelles, souvent des céréales d'hiver, sont semées directement dans le pâturage en dormance.

**3. Pâturage ou récolte** : La culture est récoltée pour le grain ou utilisée comme fourrage, et le pâturage peut être pâturé à d'autres moments de l'année.

### **Avantages**

**Santé des sols** : la structure des sols est améliorée, leur teneur en matière organique augmentant ce qui favorise le cycle des nutriments.

**Biodiversité** : Introduit de la diversité dans le système agricole avec des plantes annuelles et pérennes.

**Intrants** : Réduit au minimum le besoin de labour, et l'apport d'herbicides et d'engrais.

**Rentabilité** : des études ont montré que la culture en pâturage peut être plus rentable que l'agriculture conventionnelle.

**Durabilité environnementale** : cette pratique favorise la séquestration du carbone, réduit l'érosion et améliore la santé globale de l'écosystème.