

# *Le Monde de l'Agriculture Régénérative*



**Le carbone,  
ça compte  
énormément !**



Dr. Christine Jones



# Le carbone, ça compte énormément !

New England and North  
West 'Landcare Adventure'  
16-17 March 2011

Dr. Christine Jones  
Fondatrice de Amazing Carbon  
[www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)



A 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 discuté de tout sauf de ça.

Le degré de connaissance 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 ?

Or, 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 10 à 15 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. Dans cette comparaison de deux sites voisins, le sol, la pente, les précipitations et la production agricole sont les mêmes. Le niveau de carbone du sol au départ aussi.

**LHS:** profil de sol sur 0-50 cm d'une parcelle conduite en vue d'améliorer sa capacité photosynthétique (pâturage tournant, "pasture cropping" {culture d'une céréale dans une pâture en dormance}, thé de compost - voir photos à la fin).

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

## NOTES :

i) Le niveau de carbone dans l'**horizon supérieur de 0-10 cm** est similaire. Le carbone de surface résulte de la décomposition de la matière organique (feuilles, racines, bouses, etc.), formant des composés carbonés « labile », c'est à dire des composés instables à chaînes courtes.

ii) Le carbone **en-dessous des 30 cm** du profil **LHS** a été séquestré via la "**voie du carbone liquide**" et rapidement incorporé dans la fraction de sol humique (**non-labile**). Le carbone à chaîne longue et non-labile **est très stable**.

LHS - Winona      RHS - voisin

'Winona', le domaine de Colin et Nick Seis

Photo : C. Jones

# Les pratiques agricoles et leur incidence sur le carbone du sol

Le profil du sol **RHS** de la figure 1 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 culturales 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 bout des 10 dernières années, le sol **LHS** a séquestré 164 t / ha de CO<sub>2</sub> (44,7 t C / ha). Le taux de séquestration au cours des deux dernières années (2008-2010) a été de 33 tonnes de CO<sub>2</sub> par hectare et par an (9 t C / ha / an).

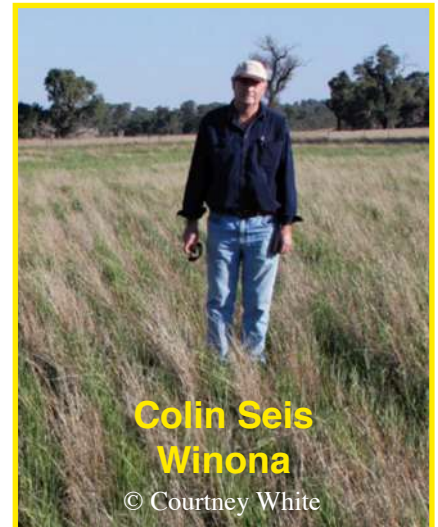
De par l'augmentation du niveau de carbone et l'augmentation correspondante de la fertilité, la parcelle **LHS** supporte maintenant deux fois plus d'animaux (UGB) que la parcelle **RHS**.

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 ceci 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

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, il y a des pertes de carbone en profondeur sous des pâtures lourdement fertilisées, une



conséquence directe de la dégradation de la voie de séquestration. Jusqu'à maintenant, les pratiques alternatives ont été soit rejetées, soit ignorées par l'establishment scientifique du pays.

Rappelons que les améliorations rapides de la fertilité du sol et 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 - pas n'importe où**

La couche supérieure 0 à 10cm du sol contient généralement les taux les plus élevés de carbone labile à chaîne courte, indicateur d'un 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 humifié, 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 triplé dans la couche 10-20 cm, quadruplé dans la couche 20-30 cm et quintuplé dans la couche 30-40 cm. Dans les années à venir, on prévoit que la séquestration la plus rapide de carbone stable dans ce profil aura lieu dans la couche 40-50 cm, puis, plus tard, dans la couche 50-60cm. Cela veut dire qu'avec le temps une terre riche en carbone continuera à se développer vers les horizons inférieurs.

Le carbone séquestré en profondeur atténue les contraintes du sous-sol, optimise la productivité agricole, rehausse la fonction hydrologique et améliore la nutrition minérale des plantes, des animaux et des êtres humains.

Le Protocole de Kyoto, qui ne concerne que le carbone séquestré dans la couche 0-30cm, ignore complètement cette "séquestration significative" dans les horizons 30-60 cm.

## **Produire de la terre fertile**

La formation de terre fertile peut être d'une rapidité stupéfiante une fois les facteurs biologiques sont réunis et la voie de séquestration / minéralisation / humification est en place. Les interactions répétitives en boucles rendent la voie du carbone liquide quelque peu semblable au mouvement perpétuel. Vous pouvez pratiquement voir de la nouvelle terre se former sous vos yeux.

Captée par la photosynthèse, conduite par les racines des couches supérieures vers les couches plus profondes sous forme de carbone liquide, l'énergie solaire alimente les microorganismes qui, eux, mobilisent la fraction minérale du sol. Une partie des minéraux nouvellement libérés favorise une humification plus rapide dans les horizons inférieurs, toute en fournissant d'avantage de nutriments minéraux aux plantes. Nourrissant un cycle vertueux, ce processus augmente la photosynthèse et la production de "carbone liquide", qui, à son tour, est canalisé vers le sol pour favoriser la mobilisation d'autant plus de minéraux.

Dans le profil **LHS**, la quantité d'éléments nutritifs extractibles aux acides minéraux est plus élevée que celle du côté **RHS** : calcium +177%, magnésium +38%, potassium +46%, soufre +57%, zinc +86%, fer +22%, cuivre +102%, boron +56%, molybdène +51%, cobalt +79% et sélénium +17%.

Les niveaux de nutriments solubles dans l'eau ont augmenté dans les proportions similaires.

## D'où viennent ces « nouveaux » minéraux ?

Une analyse de sol standard fournit très peu d'informations sur le sol brut et les minéraux potentiellement disponibles pour les plantes. La plupart des rapports de laboratoires mentionnent des éléments nutritifs 'disponibles plantes' (c'est-à-dire des nutriments ne nécessitant pas d'intermédiaires microbiens pour que les plantes puissent en profiter) et, si on en fait la demande, une liste de minéraux acide-extractibles (avec la mention trompeuse 'totaux').

Il en est ainsi du phosphore, par exemple, où les niveaux de 'disponibles plantes' sont généralement estimés en utilisant un test Olsen, Colwell, Bray 1, Bray 2, Mehlich 1, Mehlich 3 ou Morgan P. Ces tests ne donnent que des informations partielles sur les réserves de P inorganique du sol. Il s'agit en fait uniquement de la quantité de P extractible à l'acide utilisé pour l'extraction, et non pas du P "total" effectivement présent dans le sol.

D'autres techniques, telle que les rayons-X fluorescents (XRF), sont nécessaires pour déterminer la composition de la fraction minérale acido-résistante, qui englobe, à elle seule, 96 à 98% de la masse du sol et contient infiniment plus de minéraux que ce que donne une analyse de sol classique.

En effet, le premier mètre de sol contient des milliers de tonnes de minéraux par hectare auxquels certains groupes de microorganismes ont accès, alors que d'autres sont capables de fixer l'azote de l'air, à condition d'être alimentés par du "carbone liquide" produits par les plantes<sup>1</sup>.

L'accès à ces nouvelles ressources minérales, le fer et l'aluminium en particulier, plus le N atmosphérique nouvellement fixé (48% de plus de N total dans le profil **LHS**), favorisent une humification rapide du carbone labile. Cependant, le "carbone liquide" nécessaire à ce processus manquera si jamais de fortes doses de N et/ou de P solubles perturbent la symbiose plante-microorganismes.

Les modèles 'classiques' de la dynamique du carbone s'appuient sur des données liés à des pâtures et des cultures fertilisées de manière conventionnelle - c'est à dire liés à un contexte où le pont plante-microorganismes se trouve affaibli. Ils font donc abstraction de la fixation d'azote atmosphérique et de la fraction de minéraux brutes

---

<sup>1</sup> Note du traducteur : Le **lien étroit entre l'assimilation du carbone et de l'azote de l'air** quant à la formation de matières organiques et d'humus stables remonte au tout début du développement de la vie sur Terre. C'est un processus biologique fondamental qu'on retrouve déjà dans les cyanobactéries (algues bleu-vertes p.ex.) il y a quelques trois milliards d'années, c'est à dire aux toutes premières heures de la vie terrestre. En association avec différents minéraux, il permet notamment l'assimilation, le stockage et la transmission de l'énergie solaire (source d'électrons e-) pour alimenter la vie sur la Planète. Cette réalité permet de mieux comprendre l'importance fondamentale de cette relation symbiotique pour la séquestration du carbone, la formation d'humus, le climat et notre sécurité alimentaire qui sont étroitement liés à une agriculture performante, rentable, autonome, écologique et durable.

présent dans le sol, mais qui n'est pas mobilisables sans microorganismes. En conséquence, ces modèles sont incapables d'expliquer une humification rapide des sols en profondeur. Une telle aberration tient à ce que l'établissement scientifique se cramponne à des théories dépassées, donnant à croire que les faits observés dans le monde réel sont sans conséquence. Les observations et mesures effectuées en dehors des temples de la science institutionnalisée sont largement ignorées et souvent étiquetées "anecdotiques".

## **Faire du monde un meilleur endroit**

Si des pâturages ou des couverts et cultures semées directement dans une pâture ("pasture cropping") utilisent les cadeaux gratuits de la nature - la lumière du soleil, l'air, l'eau et les microorganismes du sol - pour former rapidement de la terre nouvelle, fertile et riche en carbone, c'est un énorme cadeau, non seulement pour l'agriculteur, mais aussi pour les communautés rurales partout sur le globe.

Comme Colin Seis, le fermier de Winona, a pu doubler le nombre d'animaux à l'hectare en n'engageant que des dépenses modestes, il n'a évidemment aucune envie de revenir aux pratiques antérieures. Mais, si jamais la gestion du domaine devait changer pour des raisons improbables, l'humus (carbone non-labile) que Seis a produit restera dans le sol bien plus longtemps que la durée de vie moyenne du carbone dans les arbres.

En plus de réduire le gaz carbonique dans l'atmosphère, la séquestration de carbone dans le sol entraîne aussi la mobilisation des nutriments présents dans la fraction minérale qui, théoriquement insoluble, représente de loin la plus grande partie de ce qui est présent dans le sol (96-98%). La mobilisation plus importante de minéraux améliore la santé des pâtures, des cultures, du bétail et des humains qui consomment les produits issus de cet environnement. Tout le monde en profite si la nourriture est de meilleure qualité.

La disponibilité de minéraux est davantage déterminée par les flux de carbone venant des plantes que par le stock de carbone présent dans le sol. La "clé" de la gestion des minéraux se trouve dans la bonne gestion de la couverture végétale. Or, si la voie de séquestration plantes-sol fonctionne, il est possible de nourrir plus de monde, avec moins de terres.

## **S'occuper du carbone du sol**

Ceux qui continuent de prétendre que le carbone du sol représente un 'coût' et/ou va disparaître au cours d'une sécheresse et/ou exige l'emploi d'engrais coûteux et/ou cause une baisse de rendement - devrait nous expliquer pourquoi. La réalité qu'on observe sur le terrain nous montre que, lorsque le processus de séquestration du carbone non-labile fonctionne, c'est exactement le contraire qui se produit.

Pendant combien de temps encore faudra-t-il que les agriculteurs subissent les mythes, les faux concepts et les modèles dépassés mises en avant par ceux mêmes qui devraient résoudre les problèmes de la diminution du carbone, de la baisse de fertilité et du dysfonctionnement du sol.

Est-ce que les décideurs politiques vont montrer quelques initiatives, chercher la vérité et agir ?



## Annexe : 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: 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. Nitrogen: un extra-2 t/ha (augmentation de 48%) en N total, chose impossible sauf à ce que des bactéries associées propre 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%. Les bénéfiques en cash : 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.

*Le Dr Christine Jones, écologiste des sols et agronome de terrain, travaille avec des agriculteurs et des éleveurs innovants qui mettent en oeuvre des pratiques pour régénérer leurs sols, augmenter la biodiversité, mieux recycler les éléments nutritifs, augmenter la séquestration de carbone et la productivité ainsi que pour améliorer la qualité de l'eau, y compris des ressources en eau pour la consommation humaine (protection des bassins versants). Elle a lancé l'organisation Amazing Carbon (amazingcarbon.com) pour partager sa vision et inspirer un changement dans les pratiques agricoles. En 2005, le Dr Jones a tenu le premier des cinq forums «Gérer le cycle du carbone» pour faire comprendre les atouts liés au carbone stocké dans le sol. Elle est aujourd'hui reconnue au niveau international en tant que scientifique, enseignante et conférencière.*

### Liens :

L'original en anglais : [Carbon that counts](#)

D'autres articles du Dr. Christine Jones :

[Régénération des sols : 5 principes fondamentaux](#)

[La voie méconnue du "carbone liquide"](#)

[L'azote, une épée à double tranchant](#)

Traduction de l'anglais par  
Ulrich Schreier et  
Hubert de Montmarin



*Le Monde de  
l'Agriculture Régénérative*


[Cliquer ici pour s'inscrire](#)






**Australie Mars 2010**  
**Deux fermes mitoyennes**  
**après 10 ans de conduite différente**

http://vernoux.org/agriculture\_regenerative/Jones-La\_carbone\_ca\_compte\_enormement.pdf



**Winona**


**pâturage tournant**  
**+ "pasture cropping"**  
(céréale semée dans pâture C4 en dormance)  
**application régulière de thé de compost**



**Voisin**

**pâturage permanent avec**  
**fertilisation chimique annuelle**


Source : Christine Jones, Australie  
Présentation et traduction par Ulrich Schreier



**Winona**

**pâturage tournant**  
**+ "pasture cropping"**  
(céréales semées dans pâture dormante)  
**+ thé de compost**

**Résultat :**  
**2x plus d'UGB/ha**  
**+ 25 q/ha d'avoine**



**Voisin**

**pâturage permanent**  
**fertilisation minérale**


**Différence de carbone stocké dans le sol**  
**au bout de 10 ans de conduites différentes**

**Winona 90,1 t C/ha**  
**Voisin 43,4 t C/ha**  
**= +46,7 t C/ha**  
**≈ +4700 kg N/ha**  
**≈ +1000 kg S/ha**  
**≈ +1000 kg P/ha**  
**≈ +168 t CO<sub>2</sub>/ha séquestrées en 10 ans**  
**≈ +16,8 t CO<sub>2</sub>/ha/an**  
**≈ +4,6 t C/ha/an**  
**≈ + 460 kg N/ha/an**

**N +48%, P +53%, S +57%, K +46%**  
**UGB +100%, à 30-40 cm C +413%**

*78% de la matière organique supplémentaire est dans une forme stable (humique)*

Source : Dr. Christine Jones, Australie




**Gain en carbone entre 2000 et 2010 à différentes profondeurs**

0 à 10 cm	150 %
10 à 20 cm	243 %
20 à 30 cm	317 %
30 à 40 cm	413 %
40 à 50 cm	157 %

*78% de la matière organique supplémentaire est sous une forme stable (humique)*

Source : Christine Jones, Australie



**Gain en nutriments**

Ca	177%
Cu	102%
Zn	86%
Co	79%
S	57%
B	56%
P	53%
Mo	51%
N	48%
K	46%
Mg	38%

Source : Christine Jones, Australie

## Pasture Cropping chez Colin Seis - photos d'un article de Courtney White

[https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/3\\_PastureCropping.pdf](https://www.organicconsumers.org/sites/default/files/3_PastureCropping.pdf)



**Culture d'avoine dans une pâture C4 pérenne en dormance**



# Niveau de nutriments entre et sur les rangs (Région très aride de l'ouest de l'Australie)

Soil nutrient levels (0-30cm) from between and within  
Gatton Panic crowns, Binu, WA, May 2009

	Between	Within	Change
Organic carbon (%)	0.24	1.04	433%
Phosphorus (Colwell ppm)	21	71	338%
Potassium (Colwell ppm)	44	150	341%
Sulphur (ppm)	2.7	7.9	293%
pH (CaCl)	5.8	7.1	1.3 units

Source: Tim Wiley, WA Department of Agriculture and Food  
(increased soil C = sequestration of 123tCO<sub>2</sub>/ha)



Source Dr Christine Jones

*Eco-Dyn*