

Le Monde de l'Agriculture Régénérative



La voie méconnue du carbone liquide



Dr. Christine Jones

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

La voie méconnue du carbone liquide

Article paru dans le
Australian Farm Journal
de juillet 2008

Dr. Christine Jones
Fondatrice de Amazing Carbon
www.amazingcarbon.com



Si, dans les conférences agricoles, on parle de carbone, on arrive généralement à la conclusion qu'il n'est pas possible d'augmenter rapidement et de manière significative son niveau. La plupart des scientifiques pensent que le carbone est certes un facteur utile à considérer en agronomie, mais pas forcément par rapport à sa séquestration. Le Dr. Christine Jones ne partage pas cet avis et affirme, preuves solides à l'appui, qu'il est tout à fait possible d'augmenter son taux aussi considérablement que rapidement. Elle soutient notamment que les conclusions pessimistes de la plupart des scientifiques s'appuient sur un modèle du métabolisme du carbone imparfait, voire erroné.

Une augmentation de 0,5% de la teneur en carbone dans les 30 premiers centimètres dans 2% des 445 millions hectares de terres agricoles australiennes permettrait, à elle seule, de séquestrer de manière sûre et permanente les émissions annuelles de dioxyde de carbone de toute l'Australie. Séquestrer le carbone atmosphérique dans le sol en tant que carbone organique humifié restaurerait également la fertilité naturelle, améliorerait considérablement la gestion de l'eau et la productivité agricole, et fournirait une plus grande résilience face aux variations climatiques tout en injectant de l'argent, ô combien nécessaire, dans les économies rurales en difficulté.

La 'solution sol' pour éliminer l'excès de dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère est généralement ignorée parce que les modèles mathématiques actuels pour la séquestration du carbone omettent de prendre en compte la voie primaire pour la formation naturelle des sols.

Le processus par lequel le CO₂ gazeux est converti en humus se déroule depuis des millions d'années. C'est en fait le seul processus par lequel la couche arable peut être formée. ***Lorsque les sols perdent leur carbone, ils perdent aussi leur structure, leur capacité à stocker et à restituer de l'eau et des nutriments.***

Comprendre comment le sol se forme s'avère donc d'une importance fondamentale pour assurer la viabilité future de l'agriculture. Restaurer une couche arable riche en carbone est en même temps la seule option pratique et bénéfique pour éliminer de manière productive les milliards de tonnes de CO₂ en excès dans l'atmosphère.

La « séquestration biologique » commence par la photosynthèse, un processus naturel par lequel les feuilles vertes transforment l'énergie solaire, le CO₂ et l'eau en énergie biochimique. Pour les plantes, les animaux et l'homme, le carbone n'est pas un polluant, mais la substance de la vie. ***Le carbone est la base de tout être vivant !***

En plus de fournir de la nourriture pour la vie, une partie du carbone fixé par la photosynthèse peut être stockée sous une forme plus permanente, soit sous forme de

bois (dans les arbres ou les arbustes), soit sous forme d'humus (dans le sol). Ces deux processus présentent de nombreuses similarités.

i) **Transformer le CO₂ de l'air en bois** : la formation de bois passe par la photosynthèse dans les feuilles vertes pour capter le CO₂, suivie de la lignification, un processus au sein de la plante par lequel des composés carbonés simples sont regroupés en molécules plus complexes et plus stables pour former la **structure ligneuse de l'arbre**.

ii) **Transformer le CO₂ de l'air en sol** : la formation de la couche arable passe par la photosynthèse dans les feuilles vertes pour capter le CO₂, suivie de l'humification, un processus au sein du sol par lequel des composés carbonés simples sont regroupés en molécules plus complexes et plus stables qui forment la **structure humique du sol**.

Comment se fait-il que les arbres continuent de transformer du CO₂ en bois, mais que les sols ne transforment plus de CO₂ en humus ?

La réponse est assez simple. Pour que les arbres puissent produire du bois neuf à partir de 'carbone liquide', ils doivent être vivants et recouverts de feuilles vertes. **Pour que le sol puisse produire de l'humus neuf à partir de 'carbone liquide', il doit aussi être vivant et recouvert de feuilles vertes.**



Jones soutient que le **pont vert** assuré par les plantes pérennes dans le "pasture cropping" (voir plus loin), permet des augmentations de C importante en un temps relativement court.

Médaille : malgré la protection du sol par la présence de matière organique, l'augmentation de la teneur en carbone est lente dans des chaumes conduites en chimie où il n'y a pas de plantes pérennes.

La production de carbone stable dans le sol est un processus en quatre étapes qui commence par la photosynthèse et se termine par l'humification. **La partie humification de l'équation est aujourd'hui absente de la plupart des systèmes de production agricole, comme l'est aussi la présence obligatoire tout au long de l'année de feuilles vertes en tant que support de la photosynthèse et sa capacité de fournir du carbone sous forme liquide.**

Ces facteurs ont été négligés dans les modèles de séquestration du carbone du sol tels que le Roth C.

Christine Jones relance la prise de conscience d'une voie biologique pour une augmentation rapide du carbone dans les sols épuisés. Les modèles existants, dit-elle, ne tiennent pas

compte de cette voie et sous-estiment largement le potentiel de séquestration de carbone d'une terre agricole.

Modèle Roth C

Le modèle de Roth C, comme d'autres modèles de ce type, a été développé par des scientifiques pour prédire mathématiquement le mouvement du carbone à l'intérieur et à l'extérieur du sol. Il repose sur l'hypothèse que la plus grande partie du car-

bone entre dans le sol sous forme de biomasse, c'est-à-dire par la décomposition des feuilles, des racines et des résidus de récolte.

Le modèle fournit ainsi des estimations utiles des flux de carbone dans les sols conduits en conventionnel, mais ne tient pas compte de la séquestration du carbone dans les sols alimentés activement par du carbone liquide.

Lorsque le carbone entre dans le sol par la décomposition des racines ou sous forme de résidus d'une culture, il finit par se décomposer et par retourner dans l'atmosphère sous forme de CO₂. D'où «mon sol mange le mulch», lamentation familière aussi bien chez les jardiniers amateurs que chez les agriculteurs professionnels.

Alors que les résidus végétaux sont importants pour la fonction trophique du sol, la réduction de l'évaporation et des fluctuations de température, ils ne conduisent pas directement à une augmentation du taux de carbone stable.

À l'inverse, le flux de carbone liquide qui circule dans l'écosystème du sol par le biais du cytoplasme des champignons mycorhiziens, peut être stabilisé rapidement par humification et conservé de manière permanente, si l'on adopte les bonnes pratiques culturales.

C liquide mycorhizien

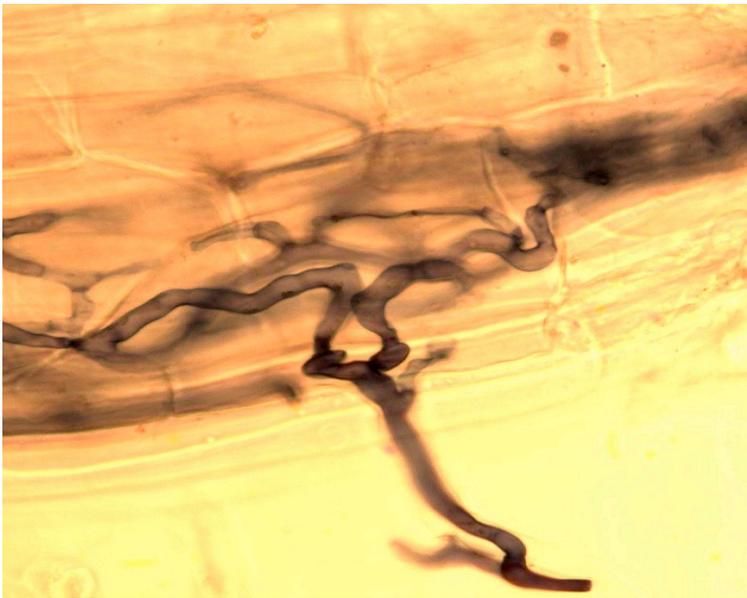
Les types de champignons qui survivent dans les sols en agriculture conventionnelle sont principalement des décomposeurs, cela veut dire qu'ils obtiennent leur énergie à partir de la matière organique en décomposition, comme c'est aussi le cas pour les résidus des cultures, les feuilles ou les racines mortes. En règle générale, ces types de champignons ont des réseaux d'hyphes relativement limités. Ils sont importants pour la fertilité et la structure du sol, mais ne jouent qu'un rôle mineur dans le stockage du carbone.

Les champignons mycorhiziens diffèrent considérablement des champignons décomposeurs en ce sens qu'ils obtiennent leur énergie sous forme liquide, le carbone liquide, directement des racines de plantes en pleine croissance.

Il existe de nombreux types de champignons mycorhiziens. Les espèces particulièrement importantes pour l'agriculture sont souvent appelées mycorhizes à arbuscules (AM) ou mycorhizes à vésicules et arbuscules (VAM) appartenant au Phylum Glomeromycota.

On sait très bien que les champignons mycorhiziens accèdent à des nutriments tels que le phosphore ou le zinc et les transportent aux racines de leur hôte en échange de carbone liquide, leur nourriture. Ils ont aussi la capacité de relier les plantes entre elles et peuvent faciliter le transfert de carbone et d'azote entre les différentes espèces.

La croissance des plantes est généralement plus élevée en présence de champignons mycorhiziens que quand ils manquent. Ce que l'on sait moins, c'est que dans des périodes de sécheresse ou des situations de stress (c'est le cas dans presque toute l'Australie), les champignons mycorhiziens peuvent jouer un rôle extrêmement important dans la dynamique eau/plantes, l'humification et les



Section d'une racine qui montre les hyphes filaires de mycorhizes. Ces hyphes en forme de fils transportent l'énergie solaire sous forme de carbone liquide vers une vaste gamme de microorganismes impliqués dans la nutrition des plantes et le contrôle des maladies. En échange de carbone liquide, les racines reçoivent de l'azote organique, du phosphore, du soufre, de la potasse, du calcium, du magnésium, du fer et des oligo-éléments essentiels tels que le zinc, le manganèse et le cuivre. Or, avec l'apport de quantités importantes d'azote et/ou de phosphore inorganiques, les microorganismes et ces processus de transfert se trouvent perturbés.

Bien que les mycorhizes ne produisent pas d'humus directement, il est difficile de démarrer le processus d'humification sans eux.

Photo Jill Clapperton

processus de formation de sol. **Dans de bonnes conditions, la majeure partie du carbone liquide transportée par des hyphes mycorhiziens va être humifiée**, un processus par lequel des formes simples de carbone sont transformées en polymères très complexes.

Humification

Ces molécules larges et de poids moléculaire élevé sont constituées de carbone, d'azote, de minéraux et d'agré-gats de sol. L'humus qui en résulte est une partie stable et inséparable de la matrice du sol pouvant perdurer pendant des centaines d'années¹.

Le carbone humifié diffère physiquement, chimiquement et biologiquement du stock labile de carbone organique qui se forme normalement dans les sols agricoles. Le carbone organique labile provient principalement des intrants sous forme de biomasse (comme les résidus de récolte) qui se décomposent assez facilement.

À l'inverse, la plus grande partie du carbone humifié provient de l'exsudation directe et du transfert de carbone liquide des racines des plantes aux champignons mycorhiziens et autres

microorganismes symbiotiques ou associatives. **Une fois que le CO₂ atmosphérique est séquestré en tant qu'humus, il est** (comme c'est aussi le cas quant au lignine du bois, n.d.t.) **très résistant face à la décomposition microbienne et à l'oxydation.**

Les conditions nécessaires à l'humification sont compromises en présence d'herbicides, de fongicides, de pesticides, d'engrais phosphatés et azotés. En revanche, elles sont renforcées en présence de substances humiques telles que les acides hu-

¹ 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 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.

miques et fulviques ainsi que les thés de compost, en particulier lorsque ces substances sont combinés avec des inoculants microbiens.

L'environnement biologique favorable à la formation d'humus est communément associé à des pratiques agro-écologiques qui gardent le sol cou-vert tout au long de l'année.

Cette humification est aussi possible dans des systèmes de cultures annuels, pourvu que les jachères longue durée soient évitées, que le sol reste couvert en permanence et que des engrais biologiquement favorables soient utilisés plutôt que des produits aux effets anti-microbiens.

Passer de plantes annuelles à des plantes pérennes peut doubler les niveaux de carbone dans un temps relativement court. Ceci n'est guère surprenant étant donné que ***la photosynthèse et 'l'autoroute mycorhizienne du carbone' sont les facteurs les plus importants pour la formation du sol.***

Pasture cropping (semis direct dans une pâture en dormance)

C'est dans les prairies permanentes que la photosynthèse est active pendant la plus grande partie de l'année. De plus, la présence permanente d'un hôte vivant est une source sûr de carbone liquide et, de plus, fournit un habitat parfait pour les champignons mycorhiziens.



Pasture Cropping

Une avoine, plante C3, qui est en train de lever, a été semée dans une pâture C4 en dormance.

Image ajoutée par le traducteur

La pratique du "pasture cropping" (semis direct dans une pâture en dormance), une pratique dans laquelle une culture annuelle, semée de préférence sans herbicide, va pousser en déphasage avec des plantes pérennes, peut permettre une formation de sol plus importante que dans une prairie permanente seule.

Ce phénomène peut s'expliquer par la fourniture de carbone liquide pendant toute l'année de manière à entretenir le processus d'humification durant la période où la végétation pérenne est dormante.

Un détail intéressant : le développement d'une culture annuelle dans un tel système, peut être égale voire supérieure au développement de cette même culture poussant seule.

C'est sans doute le signe d'une activité biologique plus importante, d'une amélioration de la structure du sol, d'une nutrition plus efficace, d'un meilleur équilibre hydrique (meilleurs relevage {lift} et redistribution hydriques) et d'autres bénéfices liés au microclimat qui accompagnent la cohabitation avec des plantes pérennes.

Ni les cultures annuelles ni les pâtures cultivées en l'absence de plantes pérennes n'ont cette capacité à fournir de tels avantages. En effet, lorsque la couverture végétale pérenne est insuffisante, les sols le plus souvent se détériorent, entraînant des

problèmes de structure, de toxicité, d'engorgement, de déséquilibres minéraux, de salinité, d'érosion et de colonisation par des adventices.

Bien qu'il existe des preuves que les cultures annuelles et les plantes pérennes peuvent tous les deux tirer profit d'une cohabitation, il faudra du temps pour trouver les meilleures combinaisons pour les sols divers et variés que l'on rencontre dans les régions agricoles de l'est, du sud et de l'ouest de l'Australie.

Jusqu'à présent, le Gatton Panic a été la graminée pérenne la plus intéressante pour les cultures associées. Cette graminée se développe dans des environnements étonnamment divers allant du Central Queensland jusqu'au NSW du nord, de l'est et du centre, le Victoria et les régions agricoles du sud, centre et nord de l'Australie occidentale.

Les feuilles et les tiges du Gatton Panic contiennent plusieurs endophytes naturels pouvant fixer l'azote, une caractéristique qui semble favoriser la bonne alimentation des cultures.

Le C du sol augmente considérablement

Dans de bonnes conditions, 40% à 60% du carbone assimilé par les feuilles vertes sont apportés au sol sous forme d'exsudats racinaire et humifiés rapidement. Cet apport permet une séquestration de carbone de l'ordre de 5 à 20 tonnes de CO₂ par hectare et par an.

Dans certaines situations sans aucun 'apport extérieur de biomasse', des séquestrations de CO₂ supérieures à 20 tonnes par hectare et par an ont été observées. Ce phénomène suggère que, dans ces cas-là, 'l'autoroute mycorhizienne du carbone' était la principale voie pour la formation de sol.

En passant d'une agriculture basée uniquement sur des plantes annuelles vers des systèmes qui incorporent aussi des plantes pérennes, on peut, en trois à cinq ans, doubler la teneur en carbone de la couche arable, en particulier si, au départ, le taux se trouve en dessous de 2%.

Dans des régions agricoles de l'est, du sud et de l'ouest de l'Australie, des augmentations de carbone de 0,5% à 1% peuvent donc être atteintes assez facilement en ne faisant que quelques changements simples dans les pratiques culturales.

Près de 60% du continent australien est aujourd'hui destiné à la production alimentaire. Or, dans les décennies à venir, la résilience des ressources agricoles face à de nouveaux extrêmes climatiques deviendra de plus en plus importante, aussi bien sur le plan national que sur le plan international. ***Chaque 27 tonnes de carbone biologiquement séquestrés correspond à 100 tonnes de CO₂ éliminées de l'atmosphère. Le bonus de cet exploit est une production alimentaire bien plus sûre et bien plus rentable.***

Dans les sols exploités de manière conventionnelle, le processus «biomasse incorporée et décomposée - CO₂ libéré» prédomine. Or, si nous n'arrivons pas à progresser et à sortir de ce schéma qui ne cesse de dégrader nos sols, il deviendra de plus en plus difficile de cultiver nos terres de manière productive. Ce dilemme est particulièrement épineux dans un environnement de plus en plus chaud et de plus en plus sec.

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 :

Lien URL de cet article : [http://vernoux.org/agriculture_regenerative/Jones-La - voie meconnue du carbone liquide.pdf](http://vernoux.org/agriculture_regenerative/Jones-La_voie_meconnue_du_carbone_liquide.pdf)

Original paru dans "Australian Farm Journal" de juillet 2008 : [Liquid Carbon Pathway Unrecognised](#)

D'autres articles du Dr. Christine Jones :

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

[Le carbone, ça compte énormément !](#)

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

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

**Association Soins de la Terre
www.soin-de-la-terre.org**

Le Monde de l'Agriculture Régénérative
[Cliquer ici pour s'inscrire](#)



Diapositives issus d'une présentation du Dr. Christine Jones, ajoutés par le traducteur

Australie Mars 2010

Deux fermes mitoyennes après 10 ans de conduite différente

http://vernoux.org/agriculture_regenerative/Jones-Le_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 CO₂/ha** séquestrées en 10 ans
≈ **+16,8 t CO₂/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



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 123tCO₂/ha)

