

# **Soil Restoration: 5 Core Principles**

Christine Jones, PhD  
Founder, Amazing Carbon  
[www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)

October 17, 2017 in [cover crops](#), [Crops](#), [Eco-Farming](#), [Livestock](#), [Soil Fertility](#), [Soil Life](#), [Soils](#), [Uncategorized](#), [Weeds](#)

Imagine there was a process that could remove carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from the atmosphere, replace it with life-giving oxygen, support a robust soil microbiome, regenerate topsoil, enhance the nutrient density of food, restore water balance to the landscape and increase the profitability of agriculture. Fortunately, there is. It's called photosynthesis.

## **THE POWER OF PHOTOSYNTHESIS**

In the miracle of photosynthesis, which takes place in the chloroplasts of green leaves, CO<sub>2</sub> from the air and H<sub>2</sub>O from the soil, are combined to capture light energy and transform it into biochemical energy in the form of simple sugars.

# **Restauration des sols : 5 principes fondamentaux**

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

17 octobre 2017 en cultures de couverture, Cultures, Écologie, Bétail, Fertilité des sols, Vie du sol, Sols, Non classé, Adventices

Imaginez un processus qui pourrait éliminer le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de l'atmosphère, le remplacer par de l'oxygène vital, soutenir un microbiome du sol robuste, régénérer la couche arable, améliorer la densité nutritive des aliments, rétablir l'équilibre hydrique dans le paysage et rentabilité de l'agriculture. Heureusement, il y a. Ça s'appelle la photosynthèse.

## **LE POUVOIR DE LA PHOTOSYNTHÈSE**

Dans le miracle de la photosynthèse, qui se produit dans les chloroplastes des feuilles vertes, le CO<sub>2</sub> de l'air et le H<sub>2</sub>O du sol, sont combinés pour capturer l'énergie de la lumière et la transformer en énergie biochimique sous forme de sucres simples.

These simple sugars — commonly referred to as photosynthate — are the building blocks for life in and on the Earth. Plants transform sugar into a great diversity of other carbon compounds, including starches, proteins, organic acids, cellulose, lignin, waxes and oils.



Ces sucres simples - communément appelés photosynthate - sont les éléments constitutifs de la vie dans et sur la Terre. Les plantes transforment le sucre en une grande diversité d'autres composés de carbone, notamment les amidons, les protéines, les acides organiques, la cellulose, la lignine, les cires et les huiles.



Fruits, vegetables, nuts, seeds and grains are packaged sunlight derived from photosynthesis. The oxygen our cells and the cells of other living things utilize during aerobic respiration is also derived from photosynthesis.

Les fruits, les légumes, les noix, les graines et les grains sont conditionnés par la lumière du soleil issue de la photosynthèse. L'oxygène que nos cellules et les cellules d'autres êtres vivants utilisent durant la respiration aérobie provient également de la photosynthèse.

Significantly, many of the carbon compounds derived from the simple sugars formed during photosynthesis are also essential to the creation of well-structured topsoil from the lifeless mineral soil produced by the weathering of rocks. Without photosynthesis there would be no soil. Weathered rock minerals, yes ... but fertile topsoil, no.

## THE PLANT-MICROBE BRIDGE

It comes as a surprise to many to learn that over 95 percent of life on land resides in soil and that most of the energy for this amazing world beneath our feet is derived from plant carbon. Exudates from living roots are the most energy-rich of these carbon sources. In exchange for ‘liquid carbon,’ microbes in the vicinity of plant roots — and microbes linked to plants via networks of beneficial fungi — increase the availability of the minerals and trace elements required to maintain the health and vitality of their hosts (1,2).

Microbial activity also drives the process of aggregation, enhancing soil structural stability, aeration, infiltration and water-holding capacity. All living things — above and below ground — benefit when the plant-microbe bridge is functioning effectively.

De manière significative, un grand nombre des composés carbonés dérivés des sucres simples formés pendant la photosynthèse sont également essentiels à la création de terre végétale bien structurée à partir du sol minéral inerte produit par l'altération des roches. Sans photosynthèse, il n'y aurait pas de sol. Minéraux de roche altérés, oui ... mais terre fertile, non.

## ECHANGES PLANTES-MICROORGANISMES

Il est surprenant pour beaucoup d'apprendre que plus de 95 pour cent de la vie sur terre réside dans le sol et que la plus grande partie de l'énergie de ce monde incroyable sous nos pieds provient du carbone végétal. Les exsudats des racines vivantes sont les plus riches en énergie de ces sources de carbone. En échange de «carbone liquide», les microbes à proximité des racines des plantes - et les microbes liés aux plantes via des réseaux de champignons bénéfiques - augmentent la disponibilité des minéraux et des oligo-éléments nécessaires au maintien de la santé et de la vitalité de leurs hôtes ).

L'activité microbienne conduit également le processus d'agrégation, améliorant la stabilité structurelle du sol, l'aération, l'infiltration et la capacité de rétention d'eau. Tous les êtres vivants - au-dessus et au-dessous du sol - sont bénéfiques lorsque les échanges entre les plantes et les microorganismes fonctionnent efficacement.

Sadly, many of today's farming methods have severely compromised soil microbial communities, significantly reducing the amount of liquid carbon transferred to and stabilized in soil. This creates negative feedbacks all along the line.

Over the last 150 years, many of the world's prime agricultural soils have lost between 30 and 75 percent of their carbon, adding billions of tons of CO<sub>2</sub> to the atmosphere (3).

Losses of soil carbon significantly reduce the productive potential of the land and the profitability of farming. Soil degradation has intensified in recent decades, with around 30 percent of the world's cropland abandoned in the last 40 years due to soil decline (4). With the global population predicted to peak close to 10 billion by 2050, the need for soil restoration has never been more pressing. Soil dysfunction also impacts human and animal health.

It is sobering to reflect that over the last 70 years, the level of every nutrient in almost every kind of food has fallen between 10 and 100 percent. An individual today would need to consume twice as much meat, three times as much fruit and four to five times as many vegetables to obtain the

Malheureusement, de nombreuses méthodes agricoles actuelles ont gravement compromis les communautés microbiennes du sol, réduisant de manière significative la quantité de carbone liquide transférée vers le sol et stabilisée dans celui-ci. Cela crée des rétroactions négatives tout au long de la ligne.

Au cours des 150 dernières années, de nombreux sols agricoles de premier plan dans le monde ont perdu entre 30 et 75% de leur carbone, ajoutant des milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère (3).

Les pertes de carbone dans le sol réduisent considérablement le potentiel productif de la terre et la rentabilité de l'agriculture. La dégradation des sols s'est intensifiée au cours des dernières décennies, avec environ 30 pour cent des terres cultivées dans le monde abandonnées au cours des 40 dernières années en raison du déclin des sols (4). Avec une population mondiale estimée à près de 10 milliards d'ici 2050, le besoin de restauration des sols n'a jamais été aussi pressant. La dysfonction du sol a également un impact sur la santé humaine et animale.

Il est inquiétant de constater qu'au cours des 70 dernières années, le niveau de chaque élément nutritif dans presque tous les types d'aliments a chuté entre 10 et 100 pour cent. Aujourd'hui, un individu devrait consommer deux fois plus de

same amount of minerals and trace elements available in those same foods in 1940.

Dr. David Thomas (5,6) provided a comprehensive analysis of historical changes in food composition from tables published by the Medical Research Council, Ministry of Agriculture, Fisheries and Foods and the Food Standards Agency. By comparing data available in 1940 with that in 1991, Thomas demonstrated a substantial loss in mineral and trace element content in every group of foods investigated.

The nutrient depletion summarized in Thomas' review represents a weighted average of mineral and trace element changes in 27 kinds of vegetables and 10 kinds of meat:

#### **Mineral Depletion in Vegetables (1940-1991, average of**

27 kinds of vegetables):

Copper-declined by 76%

Calcium-declined by 46%

Iron-declined by 27%

Magnesium-declined by 24%

Potassium-declined by 16%

viande, trois fois plus de fruits et quatre à cinq fois plus de légumes pour obtenir la même quantité de minéraux et d'oligo-éléments disponibles dans ces mêmes aliments en 1940.

Le Dr David Thomas (5,6) a fourni une analyse complète des changements historiques dans la composition des aliments à partir de tableaux publiés par le Conseil de la recherche médicale, le Ministère de l'agriculture, des pêches et des aliments et l'Agence des normes alimentaires. En comparant les données disponibles en 1940 avec celles de 1991, Thomas a démontré une perte substantielle de teneur en éléments minéraux et en oligo-éléments dans chaque groupe d'aliments étudiés.

L'épuisement des éléments nutritifs résumé dans la revue de Thomas représente une moyenne pondérée des changements dans les minéraux et les oligo-éléments dans 27 types de légumes et 10 types de viande:

#### **Diminution des minéraux dans les légumes**

(1940-1991, moyenne de 27 sortes de légumes):

Le cuivre a diminué de 76%

Le calcium a diminué de 46%

Iron-diminué de 27%

Le magnésium a diminué de 24%

Potassium-décliné de 16%

## **Mineral Depletion in Meat**

(1940-1991, average of 10 kinds of meat):

Copper-declined by 24%

Calcium-declined by 41%

Iron-declined by 54%

Magnesium-declined by 10%

Potassium-declined by 16%

Phosphorus-declined by 28%

Significant mineral and trace element depletion was also recorded in the 17 varieties of fruit and two dairy products tested over the same period (5). The mineral depletion in meat and dairy reflects the fact that animals are consuming plants and/or grains that are themselves minerally depleted.

In addition to the overall decline in nutrient density, Thomas found significant changes in the ratios of minerals to one another. Given that there are critical ratios of minerals and trace elements for optimum physiological function, it is highly likely that these distorted ratios impact on human health and well-being (5).

## **Diminution des minéraux dans la viande**

(1940-1991, moyenne de 10 sortes de viande):

Le cuivre a diminué de 24%

Le calcium a diminué de 41%

Fer diminué de 54%

Le magnésium a diminué de 10%

Potassium-décliné de 16%

Le phosphore a diminué de 28%

Une diminution importante des minéraux et des oligo-éléments a également été enregistrée dans les 17 variétés de fruits et deux produits laitiers testés au cours de la même période (5). L'épuisement des minéraux dans la viande et les produits laitiers reflète le fait que les animaux consomment des plantes et / ou des grains qui sont eux-mêmes déminéralisés.

Outre le déclin général de la densité des éléments nutritifs, Thomas a constaté des changements significatifs dans les rapports entre les minéraux. Étant donné qu'il existe des ratios critiques de minéraux et d'oligo-éléments pour un fonctionnement physiologique optimale, il est fort probable que ces rapports faussés aient un impact sur la santé et le bien-être de l'homme (5).

## **RESTORING NUTRIENT DENSITY TO FOOD**

It is commonly believed that the significant reduction in the nutrient density of today's chemically produced food is due to the dilution effect. That is, as yield increases, mineral content falls. However, compromised nutrient levels are not observed in high-yielding vegetables, crops and pastures grown in healthy, biologically active soils. In fact, the opposite applies.

Only in rare instances are minerals and trace elements completely absent from soil. Most of the 'deficiencies' observed in today's plants, animals and people are due to soil conditions not being conducive to nutrient uptake. The minerals are present, but simply not plant-available. Adding inorganic elements to correct these so-called deficiencies is an inefficient practice. Rather, we need to address the biological causes of dysfunction.

Around 85 to 90 percent of plant nutrient acquisition is microbially mediated. The soil's ability to support nutrient-dense, high-vitality crops, pastures, fruit and vegetables requires the presence of a diverse array of soil microbes from a range of functional groups.

## **RETRouver LA VALEUR NUTRITIVE DES ALIMENTS**

On pense généralement que la réduction significative de la densité nutritive des aliments produits de nos jours est due à l'effet de dilution. C'est, que le rendement augmente, la teneur en minéraux diminue. Cependant, les niveaux de nutriments compromis ne sont pas observés dans les légumes à haut rendement, les cultures et les pâturages cultivés dans des sols sains et biologiquement actifs. En fait, le contraire s'applique.

Ce n'est que dans de rares cas que les minéraux et oligo-éléments sont complètement absents du sol. La plupart des «carences» observées chez les plantes, les animaux et les humains d'aujourd'hui sont dues au fait que les conditions du sol ne sont pas propices à l'assimilation des nutriments. Les minéraux sont présents, mais ne sont tout simplement pas disponibles dans les plantations. Ajout d'éléments inorganiques pour corriger ces soi-disant déficiences est une pratique inefficace. Nous devons plutôt aborder les causes biologiques du dysfonctionnement.

Environ 85 à 90 pour cent de l'acquisition de nutriments de la plante est médiée par les microbes. La capacité du sol à soutenir des cultures, des pâturages, des fruits et des légumes riches en éléments nutritifs et à haute vitalité nécessite la présence d'une gamme variée de microbes du sol provenant de divers groupes fonctionnels.

The majority of microbes involved in nutrient acquisition are plant-dependent. That is, they respond to carbon compounds exuded by the roots of actively growing green plants. Many of these important groups of microbes are negatively impacted by the use of “cides” — herbicides, pesticides, insecticides, fungicides.

In short, the functioning of the soil ecosystem is determined by the presence, diversity and photosynthetic rate of actively growing green plants — as well as the presence or absence of chemical toxins.

But who manages the plants and the chemicals? You guessed it ... we do.

Fortunately, consumers are becoming increasingly aware that food is more than a commodity (7). It is up to us to restore soil integrity, fertility, structure and water-holding capacity — not by applying Band-Aids to the symptoms, but by the way we manage our food production systems.

## THE SOIL CARBON SINK

Soil can function as a carbon source — adding carbon to the atmosphere — or a carbon sink — removing CO<sub>2</sub> from

La majorité des microbes impliqués dans l'acquisition de nutriments sont dépendants de la plante. C'est-à-dire qu'ils réagissent aux composés de carbone exsudés par les racines des plantes vertes en croissance active. Beaucoup de ces groupes importants de microbes sont affectés négativement par l'utilisation de «cides» - herbicides, pesticides, insecticides, fongicides.

En bref, le fonctionnement de l'écosystème du sol est déterminé par la présence, la diversité et le taux de photosynthèse des plantes vertes en croissance active - ainsi que par la présence ou l'absence de toxines chimiques.

Mais qui gère les plantes et les produits chimiques? Vous l'avez deviné ... nous le faisons.

Heureusement, les consommateurs sont de plus en plus conscients que la nourriture est plus qu'une marchandise (7). C'est à nous de restaurer l'intégrité du sol, la fertilité, la structure et la capacité de rétention d'eau - non en appliquant les pansements aux symptômes, mais en gérant nos systèmes de production alimentaire.

## LE SOL COMME PUIT DE CARBONE

Le sol peut fonctionner comme une source de carbone - en relarguant du carbone vers l'atmosphère - ou comme puit de carbone en absorbant du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. La

the atmosphere. The dynamics of the source-sink equation are largely determined by land management.

Over millennia a highly effective carbon cycle has evolved, in which the capture, storage, transfer, release and recapture of biochemical energy in the form of carbon compounds repeats over and over. The health of the soil and the vitality of plants, animals and people depend on the effective functioning of this cycle.

Technological developments since the Industrial Revolution have produced machinery capable of extracting vast quantities of fossil fuels from beneath the Earth's surface as well as machinery capable of laying bare large tracts of grasslands and forests.

These factors have resulted in the release of increasing quantities of CO<sub>2</sub> into the atmosphere while simultaneously destroying the largest natural sink over which we have control.

The decline in natural sink capacity has amplified the effects of anthropogenic emissions. Currently, many agricultural, horticultural, forestry and garden soils are a net carbon source. That is, these soils are losing more carbon than they are sequestering.

dynamique de l'équation source-puit est largement déterminée par la gestion du sol.

Au cours des millénaires, un cycle très efficace du carbone a été mis au point, dans lequel la capture, le stockage, le transfert, la libération et la récupération de l'énergie biochimique sous forme de composés carbonés se répètent encore et encore. La santé du sol et la vitalité des plantes, des animaux et des personnes dépendent du bon fonctionnement de ce cycle.

Les développements technologiques depuis la révolution industrielle ont produit des machines capables d'extraire de grandes quantités de combustibles fossiles sous la surface de la Terre ainsi que des machines capables de mettre à nu de vastes étendues de prairies et de forêts.

Ces facteurs ont entraîné la libération de quantités croissantes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, tout en détruisant le plus grand puits naturel sur lequel nous avons le contrôle.

La baisse de la capacité des puits naturels a amplifié les effets des émissions anthropiques. Actuellement, de nombreux sols agricoles, horticoles, forestiers et de jardin sont une source nette de carbone. C'est-à-dire que ces sols perdent plus de carbone qu'ils n'en séquestrent.

The potential for reversing the net movement of CO<sub>2</sub> to the atmosphere through improved plant and soil management is immense. Managing vegetative cover in ways that enhance the capacity of soil to sequester and store large volumes of atmospheric carbon in a stable form offers a practical and almost immediate solution to some of the most challenging issues currently facing humankind.

The key to successful sequestration is to get the basics right.

## PRINCIPLES FOR SOIL RESTORATION

- 1. Green is good — and year-round green is even better.** Every year, photosynthesis draws down hundreds of billions of tonnes of CO<sub>2</sub> from the atmosphere. The impact of this drawdown was dramatically illustrated in a stunning visualization released by NASA in 2014 (8). The movement of carbon from the atmosphere to soil — via green plants — represents the most powerful tool we have at our disposal for the restoration of soil function and reduction in atmospheric levels of CO<sub>2</sub>.

La possibilité d'inverser le mouvement net du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère grâce à une meilleure gestion des plantes et des sols est immense. La gestion de la couverture végétale de manière à accroître la capacité du sol à séquestrer et à stocker de grandes quantités de carbone atmosphérique sous une forme stable offre une solution pratique et presque immédiate à certaines des questions les plus difficiles auxquelles l'humanité est actuellement confrontée.

La clé du succès de la séquestration est de bien comprendre les bases.

## PRINCIPES POUR LA RESTAURATION DES SOLS

- 1. Vert est bon - et vert toute l'année est encore mieux.** Chaque année, la photosynthèse prélève des centaines de milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. L'impact de cette baisse a été illustré de façon spectaculaire dans une visualisation étonnante publiée par la NASA en 2014 (8). Le déplacement du carbone de l'atmosphère vers le sol - via des plantes vertes - représente l'outil le plus puissant dont nous disposons pour restaurer le fonctionnement du sol et réduire les niveaux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

While every green plant is a solar-powered carbon pump, it is the photosynthetic capacity and photosynthetic rate of living plants (rather than their biomass) that drive the biosequestration of stable soil carbon.

Photosynthetic capacity: the amount of light intercepted by green leaves in a given area (determined by percentage canopy cover, plant height, leaf area, leaf shape and seasonal growth patterns). On agricultural land, photosynthetic capacity can be improved through the use of multi-species cover crops and animal integration, multispecies pastures and strategic grazing.

In parks and gardens plant diversity and mowing height are important factors.

Bare soil has no photosynthetic capacity. Bare soil is also a net carbon source and is vulnerable to erosion by wind and water.

Photosynthetic rate: the rate at which plants are able to convert light energy to sugars (determined by many factors including light intensity, moisture, temperature, nutrient-availability and the demand placed on plants by microbial symbionts). The presence of mycorrhizal fungi, for example, can significantly increase photosynthetic rate.

Alors que chaque plante verte est une pompe à carbone à énergie solaire, c'est la capacité photosynthétique et le taux de photosynthèse des plantes vivantes (plutôt que leur biomasse) qui conduisent à la bio-séquestration du carbone du sol stable.

Capacité photosynthétique: la quantité de lumière interceptée par les feuilles vertes dans une zone donnée (déterminée par la proportion (pourcentage) de la couverture végétale, la hauteur des plantes, la surface des feuilles, la forme des feuilles et les taux de croissance en fonction de la saison). Sur les terres agricoles, la capacité photosynthétique peut être améliorée l'utilisation de cultures de couverture multi-espèces et l'intégration des animaux, les pâturages multi-espèces et le pâturage stratégique.

Dans les parcs et jardins, la diversité des plantes et la hauteur de tonte sont des facteurs importants.

Le sol nu n'a pas de capacité photosynthétique. Le sol nu est également une source nette de carbone et est vulnérable à l'érosion par le vent et l'eau.

Taux de photosynthèse: vitesse à laquelle les plantes sont capables de convertir l'énergie de la lumière en sucres (déterminée par de nombreux facteurs, dont l'intensité lumineuse, l'humidité, la température, la disponibilité des nutriments et la demande de symbiotes microbiens). La

Plants photosynthesising at an elevated rate have a high sugar and mineral content, are less prone to pests and diseases and contribute to improved weight gains in livestock.

Photosynthetic rate can be assessed by measuring Brix with a refractometer. An increase of around 5 percent in global photosynthetic capacity and/or photosynthetic rate would be sufficient to counter the CO<sub>2</sub> flux from the burning of fossil fuels, provided the extra carbon was sequestered in soil in a stable form. This is feasible. On average, global cropland is bare for around half of every year (9). If you can see the soil, it is losing carbon!

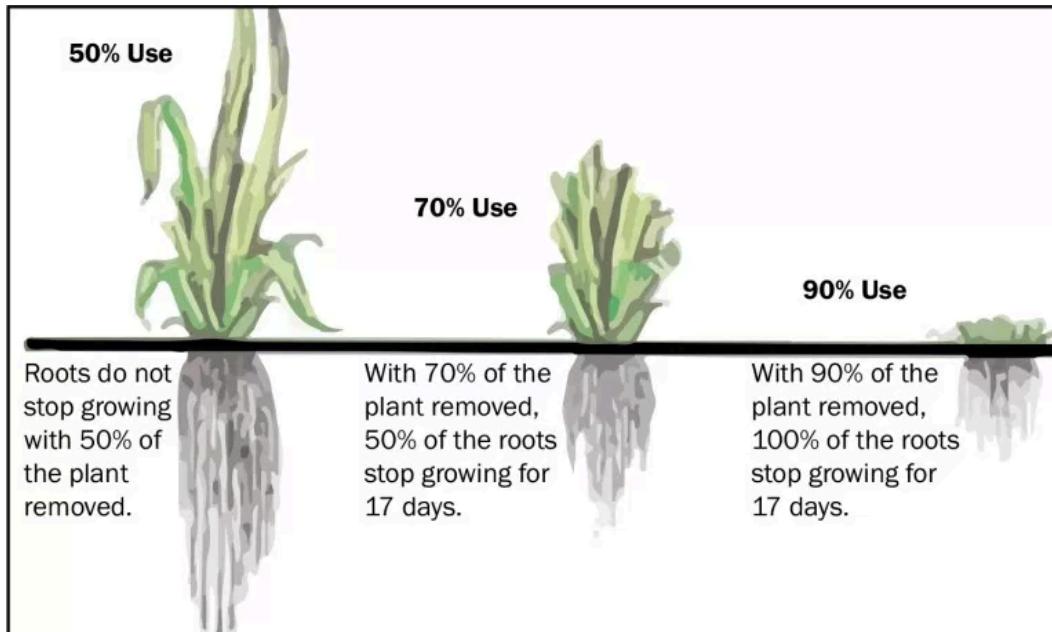
Both photosynthetic capacity and photosynthetic rate are strongly impacted by management. Leading-edge light farmers are developing innovative and highly productive ways to keep soil covered and alive, while producing nutrient-dense food and high-quality fiber.

présence de champignons mycorhiziens, par exemple, peut augmenter significativement le taux de photosynthèse. La photosynthèse des plantes à un taux élevé a une forte teneur en sucre et en minéraux, est moins sujette aux ravageurs et aux maladies et contribue à l'amélioration des gains de poids chez le bétail.

Le taux de photosynthèse peut être évalué en mesurant Brix avec un réfractomètre. Une augmentation d'environ 5% de la capacité photosynthétique globale et / ou du taux de photosynthèse serait suffisante pour contrer le flux de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de combustibles fossiles, à condition que le carbone supplémentaire soit séquestré dans le sol sous une forme stable. C'est faisable. En moyenne, les terres cultivées mondiales sont nues pendant environ la moitié de chaque année (9). Si vous pouvez voir le sol, il perd du carbone!

La capacité photosynthétique et le taux photosynthétique sont fortement influencés par la gestion. Les agriculteurs de pointe développent des moyens innovants et hautement productifs pour garder les sols couverts et vivants, tout en produisant des aliments riches en nutriments et des fibres de haute qualité.

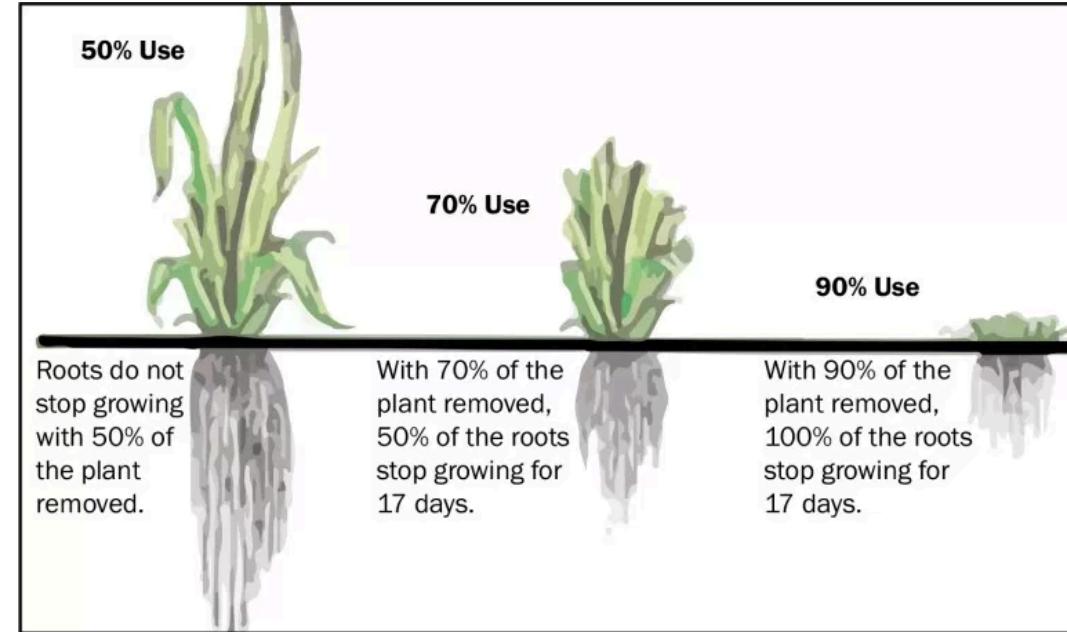
## Grazing Management



**Figure 1:** Growth of both tops and roots is significantly impaired if more than 50 percent of the green leaf is removed in a single grazing event.

This topic requires far more space than available here, but it is vitally important that less than 50 percent of the available green leaf be grazed (Figure 1). Retaining adequate leaf area reduces the impact of grazing on photosynthetic capacity and enables the rapid restoration of biomass to pre-grazed levels. Over a 12-month period significantly more forage will be produced — and more carbon sequestered in soil — if pastures are grazed tall rather than short.

## Gestion du pâturage



**Figure 1:** La croissance des deux sommités et des racines est significativement réduite si plus de 50% de la feuille verte est enlevée en un seul pâturage.

Ce sujet nécessite beaucoup plus d'espace que disponible ici, mais il est vital que moins de 50 pour cent de la feuille verte disponible soit pâturee (figure 1). Le fait de conserver une surface foliaire adéquate réduit l'impact du pâturage sur la capacité photosynthétique et permet la restauration rapide de la biomasse aux niveaux pré-pâtureés. Sur une période de 12 mois, il y aura beaucoup plus de fourrage - et plus de carbone séquestré dans le sol - si les pâturages sont pâtureés hauts plutôt que courts.

In addition to leaf area, the height of pasture has a significant effect on soil building, moisture retention, nutrient cycling and water quality. To maintain photosynthetic capacity (and ensure rapid recovery) it is highly beneficial to remove livestock from a pasture before you can see their feet.

Regenerative grazing can be extremely effective in restoring soil carbon levels at depth. The deeper the carbon, the more it is protected from oxidative and microbial decomposition.

The sequestration of significance is that which occurs below 30 cm.

### ***Crop Production***

Increasingly sophisticated machinery and a plethora of “cides” have provided the means for the planet’s rapidly expanding population to create bare ground over billions of acres, dramatically reducing global photosynthetic capacity. Reduced levels of photosynthesis have in turn resulted in reduced carbon flow to soil, significantly impacting soil and landscape function and farm productivity.

En plus de la surface des feuilles, la hauteur des pâtures a un effet significatif sur la construction du sol, la rétention d'eau, le cycle des éléments nutritifs et la qualité de l'eau. Pour maintenir la capacité photosynthétique (et assurer une récupération rapide), il est très bénéfique de retirer le bétail d'un pâturage avant de pouvoir voir ses pieds.

Le pâturage régénératif peut être extrêmement efficace pour restaurer les niveaux de carbone du sol en profondeur. Plus le carbone est profond, plus il est protégé contre la décomposition oxydative et microbienne.

La séquestration de signification est celle qui se produit en dessous de 30 cm.

### ***Production végétale***

Des machines de plus en plus sophistiquées et une pléthore de «cides» ont permis à la population en pleine expansion de la planète de créer un sol nu sur des milliards d'hectares, réduisant de façon spectaculaire la capacité de photosynthèse globale. Des niveaux réduits de photosynthèse ont à leur tour entraîné une réduction du flux de carbone vers le sol, affectant de manière significative le fonctionnement du sol et du paysage et la productivité agricole.

Organic carbon holds between four and 20 times its own weight in water, hence when carbon levels are depleted, the water-holding capacity of the soil is significantly compromised.

Low water-holding capacity results in poor structural stability when soils are wet and reduced plant growth when soils are dry.

One of the most significant findings to emerge in recent years has been the improvements to infiltration, water-holding capacity and drought-resilience when bare fallows have been replaced with multi-species covers. This improvement has been particularly evident in lower rainfall regions and in dry years.

## 2. Microbes Matter

A healthy agricultural system is one that supports all forms of life. All too often, many of the life-forms in soil have been considered dispensable.

Or more correctly, have not been considered at all.

The significance of the plant-microbe bridge in transferring and stabilizing carbon in soil is becoming increasingly

Le carbone organique retient entre 4 et 20 fois son propre poids en eau, donc lorsque les niveaux de carbone sont épuisés, la capacité de rétention d'eau du sol est considérablement compromise.

La faible capacité de rétention d'eau entraîne une mauvaise stabilité structurelle lorsque les sols sont humides et la croissance des plantes réduite lorsque les sols sont secs.

L'une des découvertes les plus significatives de ces dernières années a été l'amélioration de l'infiltration, de la capacité de rétention d'eau et de la résilience à la sécheresse lorsque les jachères nues ont été remplacées par des couvertures multi-espèces. Cette amélioration a été particulièrement évidente dans les régions à faible pluviométrie et les années sèches.

## 2. Les microorganismes sont importants

Un système agricole sain est un système qui soutient toutes les formes de vie. Trop souvent, beaucoup de formes de vie dans le sol ont été considérées comme dispensables.

Ou plus correctement, n'ont pas été considérés du tout.

L'importance du pont microbe-plante dans le transfert et la stabilisation du carbone dans le sol est de plus en plus reconnue, le microbiome du sol étant la prochaine frontière dans la recherche sur les sols.

recognized, with the soil microbiome heralded as the next frontier in soils research.

One of the most important groups of plant-dependent soil-building microbes are mycorrhizal fungi. These extraordinary ecosystem engineers access water, protect their hosts from pests and diseases and transport nutrients such as organic nitrogen, phosphorus, sulfur, potassium, calcium, magnesium, iron and essential trace elements including copper, cobalt, zinc, molybdenum, manganese and boron — in exchange for liquid carbon.

Many of these elements are essential for resistance to pests and diseases and climatic extremes such as drought, waterlogging and frost.

When the mycorrhizal symbiosis is functioning effectively, 20-60 percent of the carbon fixed in green leaves can be channelled directly to soil mycelial networks, where a portion is combined with biologically fixed nitrogen and converted to stable humic compounds. The deeper in the soil profile this occurs, the better. Humic polymers formed by soil biota within the soil matrix improve soil structure, porosity, cation exchange capacity and plant growth.

Un des groupes les plus importants de microbes responsables de la construction des sols dépendants de la plante sont les champignons mycorhiziens. Ces extraordinaires ingénieurs de l'écosystème ont accès à l'eau, protègent leurs hôtes contre les ravageurs et les maladies et transportent des nutriments tels que l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium, le magnésium, le fer et les oligoéléments essentiels, notamment le cuivre, le cobalt, le zinc, le molybdène, en échange de carbone liquide.

Beaucoup de ces éléments sont essentiels pour la résistance aux parasites et aux maladies et aux extrêmes climatiques tels que la sécheresse, l'engorgement et le gel.

Lorsque la symbiose mycorhizienne fonctionne efficacement, 20 à 60% du carbone fixé dans les feuilles vertes peuvent être canalisés directement vers les réseaux mycéiaux du sol, où une partie est combinée à de l'azote fixé biologiquement et convertie en composés humiques stables. Le plus profond dans le profil du sol cela se produit, mieux c'est. Les polymères humiques formés par le biote du sol dans la matrice du sol améliorent la structure du sol, la porosité, la capacité d'échange de cations et la croissance des plantes.

Le fonctionnement du sol est également fortement influencée par sa structure. Pour que le sol soit bien structuré, il doit être vivant.

Soil function is also strongly influenced by its structure. In order for soil to be well-structured, it must be living.

Life in the soil provides the glues and gums that enable soil particles to stick together into pea-sized lumps called aggregates. The spaces between the aggregates allow moisture to infiltrate more easily. Moisture absorbed into soil aggregates is protected from evaporation, so that soil remains moist for longer after rain or irrigation. This improves farm productivity and profit.

Well-structured soils are also less prone to erosion and compaction and function more effectively as bio-filters.

Sadly, many of the microbes important for soil function have gone missing in action. Can we get them back? Some producers have achieved large improvements in soil health in a relatively short time. What are these farmers doing differently? They diversify.

### 3. Diversity is Indispensable

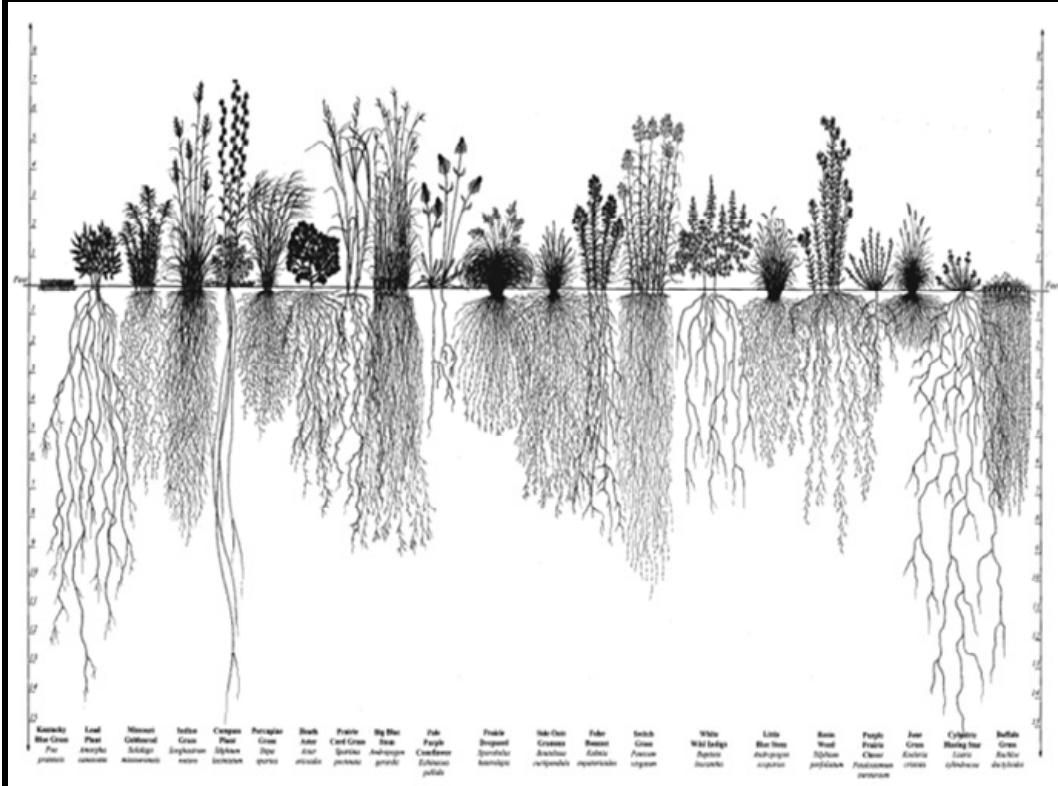
Every plant exudes its own unique blend of sugars, enzymes, phenols, amino acids, nucleic acids, auxins, gibberellins and other biological compounds, many of which act as signals to soil microbes. Root exudates vary continuously over time, depending on the plant's immediate requirements. The greater the diversity of plants; the greater the diversity of microbes and the more robust the soil ecosystem.

La vie dans le sol fournit les colles et les gommes qui permettent aux particules du sol de se coller ensemble dans des morceaux de taille de pois appelés agrégats. Les espaces entre les agrégats permettent à l'humidité de s'infiltrer plus facilement. L'humidité absorbée dans les agrégats du sol est protégée contre l'évaporation, de sorte que le sol reste humide plus longtemps après la pluie ou l'irrigation. Cela améliore la productivité et le profit de la ferme.

Les sols bien structurés sont également moins sujets à l'érosion et au compactage et fonctionnent plus efficacement comme filtres biologiques. Malheureusement, beaucoup de microbes importants pour le fonctionnement du sol ont disparu dans l'action. Pouvons-nous les récupérer? Certains producteurs ont réalisé de grandes améliorations dans la santé du sol dans un temps relativement court. Que font ces agriculteurs différemment ? Ils se diversifient.

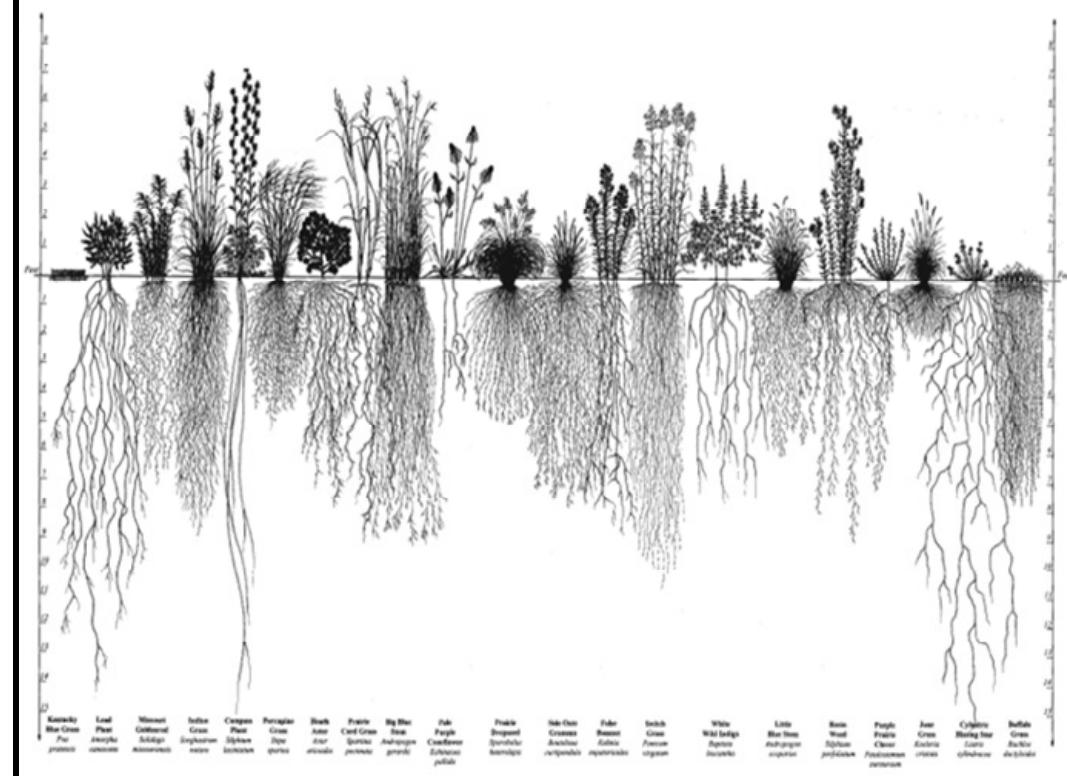
### 3. La diversité est indispensable

Chaque plante dégage son propre mélange unique de sucres, d'enzymes, de phénols, d'acides aminés, d'acides nucléiques, d'auxines, de gibberellines et d'autres composés biologiques, dont beaucoup agissent comme des signaux aux microbes du sol. Les exsudats de la racine varient continuellement au fil du temps, en fonction des besoins immédiats de la plante. Plus la diversité des plantes est grande; plus la diversité des microbes est grande et plus l'écosystème du sol est robuste.



**Figure 2 : Variation in root architecture of native American prairie plants, Illinois, USA (21)**

The belief that monocultures and intensively managed systems are more profitable than diverse biologically based systems does not hold up in practice. Monocultures need to be supported by high and often increasing levels of fertilizers, fungicides, insecticides and other chemicals that inhibit soil biological activity. The result is even greater expenditure on agrochemicals in an attempt to control pest, weed, disease and fertility issues that ensue.



**Figure 2 : Variation in root architecture of native American prairie plants, Illinois, USA (21)**

La croyance que les monocultures et les systèmes gérés intensivement sont plus rentables que les divers systèmes basés sur la biologie ne tiennent pas dans la pratique. Les monocultures doivent être soutenues par des niveaux élevés et souvent croissants d'engrais, de fongicides, d'insecticides et d'autres produits chimiques qui inhibent l'activité biologique du sol. Il en résulte des dépenses encore plus importantes pour les produits agrochimiques afin de lutter contre les ravageurs, les mauvaises herbes, les maladies et les problèmes de fertilité qui en découlent.

The natural grasslands that once covered vast tracts of the Australian, North American, South American and sub-Saharan African continents — plus the ‘meadows’ of Europe — contained several hundred different kinds of grasses and forbs. These diverse grasslands and meadows were extremely productive prior to simplification through overgrazing and/or cultivation.



**Figure 3 :** Triticale monoculture (left) suffering severe water stress while triticale sown with other species (right) is healthy. In addition to triticale, the “cocktail crop” contains oats, tillage radish, sunflower, field peas, faba beans, chickpeas, proso millet and foxtail millet.

Innovative farmers are experimenting with up to 70 different plant species to see which combinations perform best for soil restoration. Some grain and vegetable producers are setting aside up to 50 percent of their cash crop area for multi-species soil primers. They believe the benefits far outweigh the costs. It has been reported that two full

Les prairies naturelles qui couvraient jadis de vastes étendues des continents de l'Australie, de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud et de l'Afrique subsaharienne - ainsi que les prairies de l'Europe - contenait plusieurs centaines d'espèces différentes de graminées et de plantes herbacées. Ces diverses prairies et prairies étaient extrêmement productives avant la simplification par le surpâturage et / ou la culture.



**Figure 2 :** La monoculture de triticale (à gauche) souffre d'un stress hydrique sévère alors que le triticale semé avec d'autres espèces (à droite) est en bonne santé. En plus du triticale, la «culture cocktail» contient de l'avoine, du radis de labour, du tournesol, des pois de grande culture, des féveroles, des pois chiches, du millet commun et du millet commun.

Des agriculteurs innovateurs expérimentent jusqu'à 70 espèces de plantes différentes pour voir quelles combinaisons sont les plus efficaces pour la restauration des sols. Certains producteurs de céréales et de légumes mettent en réserve jusqu'à 50% de leur superficie consacrée aux cultures de rente pour les amorces de plusieurs espèces.

seasons of a multispecies cover can perform miracles in terms of soil health.

The integration of animals into cropland can also be extremely beneficial. However, it doesn't need to be complicated. Something as simple as including one or two companions with a cash crop can make a world of difference.

Indeed, it is becoming increasingly common to see peas with canola, clover or lentils with wheat, soybean and/or vetch with corn, buckwheat and/or peas with potatoes and so on.

As well as improving soil function, companion plants provide habitat and food for insect predators. Recent research has shown that as the diversity of insects in crops and pastures increases, the incidence of insect pests declines, reducing the need for insecticides.

An aspect of plant community structure that is gaining increased research attention is the presence of 'common mycorrhizal networks' (CMNs) in diverse pastures, crops and vegetable gardens.

Ils croient que les avantages l'emportent largement sur les coûts. Il a été rapporté que deux saisons complètes d'une couverture multispécifiques peuvent faire des miracles en termes de santé du sol.

L'intégration des animaux dans les terres cultivées peut également être extrêmement bénéfique. Cependant, il n'a pas besoin d'être compliqué. Quelque chose d'autant simple que d'inclure un ou deux compagnons avec une culture commerciale peut faire toute la différence.

En effet, il devient de plus en plus fréquent de voir des pois avec du canola, du trèfle ou des lentilles avec du blé, du soja et / ou de la vesce avec du maïs, du sarrasin et / ou des pois avec des pommes de terre et ainsi de suite.

En plus d'améliorer le fonctionnement du sol, les plantes compagnes fournissent de l'habitat et de la nourriture aux prédateurs d'insectes. Des recherches récentes ont montré qu'à mesure que la diversité des insectes dans les cultures et les pâturages augmente, l'incidence des insectes ravageurs diminue, réduisant ainsi le besoin d'insecticides.

La présence de «réseaux mycorhiziens communs» (MCN) dans divers pâturages, cultures et jardins potagers est un aspect de la structure des communautés végétales qui attire de plus en plus l'attention de la recherche.

It has been found that plants in communities assist each other by linking together in vast underground super-highways through which they can exchange carbon, water and nutrients. CMNs increase plant resistance to pests and diseases, enhance plant vigor and improve soil health.

In my travels I've seen many examples of monocultures suffering severe water stress while diverse multi-species crops beside them remained green (Figure 2).

In mixed-species plantings, warm-season grasses (such as sorghum and maize) are the most generous 'givers' to soil carbon pools, while broadleaf plants benefit the most from the increased availability of nutrients. In livestock production systems, animal health issues linked to lack of plant diversity (and hence animal nutrition) can often mean the difference between profit and loss.

#### 4. Limit Chemical Use

The mineral cycle improves significantly when soils are alive. It has been shown, for example, that mycorrhizal fungi can supply up to 90 percent of plants' N and P requirements. In addition to including companions and multi-species covers in crop rotations, maintaining a living soil often requires that rates of high-analysis synthetic

Il a été constaté que les plantes dans les communautés se soutiennent mutuellement en se reliant dans de vastes autoroutes souterraines à travers lesquelles ils peuvent échanger du carbone, de l'eau et des nutriments. Les MCN augmentent la résistance des plantes aux parasites et aux maladies, améliorent la vigueur des plantes et améliorent la santé du sol. Au cours de mes voyages, j'ai vu de nombreux exemples de monocultures souffrir d'un stress hydrique sévère alors que les diverses cultures multi-espèces à côté d'eux sont restées vertes (figure 2).

Dans les plantations d'espèces mixtes, les graminées de saison chaude (comme le sorgho et le maïs) sont les plus généreuses «donneuses de carbone» des sols, tandis que les plantes à feuilles larges profitent le plus de la disponibilité accrue de nutriments. Dans les systèmes de production animale, les problèmes de santé animale liés au manque de diversité végétale (et donc à la nutrition animale) peuvent souvent signifier la différence entre profits et pertes.

#### 4. Limiter l'utilisation de produits chimiques

Le cycle minéral s'améliore de manière significative lorsque les sols sont vivants. Il a été montré, par exemple, que les champignons mycorhiziens peuvent fournir jusqu'à 90% des besoins en N et P des plantes. En plus d'inclure des compagnons et des couvertures multi-espèces dans les rotations de cultures, maintenir un sol vivant nécessite souvent que les quantités d'engrais synthétiques concentré

fertilizer and other chemicals be reduced to enable microbes to do what microbes do best.

Profit is the difference between expenditure and income. In years to come we will perhaps wonder why it took so long to realize the futility of attempting to grow crops in dysfunctional soils, relying solely on increasingly expensive synthetic inputs.

No amount of NPK fertilizer can compensate for compacted, lifeless soil with low wettability and low water-holding capacity. Indeed, adding more chemical fertilizer often makes things worse. This is particularly true for inorganic nitrogen (N) and inorganic phosphorus (P).

An often-overlooked consequence of the application of high rates of N and P is that plants no longer need to channel liquid carbon to soil microbial communities in order to obtain these essential elements. Reduced carbon flow has a negative impact on soil aggregation and limits the energy available to the microbes involved in the acquisition of important minerals and trace elements. This increases the susceptibility of plants to pests and diseases.

Inorganic N: The use of high-analysis N fertilizer poses a significant cost to both farmers and the environment. Only

et d'autres produits chimiques soient réduits pour permettre aux microorganismes de faire ce que les microorganismes font de mieux.

Le profit est la différence entre les dépenses et les revenus. Dans les années à venir, nous nous demanderons peut-être pourquoi il a fallu si longtemps pour réaliser l'inutilité de cultiver des sols dysfonctionnels, en se basant uniquement sur des intrants synthétiques de plus en plus coûteux.

Aucune quantité d'engrais NPK ne peut compenser un sol compact et sans vie avec une faible mouillabilité et une faible capacité de rétention d'eau. En effet, l'ajout d'engrais chimiques agrave souvent les choses. Cela est particulièrement vrai pour l'azote inorganique (N) et le phosphore inorganique (P).

Une conséquence souvent négligée de l'application de taux élevés d'azote et de phosphore est que les plantes n'ont plus besoin de canaliser le carbone liquide vers les communautés microbiennes du sol afin d'obtenir ces éléments essentiels. Le flux de carbone réduit a un impact négatif sur l'agrégation des sols et limite l'énergie disponible aux microbes impliqués dans l'acquisition de minéraux et d'oligo-éléments importants. Cela augmente la sensibilité des plantes aux parasites et aux maladies.

10 to 40 percent is taken up by plants, with 60 to 90 percent of applied N lost through a combination of volatilization and leaching.

It is often assumed that nitrogen comes only from fertilizer or legumes. However, all green plants are capable of growing in association with nitrogen-fixing microbes. Even when N fertilizer is applied, plants obtain much of their N from microbial associations.

Farmers experimenting with yearlong green farming techniques are discovering that their soils develop the innate capacity to fix atmospheric nitrogen. However, if high rates of N fertilizer have been used for some time, it is important to wean off N slowly, as free-living nitrogen fixing bacteria require time to re-establish.

One of the many unintended consequences of the use of nitrogen fertilizer is the production of nitrous oxide in waterlogged and/or compacted soils. Nitrous oxide is a greenhouse gas with almost 300 times the global warming potential of carbon dioxide.

Inorganic P: The application of large quantities of water-soluble P, such as found in MAP, DAP or superphosphate, inhibits the production of strigolactone, an important plant

N inorganique: L'utilisation d'engrais azotés à haute analyse représente un coût important pour les agriculteurs et l'environnement. Seulement 10 à 40 pour cent sont absorbés par les plantes, avec 60 à 90 pour cent de l'azote appliqué perdu par une combinaison de volatilisation et de lessivage.

On suppose souvent que l'azote provient uniquement d'engrais ou de légumineuses. Cependant, toutes les plantes vertes sont capables de croître en association avec des microbes fixant l'azote. Même lorsque l'engrais azoté est appliqué, les plantes obtiennent une grande partie de leur azote des associations microbiennes.

Les agriculteurs qui expérimentent des techniques agricoles vertes depuis des années découvrent que leurs sols développent la capacité innée de fixer l'azote atmosphérique. Cependant, si des taux élevés d'engrais azoté ont été utilisés pendant un certain temps, il est important de sevrer lentement le N, car les bactéries fixatrices d'azote vivant libre ont besoin de temps pour se rétablir.

L'une des nombreuses conséquences inattendues de l'utilisation d'engrais azoté est la production d'oxyde nitreux dans les sols gorgés d'eau et / ou compactés. L'oxyde nitreux est un gaz à effet de serre avec près de 300 fois le potentiel de réchauffement planétaire du dioxyde de carbone.

P inorganique: L'application de grandes quantités de P soluble dans l'eau, comme dans le MAP, le DAP ou le superphosphate, inhibe la production de strigolactone, une

hormone. Strigolactone increases root growth, root hair development and colonization by mycorrhizal fungi, enabling plants to better access soil P. The long-term consequences of the inhibition of strigolactone include destabilization of soil aggregates, increased soil compaction and mineraldeficient (e.g. low selenium) plants and animals.

In addition to having adverse effects on soil structure and the nutrient density of food, the application of inorganic water-soluble phosphorus is highly inefficient. At least 80 percent of applied P rapidly adsorbs to aluminium and iron oxides and/or forms calcium, aluminium or iron phosphates. In the absence of microbial activity, these forms of P are not plant-available.

It is widely recognized that only 10-15 percent of fertilizer P is taken up by crops and pastures in the year of application. If P fertilizer has been applied for the previous 10 years, there will be sufficient P for the next 100 years, irrespective of how much was in the soil to begin. Rather than apply more P, it is more economical to activate soil microbes in order to access the P already there.

Mycorrhizal fungi are extremely important for increasing the availability of soil P. Their abundance can be significantly

hormone végétale importante. Les conséquences à long terme de l'inhibition de la strigolactone comprennent la déstabilisation des agrégats du sol, l'augmentation de la compaction du sol et des plantes minérales déficientes (par exemple, à faible teneur en sélénium), ainsi que la croissance des racines et le développement de la colonisation par les champignons mycorhiziens.

En plus d'avoir des effets néfastes sur la structure du sol et la densité nutritive des aliments, l'application de phosphore inorganique soluble dans l'eau est très inefficace. Au moins 80 pour cent du P appliqué adsorbe rapidement l'aluminium et les oxydes de fer et / ou forme des phosphates de calcium, d'aluminium ou de fer. En l'absence d'activité microbienne, ces formes de P ne sont pas disponibles dans la plante.

Il est largement reconnu que seulement 10 à 15% de l'engrais P sont absorbés par les cultures et les pâtures au cours de l'année d'application. Si l'engrais P a été appliqué au cours des 10 dernières années, il y aura suffisamment de P pour les 100 prochaines années, peu importe la quantité de terre dans le sol. Plutôt que d'appliquer plus de P, il est plus économique d'activer les microbes du sol pour accéder au P déjà présent.

Les champignons mycorhiziens sont extrêmement importants pour augmenter la disponibilité des sols. Leur abondance peut

improved through cover crops, diversity and appropriate grazing management.

## 5. Avoid Aggressive Tillage

Tillage may provide an apparent quick-fix to soil problems created by lack of deep-rooted living cover, but repeated and/or aggressive tillage increases the susceptibility of the soil to erosion, depletes soil carbon and organic nitrogen, rapidly mineralizes soil nutrients (resulting in a short-term flush but long-term depletion) and is highly detrimental to beneficial soil-building microbes such as mycorrhizal fungi and keystone invertebrates such as earthworms.

The increased oxidation of organic matter in bare soil — particularly when soil is disturbed — coupled with reduced photosynthetic capacity, not only adds carbon dioxide to the atmosphere, but may also contribute to falling levels of atmospheric oxygen.

## CONCLUSION

All food and fiber producers — whether grain, beef, milk, lamb, wool, cotton, sugar, nuts, fruit, vegetables, flowers, hay, silage or timber — are first and foremost light farmers.

être améliorée de manière significative grâce aux cultures de couverture, à la diversité et à la gestion appropriée du pâturage.

## 5. Éviter le travail du sol (labour) agressif

Le travail du sol peut fournir une solution rapide aux problèmes de sol causés par le manque de couverture vivante, mais le travail répété et / ou agressif du sol augmente la susceptibilité du sol à l'érosion, réduit le carbone du sol et l'azote organique. nutriments (résultant en une chasse à court terme mais une déplétion à long terme) et est très préjudiciable aux microbes bénéfiques pour la construction du sol tels que les champignons mycorhiziens et les invertébrés clés tels que les vers de terre.

L'oxydation accrue de la matière organique dans le sol nu - en particulier lorsque le sol est perturbé - couplée à une capacité photosynthétique réduite, non seulement ajoute du dioxyde de carbone à l'atmosphère, mais peut également contribuer à la baisse de l'oxygène atmosphérique.

## CONCLUSION

Tous les producteurs d'aliments et de fibres - céréales, bœuf, lait, agneau, laine, coton, sucre, noix, fruits, légumes, fleurs, foin, ensilage ou bois d'œuvre - sont avant tout des agriculteurs de lumière.

Sadly, since the Industrial Revolution, human activities have resulted in significantly less photosynthetic capacity — that is, green groundcover on the Earth's surface while also impacting the photosynthetic rate of the groundcover that remains.

Our role, in the community of living things of which we are part, is to ensure that the way we manage green plants results in as much light energy as possible being transferred to, and maintained in, the soil battery — as stable soil carbon. Increasing the level of soil carbon improves farm productivity, restores landscape function, reduces the impact of anthropogenic emissions and increases resilience to climatic variability.

It is not so much a matter of how much carbon can be sequestered by any particular method in any particular place, but rather, how many soils are sequestering carbon. If all agricultural, garden and public lands were a net sink for carbon we could easily drawdown sufficient CO<sub>2</sub> to counter emissions from the burning of fossil fuels.

Everyone benefits when soils are a net carbon sink. Through our food choices and farming and gardening practices we all have the opportunity to influence how soil is managed. Profitable agriculture, nutrient-dense food, clean

Malheureusement, depuis la Révolution industrielle, les activités humaines ont permis de réduire significativement la capacité photosynthétique, c'est-à-dire de recouvrir la surface de la Terre tout en influençant le taux de photosynthèse de la couverture végétale qui reste.

Notre rôle, dans la communauté des êtres vivants dont nous faisons partie, est de veiller à ce que les plantes vertes anesthésiées produisent autant d'énergie lumineuse que possible et sont transférées et maintenues dans la batterie du sol - en tant que carbone stable dans le sol. L'augmentation du niveau de carbone du sol améliore la productivité agricole, rétablit la fonction du paysage, réduit l'impact des émissions anthropiques et augmente la résilience à la variabilité climatique.

Il ne s'agit pas tant de savoir combien de carbone peut être séquestré par une méthode particulière dans un endroit particulier, mais plutôt combien de sols séquestrent le carbone. Si toutes les terres agricoles, potagères et publiques étaient un puits de carbone pour le carbone, nous pourrions facilement extraire suffisamment de CO<sub>2</sub> pour contrer les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles.

Tout le monde profite quand les sols sont un puits de carbone net. Grâce à nos choix alimentaires et à nos pratiques agricoles et de jardinage, nous avons tous la possibilité d'influer sur la gestion du sol. Une agriculture

water and vibrant communities can be ours ... if that is what we choose.

*The author extends special thanks to Sarah Troisi for expert technical assistance with the photographs used in this article.*

**Soil ecologist Dr. Christine Jones works with innovative farmers and ranchers implementing regenerative land management practices that enhance biodiversity, nutrient cycling, carbon sequestration, productivity, water quality and community and catchment health. She launched Amazing Carbon ([amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)) as a means to share her vision and inspire change. In 2005 Dr. Jones held the first of five “Managing the Carbon Cycle” forums to promote the benefits of soil carbon. Over the past decade she has gained international recognition as a speaker. She will be keynoting the 2017 Acres U.S.A. Eco-Ag Conference & Trade Show in Columbus, Ohio, as well as teaching a course on restoring diversity to agricultural soils during Eco-Ag University. For more information, see page 20, visit [acresusa.com/events](http://acresusa.com/events) or call 800-355-5313.**

rentable, des aliments riches en nutriments, de l'eau propre et des communautés dynamiques peuvent être les nôtres ... si c'est ce que nous choisissons.

L'auteur remercie tout particulièrement Sarah Troisi pour son assistance technique avec les photographies utilisées dans cet article.

**Le Dr Christine Jones, écologue des sols et agronome de terrain, travaille avec des agriculteurs et des éleveurs novateurs qui mettent en œuvre des pratiques régénératrices de gestion des terres qui améliorent la biodiversité, le cycle des éléments nutritifs, la séquestration du carbone, la productivité, la qualité de l'eau et la santé des communautés et des bassins versants. Elle a lancé Amazing Carbon ([amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)) comme un moyen de partager sa vision et d'inspirer le changement. En 2005, le Dr Jones a tenu le premier des cinq forums «Gérer le cycle du carbone» pour promouvoir les avantages du carbone du sol. Au cours de la dernière décennie, elle a acquis une reconnaissance internationale en tant que conférencière. Elle prononcera un discours lors de la conférence et salon commercial Acres aux États-Unis en 2017 à Columbus, en Ohio, et enseignera un cours sur la restauration de la diversité des sols agricoles à l'Université Eco-Ag. Pour plus d'informations, consultez la page 20, visitez [acresusa.com/events](http://acresusa.com/events) ouappelez le 800-355-5313.**

## Literature Cited

1. Jones, C.E. (2008). Liquid carbon pathway. Australian Farm Journal, July 2008, pp. 15-17. [amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)
2. Kaiser, C., Kilburn, M. R., Clode, P. L., Fuchslueger, L., Koranda, M., Cliff, J. B., Solaiman, Z. M. and Murphy, D. V. (2015), Exploring the transfer of recent plant photosynthates to soil microbes: mycorrhizal pathway vs direct root exudation. *New Phytologist*, 205: 1537–1551. doi:10.1111/nph.13138.
3. Lal, R., Follett, R.F., Stewart, B.A. and Kimble, J.M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security . *Soil Science*, 172 (12), pp. 943-956. doi: 10.1097/ss.0b013e31815cc498
4. Pimentel, D. and Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture* 2013 , 3, 443-463; doi:10.3390/agriculture3030443
5. Thomas, D.E. (2003). A study of the mineral depletion of foods available to us as a nation over the period 1940 to 1991. *Nutrition and Health*, 17: 85–115.

## Literature Citée

1. Jones, C.E. (2008). Liquid carbon pathway. Australian Farm Journal, July 2008, pp. 15-17. [amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)
2. Kaiser, C., Kilburn, M. R., Clode, P. L., Fuchslueger, L., Koranda, M., Cliff, J. B., Solaiman, Z. M. and Murphy, D. V. (2015), Exploring the transfer of recent plant photosynthates to soil microbes: mycorrhizal pathway vs direct root exudation. *New Phytologist*, 205: 1537–1551. doi:10.1111/nph.13138.
3. Lal, R., Follett, R.F., Stewart, B.A. and Kimble, J.M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security . *Soil Science*, 172 (12), pp. 943-956. doi: 10.1097/ss.0b013e31815cc498
4. Pimentel, D. and Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture* 2013 , 3, 443-463; doi:10.3390/agriculture3030443
5. Thomas, D.E. (2003). A study of the mineral depletion of foods available to us as a nation over the period 1940 to 1991. *Nutrition and Health*, 17: 85–115.

6. Thomas, D.E. (2007). The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson. Nutrition and Health , 19: 21-55.

7. Latham, J. (2016). Why the food movement is unstoppable. Independent Science News. <https://www.independentsciencenews.org/health/why-the-food-movement-is-unstoppable/>

8. Miller, P. (2014). Stunning NASA visualization reveals secret swirlings of carbon dioxide <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/11/141118-nasa-video-carbon-dioxide-global-warmingclimate-environment/>

9. Siebert, S.; Portmann, F.T.; Döll, P. Global Patterns of Cropland Use Intensity. (2010). Remote Sensing, 2 (7), 1625-1643; doi:10.3390/rs2071625

10. Voth, K. (2015). Great “Grass Farmers” Grow Roots. National Grazing Lands Coalition. [onpasture.com](http://onpasture.com)

11. Crider, F.J. (1955). Root growth stoppage resulting from defoliation of grass. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 1102, 23 p. [babel.hathitrust.org](http://babel.hathitrust.org)

6. Thomas, D.E. (2007). The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940-2002) a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson. Nutrition and Health , 19: 21-55.

7. Latham, J. (2016). Why the food movement is unstoppable. Independent Science News. <https://www.independentsciencenews.org/health/why-the-food-movement-is-unstoppable/>

8. Miller, P. (2014). Stunning NASA visualization reveals secret swirlings of carbon dioxide <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/11/141118-nasa-video-carbon-dioxide-global-warmingclimate-environment/>

9. Siebert, S.; Portmann, F.T.; Döll, P. Global Patterns of Cropland Use Intensity. (2010). Remote Sensing, 2 (7), 1625-1643; doi:10.3390/rs2071625

10. Voth, K. (2015). Great “Grass Farmers” Grow Roots. National Grazing Lands Coalition. [onpasture.com](http://onpasture.com)

11. Crider, F.J. (1955). Root growth stoppage resulting from defoliation of grass. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 1102, 23 p. [babel.hathitrust.org](http://babel.hathitrust.org)

12. Jones, C.E. (2011). Carbon that counts. New England and North West ‘Landcare Adventure’ 16-17 March 2011. [amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)
13. Weller, J. (2015). Testimony to House of Representatives Committee on Agriculture bipartisan subcommittee on Conservation, Energy and Forestry hearing on the ‘Benefits of Promoting Soil Health in Agriculture and Rural America’.
14. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants. [nrcs.usda.gov](http://nrcs.usda.gov)
15. Lundgren, J.G and Fausti S.W. (2015). Trading biodiversity for pest problems. *Science Advances* 1(6). doi: 10.1126/sciadv.1500558
16. The Plant Guy (2012). Plant “Social Networks”- is this why companion planting & inter-cropping work?
17. Walder, F., Niemann, H., Natarajan, M., Lehmann, M.F., Boller, T. and Wiemken, A. (2012). Mycorrhizal networks: Common goods of plants shared under unequal terms of trade. *Plant Physiology*, 159(2): 789–797. doi: 10.1104/pp.112.195727
12. Jones, C.E. (2011). Carbon that counts. New England and North West ‘Landcare Adventure’ 16-17 March 2011. [amazingcarbon.com](http://amazingcarbon.com)
13. Weller, J. (2015). Testimony to House of Representatives Committee on Agriculture bipartisan subcommittee on Conservation, Energy and Forestry hearing on the ‘Benefits of Promoting Soil Health in Agriculture and Rural America’.
14. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants. [nrcs.usda.gov](http://nrcs.usda.gov)
15. Lundgren, J.G and Fausti S.W. (2015). Trading biodiversity for pest problems. *Science Advances* 1(6). doi: 10.1126/sciadv.1500558
16. The Plant Guy (2012). Plant “Social Networks”- is this why companion planting & inter-cropping work?
17. Walder, F., Niemann, H., Natarajan, M., Lehmann, M.F., Boller, T. and Wiemken, A. (2012). Mycorrhizal networks: Common goods of plants shared under unequal terms of trade. *Plant Physiology*, 159(2): 789–797. doi: 10.1104/pp.112.195727

18. Johnson, D. and Gilbert, L. (2014). Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist*, 205(4): 1448-1453. doi: 10.1111/nph.13115
18. Johnson, D. and Gilbert, L. (2014). Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist*, 205(4): 1448-1453. doi: 10.1111/nph.13115
19. Kelly (2014). Who knew? Cover crop cocktails are commune hippies.
19. Kelly (2014). Who knew? Cover crop cocktails are commune hippies.
20. Smith, S.E, Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, 3rd Edition. Academic Press
20. Smith, S.E, Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, 3rd Edition. Academic Press.
21. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants.
21. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants.