

Cinq principes fondamentaux pour la santé des sols

Five Principles for Soil Health

publié initialement en Octobre 2017 dans la revue Acres U.S.A. magazine.

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



Introduction

Au cours des 150 dernières années, de nombreux sols agricoles de premier ordre ont perdu entre 30 et 75 % de leur carbone, rejetant des milliards de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère (1). Ces pertes réduisent considérablement le potentiel productif des terres et la rentabilité de l'agriculture. La dégradation des sols s'est intensifiée ces dernières décennies, avec environ 30 % des terres cultivées mondiales abandonnées au cours des 40 dernières années en raison de leur dégradation (2). Alors que la population mondiale devrait atteindre un pic de près de 10 milliards d'habitants d'ici 2050, la nécessité de restaurer les sols n'a jamais été aussi pressante.

Le dysfonctionnement des sols a également un impact sur la santé humaine et animale. Il est inquiétant de constater qu'au cours des soixante-dix dernières années, la teneur en chaque nutriment de presque tous les aliments a chuté de 10 à 100 %. Aujourd'hui, il faudrait consommer deux fois plus de 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 que ceux présents dans ces mêmes aliments en 1940.

Le Dr David Thomas (3, 4) a fourni une analyse complète des changements historiques dans la composition des aliments à partir des tableaux publiés par le Conseil de recherche médicale, le ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation et l'Agence des normes alimentaires. En comparant les données disponibles en 1940 avec celles de 1991, Thomas a démontré une perte substantielle de minéraux et d'oligo-éléments dans chaque groupe d'aliments étudié.

Appauvrissement en minéraux dans les légumes (1940 - 1991)

Moyenne de 27 types de légumes

- Cuivre - diminution de 76 %
- Calcium - diminution de 46 %
- Fer - diminution de 27 %
- Magnésium - diminution de 24 %
- Potassium - diminution de 16 %

Appauvrissement en minéraux dans la viande (1940 - 1991)

Moyenne de 10 types de viande

- Calcium - diminution de 41 %
- Fer - diminution de 54 %
- Magnésium - diminution de 10 %
- Potassium - diminution de 16 %
- Phosphore - diminution de 28 %

Source: 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.

Une diminution significative des minéraux et oligo-éléments a également été observée dans les 17 variétés de fruits et les deux produits laitiers testés au cours de la même période (3).

La diminution des minéraux dans la viande et les produits laitiers reflète le fait que les animaux consomment des plantes et/ou des céréales qui sont elles-mêmes appauvries en minéraux.

Outre la diminution globale de la densité nutritionnelle, Thomas a constaté des changements significatifs dans les rapports entre les minéraux. Étant donné qu'il existe des rapports critiques entre les minéraux et les oligo-éléments pour un fonctionnement physiologique optimal, il est très probable que ces rapports faussés aient un impact sur la santé et le bien-être humains (3).

L'appauvrissement en nutriments résumé dans l'analyse de Thomas représente une moyenne pondérée des variations des minéraux et des oligo-éléments dans 27 types de légumes et 10 types de viande.

Rétablir la densité nutritionnelle des aliments

On pense généralement que la réduction significative de la densité nutritionnelle des aliments actuels est due à « l'effet de dilution ». Autrement dit, à mesure que le rendement augmente, la teneur en minéraux diminue. Cependant, on n'observe pas de baisse des niveaux de nutriments dans les légumes, les cultures et les pâturages à haut rendement cultivés dans des sols biologiquement actifs.

En fait, c'est plutôt le contraire qui se produit.

Il est rare que les minéraux et les oligo-éléments soient complètement absents du sol. La plupart des « carences » observées chez les plantes et les animaux sont dues à des conditions de sol qui ne favorisent pas l'absorption des nutriments. L'application d'engrais chimiques pour corriger ces soi-disant carences est une pratique inefficace. Nous devons plutôt nous attaquer aux causes biologiques du dysfonctionnement.

Environ 85 à 90 % de l'acquisition des nutriments par les plantes est médiée par des micro-organismes. La capacité du sol à soutenir des cultures, des pâturages, des fruits et des légumes riches en nutriments et à forte vitalité nécessite la présence d'une grande diversité de micro-organismes du sol appartenant à différents groupes fonctionnels.

La majorité des micro-organismes impliqués dans l'acquisition des nutriments dépendent des plantes. En d'autres termes, ils réagissent aux composés carbonés sécrétés par les racines des plantes vertes en pleine croissance. Beaucoup de ces groupes importants de micro-organismes 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 pleine croissance, ainsi que par la présence ou l'absence de toxines chimiques.

Mais qui gère les plantes et les produits chimiques ?

Vous l'avez deviné... c'est nous.

C'est à nous qu'il appartient de restaurer l'intégrité, la fertilité, la structure et la capacité de rétention d'eau du sol, non pas en appliquant des « pansements » sur les symptômes, mais en gérant nos systèmes de production alimentaire. La clé de la restauration réside dans la maîtrise des principes fondamentaux.

La clé de la restauration réside dans le respect des fondamentaux.

« Il ne peut y avoir de vie sans sol, et pas de sol sans vie ; ils ont évolué ensemble. »

(Charles E. Kellogg, USDA Yearbook of Agriculture, 1938).

Principes fondamentaux de la santé des sols

1. Le pouvoir de la photosynthèse

Imaginez un processus qui pourrait éliminer le dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère, le remplacer par l'oxygène source de vie, soutenir un microbiome du sol robuste, régénérer la couche arable, améliorer la densité nutritive des aliments, rétablir l'équilibre hydrique dans le paysage et la rentabilité de l'agriculture.

Heureusement, ça existe.

Ça s'appelle la photosynthèse.

Dans le miracle de la photosynthèse, miracle qui se produit dans les chloroplastes des feuilles vertes, le CO₂ de l'air et le H₂O du sol se combinent pour capturer l'énergie de la lumière et la transformer en énergie biochimique sous forme de sucres simples.

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

Les fruits, les légumes, les noix, les graines et les grains sont de la lumière solaire conditionnée 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. Pour cela, notre gratitude envers les plantes devrait être infinie.

En plus de soutenir la majeure partie de la vie sur Terre, de nombreux composés carbonés dérivés des sucres simples formés lors de la photosynthèse sont essentiels à la création d'une couche arable bien structurée à partir du sol minéral inerte produit par l'altération des roches.

Sans photosynthèse, il n'y aurait pas de sol. Des minéraux rocheux altérés, oui... mais une couche arable fertile, non.

Si chaque plante verte est une pompe à carbone alimentée par l'énergie solaire, sa simple présence ne suffit pas. C'est la capacité et le taux de photosynthèse des plantes vivantes (plutôt que leur biomasse) qui déterminent la bioséquestration du carbone stable du sol.

■ Capacité photosynthétique

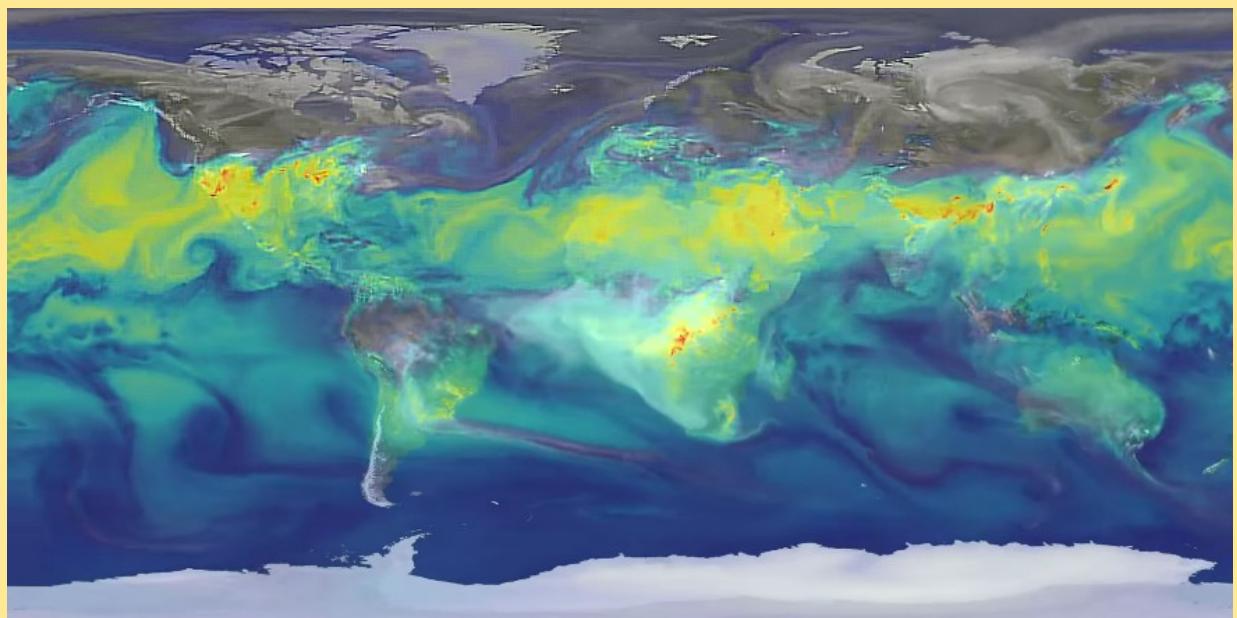
La quantité de lumière captée par les feuilles vertes dans une zone donnée est déterminée par le pourcentage de couvert végétal, la hauteur des plantes, la surface et la forme des feuilles, ainsi que par les cycles de croissance saisonniers. Sur les terres agricoles, la capacité photosynthétique peut être améliorée grâce à l'utilisation de cultures de couverture multi-espèces et à l'intégration animale, aux pâturages multi-espèces et au pâturage stratégique. Dans les parcs et les jardins, la diversité végétale et la hauteur de tonte sont des facteurs importants. Un sol nu n'a aucune capacité photosynthétique. Il est également une source nette de carbone et vulnérable à l'érosion éolienne et hydrique.

■ Taux de photosynthèse

La vitesse à laquelle les plantes convertissent l'énergie lumineuse en sucres est déterminée par de nombreux facteurs, notamment l'intensité lumineuse, l'humidité, la température, la disponibilité des nutriments et la demande des symbiotes microbiens. La présence de champignons mycorhiziens, par exemple, peut augmenter considérablement le taux de photosynthèse. Les plantes qui effectuent une photosynthèse à un taux élevé ont une teneur élevée en sucres et en minéraux, sont moins sensibles aux ravageurs et aux maladies et contribuent à une meilleure prise de poids du bétail.

Le taux de photosynthèse peut être évalué en mesurant le degré Brix à l'aide d'un réfractomètre. L'utilisation d'engrais azotés et phosphorés à haute concentration peut avoir un impact négatif sur le taux de photosynthèse.

La capacité et le taux de photosynthèse sont tous deux fortement influencés par la gestion du couvert végétal.



Chaque année, la photosynthèse prélève des centaines de milliards de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. L'impact de cette baisse a été illustré de façon spectaculaire par une modélisation de la fluctuation de la teneur en CO₂ atmosphérique selon le taux de végétalisation au cours d'une année communication publiée par la NASA en 2014. Cette modélisation montre que 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 CO₂ dans l'atmosphère

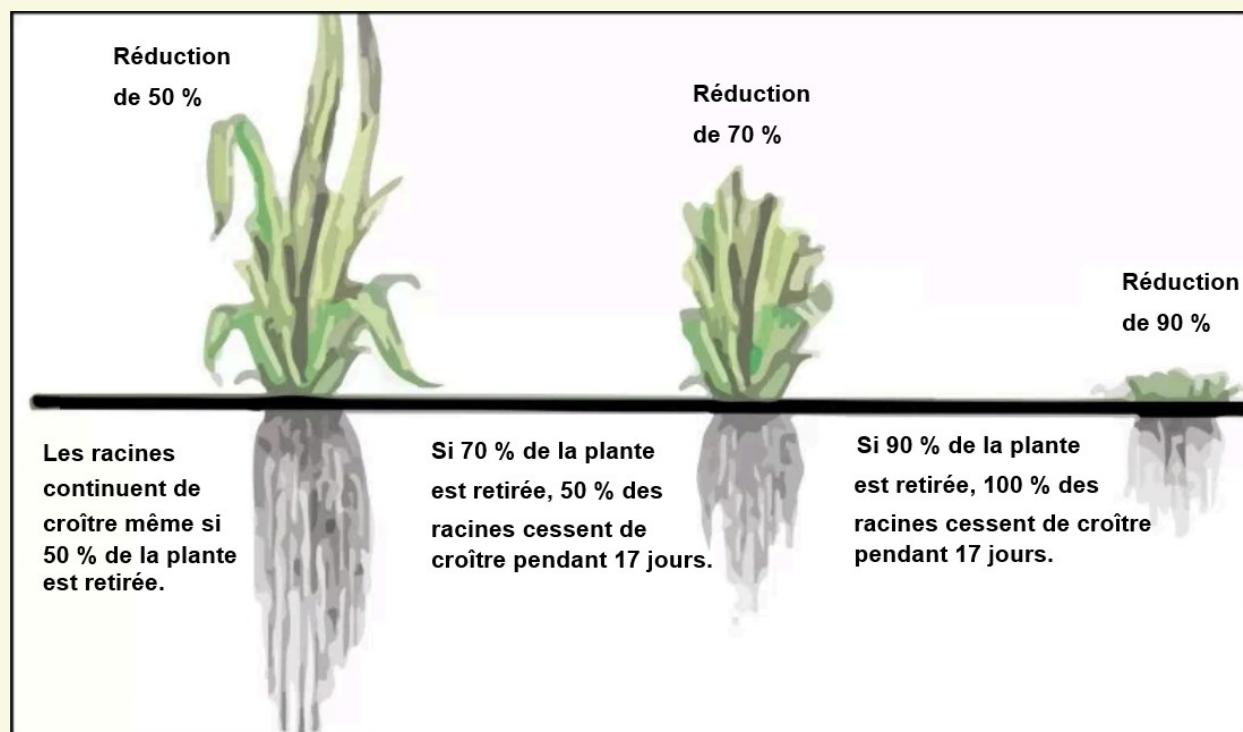
NASA | A Year in the Life of Earth's CO₂

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NASA_-_A_Year_in_the_Life_of_Earth%27s_CO2_x1SgmFa0r04.webm

■ Gestion du pâturage

Ce sujet nécessite beaucoup plus d'espace que celui disponible ici, mais il est essentiel que moins de 50 % de la surface foliaire verte disponible soit broutée (Fig. 1). Conserver une surface foliaire adéquate réduit l'impact du pâturage sur la capacité photosynthétique et permet un rétablissement rapide de la biomasse à ses niveaux antérieurs. Sur une période de 12 mois, la production fourragère sera nettement plus importante si les pâturages sont broutés « hauts » plutôt que « bas ».

Fig. 1. La croissance des sommités et des racines est considérablement réduite si plus de 50 % de la surface foliaire verte est éliminée lors d'un seul pâturage (5).



Jusqu'à 40 % de surface foliaire enlevée = aucun effet sur la croissance racinaire

50 % de surface foliaire enlevée = inhibition de 2 à 4 % de la croissance racinaire

60 % de surface foliaire enlevée = inhibition de 50 % de la croissance racinaire

70 % de surface foliaire enlevée = inhibition de 78 % de la croissance racinaire

80 % de surface foliaire enlevée = inhibition de 100 % de la croissance racinaire

90 % de surface foliaire enlevée = inhibition de 100 % de la croissance racinaire

Outre la surface foliaire, la hauteur des pâturages a un effet significatif sur la formation du sol, la rétention d'humidité, le cycle des nutriments et la qualité de l'eau. Pour maintenir la capacité photosynthétique (et assurer une récupération rapide), il est très bénéfique de retirer le bétail des pâturages avant que ses pieds ne soient visibles.

■ Production agricole

L'utilisation de machines de plus en plus sophistiquées et celle d'une pléthore de produits « cides » ont généré des milliards d'hectares de sols nus, à la capacité photosynthétique considérablement réduite. La réduction de la photosynthèse a entraîné une diminution du flux de carbone vers le sol, ce qui a eu un impact significatif sur le fonctionnement des sols et les paysages, ainsi que sur la productivité agricole. L'une des constatations les plus marquantes 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 végétales plurispecifiques. Cette amélioration a été particulièrement évidente dans les régions à faibles précipitations et lors des années sèches.

Un système agricole sain est un système qui soutient toutes les formes de vie. Trop souvent, de nombreuses formes de vie présentes dans le sol ont été considérées comme superflues, ou, plus exactement, n'ont pas été prises en compte du tout.

2. Les microorganismes comptent

Beaucoup sont surpris d'apprendre que plus de 95 % de la vie terrestre réside dans le sol. En effet, le microbiome du sol a été présenté comme la nouvelle frontière de la recherche agricole, tout comme le microbiome intestinal, reconnu comme la nouvelle frontière de la santé humaine.

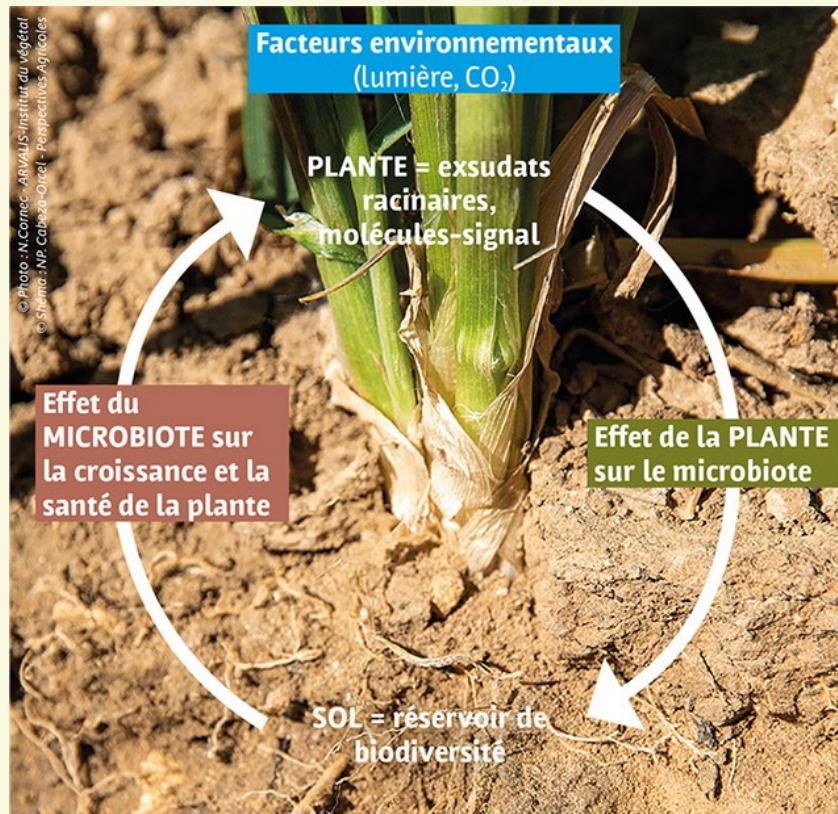
La majeure partie de l'énergie nécessaire à ce monde insoupçonné sous nos pieds provient des plantes et leur « carbone végétal ». Les exsudats des racines vivantes sont les plus riches en carbone de ces sources d'énergie.

En échange de ce « carbone liquide »¹, les microorganismes proches des racines - et les microorganismes liés aux plantes via des réseaux de mycéliens - augmentent la mobilisation des minéraux et oligoéléments nécessaires au maintien de la santé et vitalité de leurs hôtes.

Des systèmes racinaires vigoureux et des relations bénéfiques avec les champignons mycorhiziens et autres biotes du sol associés aux plantes sont essentiels pour maximiser la capacité des cultures et des pâturages à obtenir de l'eau, de l'azote, du phosphore, du potassium, du soufre, du calcium, du magnésium et une grande variété d'oligo-éléments, dont le cuivre, le cobalt, le zinc, le molybdène et le bore.

Nombre de ces éléments sont essentiels à la résistance aux ravageurs et aux maladies, ainsi qu'à la résilience aux extrêmes climatiques tels que la sécheresse, l'engorgement et le gel.

17. Jones, C.E. (2008). Liquid carbon pathway. Australian Farm Journal, July 2008, pp. 15-17. Version française, La voie méconnue du Carbone liquide. https://lavierebelle.org/IMG/pdf/2008_la_voie_meconnue_du_carbone_liquide_christine_jones.pdf



Le fonctionnement du sol est également fortement influencé par sa structure. Pour être bien structuré, un sol doit être vivant. La vie dans le sol fournit les colles et les gommes qui permettent aux particules de s'agglomérer en amas de la taille d'un pois, appelés agrégats. Les espaces entre les agrégats facilitent l'infiltration de l'humidité. L'humidité absorbée par les agrégats du sol est protégée de l'évaporation, ce qui permet au sol de rester humide plus longtemps après la pluie ou l'irrigation. Cela améliore la productivité et les profits agricoles.

Les sols bien structurés sont également moins sujets à l'érosion et au compactage et fonctionnent plus efficacement comme des biofiltres.

Tous les organismes vivants, au-dessus et au-dessous du sol, bénéficient du bon fonctionnement du pont plantes-microbes.

L'activité microbienne entraîne également un 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 - en tirent bénéfices lorsque le pont plantes-microorganismes fonctionnent efficacement.

Malheureusement, la plupart des 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. Il en résulte des réactions négatives tout au long de la chaîne.

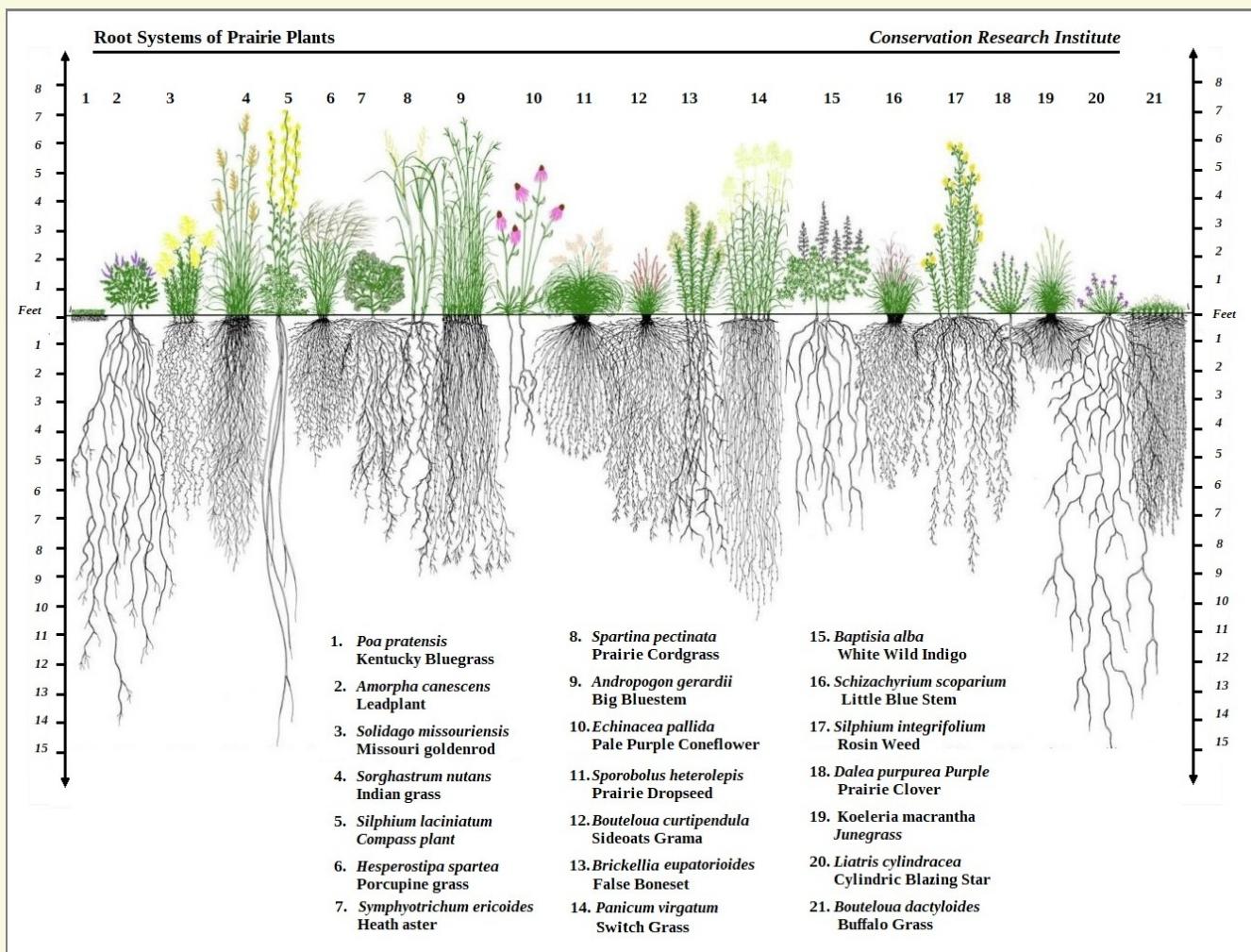
Pouvons-nous les récupérer ? Certains producteurs ont réussi à améliorer considérablement la santé des sols en relativement peu de temps. En quoi leur approche est-elle différente ?

Ils diversifient.

3. La diversité est indispensable !!!

Les prairies naturelles qui couvraient autrefois de vastes étendues des continents australien, nord-américain et subsaharien – ainsi que les prairies d'Europe – contenaient plusieurs centaines d'espèces différentes de graminées et de plantes herbacées. Ces prairies et savanes diversifiées étaient extrêmement productives avant leur simplification par le surpâturage et/ou la culture.

Fig. 2. Variation de l'architecture racinaire des plantes indigènes des prairies américaines, Illinois, États-Unis



Chaque plante exsude 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 pour les microbes du sol. Les exsudats racinaires varient continuellement au fil du temps, en fonction des besoins immédiats de la plante. Plus la diversité végétale est grande, plus la diversité microbienne est grande et plus l'écosystème du sol est robuste.

La croyance selon laquelle les monocultures et les systèmes de gestion intensive sont plus rentables que les systèmes biologiques diversifiés ne tient pas la route. 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 en produits agrochimiques pour lutter contre les ravageurs, les mauvaises herbes, les maladies et les problèmes de fertilité qui en découlent.

Des agriculteurs innovants expérimentent jusqu'à 60 à 70 espèces végétales différentes afin de déterminer les combinaisons les plus efficaces pour la restauration des sols. Certains producteurs de céréales et de légumes réservent jusqu'à 50 % de leurs surfaces de cultures commerciales à des « amores de sol » multi-espèces. Ils estiment que les avantages dépassent largement les coûts. Il a été démontré que deux saisons complètes de couverture multi-espèces peuvent faire des miracles en termes de santé des sols.

Cependant, cela n'a pas besoin d'être compliqué. Une simple association d'une ou deux plantes compagnes à une culture commerciale peut faire toute la différence.

En effet, il est de plus en plus courant 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, etc.

Un aspect de la structure des communautés végétales qui suscite un intérêt croissant chez les chercheurs est la présence de « réseaux mycorhiziens communs » (CMN) dans divers pâturages, cultures et potagers. Il a été démontré que les plantes d'une même communauté s'entraident en se reliant entre elles par de vastes autoroutes souterraines qui leur permettent d'échanger du carbone, de l'eau et des nutriments². Les réseaux mycorhiziens courants augmentent la résistance des plantes aux ravageurs et aux maladies³, tout en améliorant leur vigueur et la santé des sols.

Au cours de mes voyages, j'ai observé de nombreux exemples de monocultures flétries alors que diverses cultures multispécifiques voisines restaient vertes (Fig. 3).



Fig. 3. Monoculture de triticale (premier plan à gauche) subissant un stress hydrique important, tandis que le triticale semé avec d'autres espèces (arrière-plan et à droite) est en pleine croissance. Outre le triticale, la « culture cocktail » comprenait de l'avoine, du radis de culture, du tournesol, des pois fourragers, des févères, des pois chiches, du millet commun et du millet des oiseaux. Association de (CARA), Oyen, Alberta.

2 Voth, K. (2015). Great “Grass Farmers” Grow Roots. National Grazing Lands Coalition. onpasture.com. Et 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

3 Johnson, D. and Gilbert, L. (2014). Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist*, 205(4): 1448-1453. doi: 10.1111/nph.13115

Pour un excellent retour d'expérience sur les avantages des « communautés végétales » en termes de tolérance à la sécheresse, voir le témoignage de Jason Weller⁴ devant la sous-commission de la conservation, de l'énergie et de la foresterie de la commission de l'agriculture de la chambre des représentants des Etats-Unis.

En plus d'améliorer la fonction du sol, les plantes compagnes fournissent un habitat et de la nourriture aux insectes auxiliaires. Des recherches récentes⁵ ont montré qu'à mesure que la diversité des insectes dans les cultures et les pâturages augmente, l'incidence des insectes nuisibles diminue, évitant ainsi le recours aux insecticides.

Dans les élevages, les problèmes de santé des animaux liés à un manque de diversité végétale (et donc à une mauvaise alimentation) peuvent souvent faire la différence entre réaliser des bénéfices et subir des pertes.

L'intégration des animaux dans les terres cultivées peut être aussi extrêmement bénéfique. Nul besoin pour autant de faire compliqué. Quelque chose d'aussi simple que d'inclure un ou deux compagnons avec une culture commerciale peut faire toute la différence.

La présence de réseaux mycorhiziens 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.

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 couverts multi-espèces dans les rotations de cultures, maintenir un sol vivant nécessite souvent que les quantités d'engrais synthétiques concentré et autres produits chimiques soient réduits pour permettre aux microorganismes de faire ce qu'ils font de mieux.

La différence entre les dépenses et les revenus fait le profit. 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 compacté, sans vie, peu perméable et à faible capacité de rétention d'eau. En effet, l'ajout d'engrais chimiques aggrave souvent la situation. C'est particulièrement vrai pour le phosphore (P) et l'azote (N).

Une conséquence souvent négligée de l'application de taux élevés de N et de P est que les plantes n'ont plus besoin de canaliser le carbone liquide vers les communautés microbiennes du sol pour obtenir ces éléments essentiels. La réduction du flux de carbone a un impact négatif sur l'agrégation du sol, tout en limitant l'énergie disponible pour les micro-organismes impliqués dans l'acquisition de minéraux et d'oligo-éléments importants.

4 Jason Weller (2015). in *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'*.

5 Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants. nrcs.usda.gov

Phosphore inorganique

L'application de grandes quantités de P soluble dans l'eau, comme celui que l'on trouve dans le MAP, le DAP et le superphosphate, inhibe la production d'une hormone végétale appelée strigolactone. La strigolactone augmente la croissance des racines, le développement des poils racinaires et la colonisation par les champignons mycorhiziens, permettant ainsi aux plantes d'accéder plus facilement au phosphore du sol⁶. L'inhibition de la strigolactone a pour conséquence à long terme la déstabilisation des agrégats du sol, une augmentation du compactage du sol et une carence en minéraux (par exemple en sélénium) chez les plantes et les animaux.

En plus d'avoir des effets néfastes sur la structure du sol, la santé des plantes et la densité nutritionnelle des aliments, l'application de doses élevées de phosphore inorganique soluble dans l'eau est très inefficace. Au moins 80 % du phosphore appliqué est rapidement adsorbé par les oxydes d'aluminium et de fer et/ou forme des phosphates de calcium, d'aluminium ou de fer. En l'absence d'activité microbienne, ces formes de phosphore ne sont pas disponibles pour les plantes⁷.

Il est largement reconnu que seulement 10 à 15 % du phosphore contenu dans les engrains est absorbé par les cultures et les pâaturages au cours de l'année d'application. Si du phosphore a été appliqué au cours des 10 dernières années, il y en aura suffisamment pour les 100 prochaines années, quelle que soit la quantité initialement présente dans le sol. Plutôt que d'appliquer du phosphore, il est préférable d'activer les micro-organismes du sol afin d'accéder au phosphore déjà présent.

Les champignons mycorhiziens sont extrêmement importants pour augmenter la disponibilité du phosphore dans le sol. Leur abondance peut être considérablement améliorée grâce à des cultures de couverture, à la diversité et à une gestion appropriée du pâaturage.

Azote inorganique

L'autre élément couramment ajouté au sol est l'azote. L'utilisation d'engrais à haute teneur en azote représente un coût important tant pour les agriculteurs que pour l'environnement, car seulement 10 à 40 % sont absorbés par les plantes, tandis que 60 à 90 % de l'azote appliqué est perdu par volatilisation et lessivage⁸.

L'une des nombreuses conséquences imprévues de l'utilisation d'engrais azotés 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 dont le potentiel de réchauffement global est près de 300 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone.

On suppose souvent que l'azote provient uniquement des engrains ou des légumineuses. Or, toutes les plantes vertes sont capables de fixer de l'azote en lien avec des bactéries. Même si on apporte

6 Czarnecki, O., Yang, J., Weston D.J., Tuskan, G.A. and Chen, J.G. (2013). A dual role of strigolactones in phosphate acquisition and utilization in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 7681-7701; doi:10.3390/ijms14047681

7 The Plant Guy (2012). Plant “Social Networks”- is this why companion planting & inter-cropping work?

8 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

des engrais azotés, les plantes continuent à se procurer une bonne partie de leur azote par le biais de la vie du sol et des associations microbiennes.

Les agriculteurs qui travaillent avec des techniques agricoles régénératives depuis plusieurs années ont découvert que leurs sols ont développé la capacité de fixer de l'azote atmosphérique. Mais, si des quantités importantes de ces engrais ont été utilisées pendant longtemps, il est important que le sevrage par rapport au N se fasse en douceur, étant donné qu'il faut un certain temps pour que les bactéries fixatrices d'azote naturelles puissent se mettre en place .

5. Éviter le travail du sol agressif

Le travail du sol peut fournir une solution palliative rapide aux problèmes causés par le manque d'une couverture végétale à enracinement profond, mais le travail du sol répétitif et/ou agressif du sol augmente la vulnérabilité par rapport à l'érosion, diminue la teneur en carbone et en azote organique, minéralise rapidement le stock de nutriments (avec une forte poussée à court terme, mais un appauvrissement long terme) et est hautement préjudiciable aux microorganismes bénéfiques pour la construction du sol, tels les champignons mycorhiziens, et aux ingénieurs du sol invertébrés tels les vers de terre.

La plus forte oxydation de la matière organique causé par un sol nu - en particulier lorsque celui-ci est malmené mécaniquement - 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 - qu'il s'agisse de céréales, de viande bovine, de lait, de viande de mouton, de laine, de coton, de sucre, de noix, de fruits, de légumes, de fleurs, de foin, d'ensilage ou de bois d'œuvre - sont avant tout des cultivateurs de lumière.

Malheureusement au cours des cent-cinquante dernières années, les activités humaines ont réduit considérablement la capacité photosynthétique des sols en diminuant la couverture végétale et en laissant les terres nues plus longtemps. Ces changements ont eu un effet négatif considérable sur la photosynthèse et donc sur la fixation de CO₂. La diminution des surfaces couvertes de plantes et l'augmentation des terres laissées nues qui ont accompagnées la Révolution Industrielle, ont beaucoup réduit la photosynthèse et donc la fixation du CO₂ atmosphérique.

Le transfert du carbone de l'atmosphère vers le sol, via les plantes vertes, représente l'outil le plus puissant dont nous disposons pour restaurer la fonction du sol.

Notre rôle, au sein de la communauté des êtres vivants dont nous faisons partie, est de veiller à ce que la façon dont nous cultivons permette de transférer et de conserver autant d'énergie solaire que possible dans la batterie gigantesque qu'on appelle sol. C'est ce processus qui stimulera la productivité agricole, restaurera le fonctionnement et les services environnementaux de la Nature,

atténuer l'impact des émissions anthropiques de carbone et augmentera la résilience face à la variabilité climatique.

Il ne s'agit pas tant de savoir combien de carbone peut être séquestré par une méthode donnée et dans un lieu donné, mais plutôt combien de sols séquestrent du carbone. Si toutes les terres agricoles, potagères et publiques étaient des puits de carbone, nous pourrions prélever facilement suffisamment de CO₂ pour contrer les émissions provenant de la combustion des carburants fossiles. Tout le monde en profite si les sols agissent comme des puits de carbone, on est tous gagnant. De par nos choix alimentaires, nos pratiques agricoles et la manière de jardiner, nous avons tous la possibilité de peser sur la manière dont les sols sont gérés. Une agriculture rentable, des aliments de qualité riches en nutriments, de l'eau propre et des communautés dynamiques peuvent être les nôtres, ... si c'est bien ça que nous voulons.

N'oublions pas que seules les plantes et les micro-organismes qui leur sont associés peuvent rendre le sol fertile, et que la diversité des plantes et des micro-organismes le rend encore plus fertile !

Annexe

Le sol comme puits de carbone

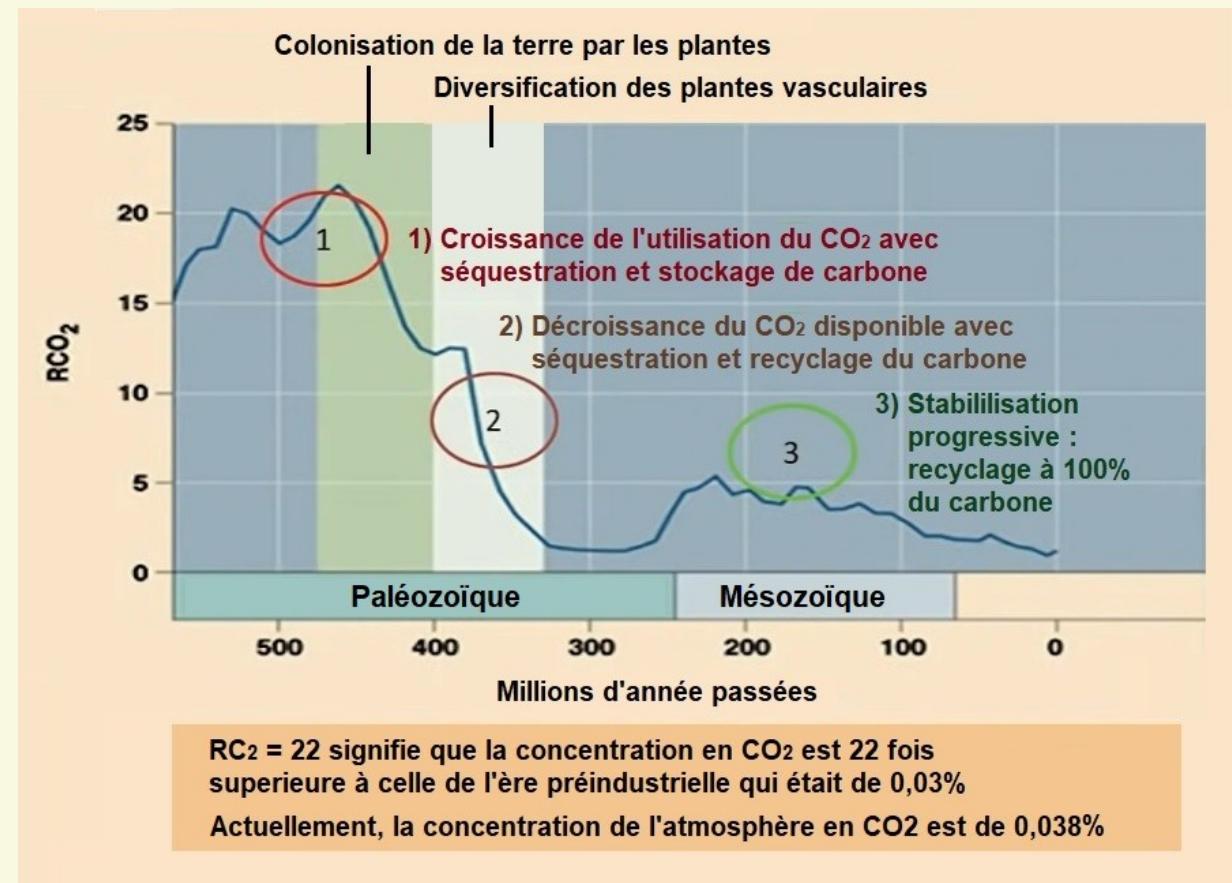
(Ajout du traducteur)

Le sol peut fonctionner comme une source de carbone - en envoyant du carbone vers l'atmosphère - ou comme puits de carbone en absorbant du CO₂ de l'atmosphère. La dynamique de l'équation source-puits est largement déterminée par la gestion du sol.

Au cours des millénaires, un cycle très efficace du carbone s'est développé, cycle dans lequel la capture, le stockage, le transfert, la libération et la récupération d'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.

Le graphique ci-dessous montre la corrélation depuis 500 millions d'années entre :

- d'une part, la colonisation des terres émergées par les plantes, l'évolution et la diversification des plantes et la constitution conjointe des sols,
- et d'autre part, la baisse, puis la stabilisation du taux de CO₂ dans l'atmosphère.



« 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. » (Ulrich Shreier)⁹

Les développements technologiques depuis la Révolution Industrielle ont produit des machines capables d'extraire des quantités considérables 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.

Au cours des 150 dernières années, une grande part des sols agricoles de premier plan dans le monde a perdu entre 30 et 75% de son carbone, ajoutant des milliards de tonnes de CO₂ à l'atmosphère (3).

Ces facteurs ont entraîné la libération de quantités croissantes de CO₂ dans l'atmosphère, tout en détruisant simultanément le plus grand puits naturel de carbone sur lequel nous avons un pouvoir de contrôle.

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

La possibilité d'inverser le mouvement net du CO₂ 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 en comprendre les bases

⁹ Note de Ulrich Shreier, dans sa traduction du texte de Christine Jones

Références

1. 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
2. Pimentel, D. and Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture* 2013, 3, 443-463; doi:10.3390/agriculture3030443
3. 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.
4. 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.
5. Voth, K. (2015). Great “Grass Farmers” Grow Roots. National Grazing Lands Coalition. <http://onpasture.com/2015/11/09/great-grass-farmers-grow-roots/#!prettyPhoto>
6. Crider, F.J. (1955). Root growth stoppage resulting from defoliation of grass. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 1102, 23 p. <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uiug.30112019332508;view=1up;seq=1>
7. Jones, C.E. (2008). Liquid carbon pathway. *Australian Farm Journal*, July 2008, pp. 15-17.
8. 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.
9. Natura, H. (undated). Illinois Native Plant Guide. Root systems of prairie plants.
10. The Plant Guy (2012). Plant ‘Social Networks’- is this why companion planting & intercropping work? <http://www.howplantswork.com/2012/06/13/plant-social-networks-is-thiswhy-companion-planting-inter-cropping-work/>
11. 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. Johnson, D. and Gilbert, L. (2014). Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist*, 205(4): 1448-1453. doi: 10.1111/nph.13115
13. Kelly (2014). Who Knew? Cover Crop Cocktails are Commune Hippies. <https://farmingsweetbay.wordpress.com/2014/06/24/who-knew-cover-crop-cocktails-arecommune-hippies/>
14. Lundgren, J.G and Fausti S.W. (2015). Trading biodiversity for pest problems. *Science Advances* 1(6). doi: 10.1126/sciadv.1500558
15. Smith, S.E, Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, 3rd Edition. Academic Press.
16. Czarnecki, O., Yang, J., Weston D.J., Tuskan, G.A. and Chen, J.G. (2013). A dual role of strigolactones in phosphate acquisition and utilization in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 7681-7701; doi:10.3390/ijms14047681

17. Jones, C.E. (2014). Nitrogen: the double-edged sword. WANTFA New Frontiers in Agriculture. Winter 2014, pp. 58-61. .