



Farming in the 21st Century

a practical approach to improve **Soil Health**

L'agriculture du 21ème siècle - une approche pratique pour améliorer la Santé des sols

Qu'est-ce que la santé du sol ? Pourquoi devrais-je m'en soucier ? Une définition simple de la santé d'un sol étant *sa capacité à fonctionner*, votre sol infiltre-t-il correctement l'eau ? Le cycle des éléments nutritifs est-il capable de nourrir la culture en place ?

Le sol travaille pour vous, si vous travaillez pour le sol. Les pratiques de gestion qui améliorent la santé des sols augmentent la productivité et de la rentabilité immédiate et future. Un sol qui fonctionne bien produit la quantité maximale de grain au moindre coût. Maximiser la santé des sols est essentielle pour maximiser la rentabilité. Le sol ne fonctionnera pas pour vous si vous en abusez.

Le sol est une usine où vivent des travailleurs macroscopiques et microscopiques qui ont besoin de nourriture et d'abris pour faire leur travail. Étonnamment, il y a plus d'organismes dans une cuillère à café de sol qu'il y a de gens sur la terre ; Ainsi, le sol et ses processus sont contrôlés par ces organismes et «l'Usine sol» est alimentée principalement par l'énergie solaire.

Les fermes et les ranchs sont livrés avec le sol, l'eau et la lumière du soleil. Le défi consiste à nourrir le sol, récolter la lumière du soleil cultiver durablement pour vivre maintenant et demain. Le travail du sol, les engrais, le bétail, les pesticides, et d'autres outils de gestion peuvent être utilisés pour améliorer la santé des sols, mais ils peuvent également être nocifs pour le sol s'ils ne sont pas utilisés correctement.

La gestion de la santé du sol (l'amélioration de la fonctionnalité du sol) est surtout une question de maintien d'un habitat adapté à la myriade de créatures qui composent le réseau alimentaire du sol. Ceci peut être accompli en perturbant le sol le moins possible, en implantant le maximum d'espèces végétales, en gardant des plantes vivantes aussi souvent que possible et le sol couvert en permanence.

Travailler dans l'usine

Les fonctions de l'usine sol reposent sur les mêmes principes que toute autre usine. Supposons par exemple que vous deviez construire et exploiter une usine de fabrication de camions pick-up. Comment faire tourner l'usine pour produire le plus grand nombre de camionnettes de qualité au moindre coût chaque année ? Tout d'abord, vous pourriez construire un bâtiment afin de fournir un environnement correct pour vos travailleurs. Ensuite, vous pourriez fournir à vos travailleurs les moyens de vivre dans une belle maison, d'avoir assez de nourriture à manger, et de profiter d'autres avantages pour permettre qu'ils viennent pour travailler et être au top de la productivité chaque jour. Enfin, vous pourriez trouver des moyens de maximiser l'utilisation de l'énergie et des matières premières : ainsi rien n'est perdu ou entravé au cours de la production de camions. Ça sonne bien ... une usine appropriée remplie de travailleurs productifs et qui ne gaspille aucune énergie.

Que faire si notre usine imaginaire de camionnettes est soudainement frappée par une tornade et un tremblement de terre, puis prend feu ? Combien de pick-up de haute qualité pourraient être produits le lendemain, la semaine, le mois ou l'année d'après ? Blessés (ou morts), les travailleurs d'une usine endommagée ne seraient probablement pas en mesure de produire plus que des travailleurs en bonne santé dans une usine

bien bâtie qui fonctionne à plein rendement. C'est le scénario qui est créé lorsque le sol est physiquement perturbé par le labour. La structure du sol et l'habitat des organismes du sol sont détruits, l'infiltration de l'eau est réduite, le ruissellement est augmenté, le sol s'érode, et la productivité baisse.

Le travail du sol est l'équivalent d'un tremblement de terre, d'un ouragan, d'une tornade, et d'un feu de forêt qui se produisent simultanément dans le monde des organismes du sol. Une perturbation physique du sol, telle que le labour avec une charrue, des disques ou un chisel, qui conduit à un sol nu ou compacté, est destructif et perturbant pour les microbes du sol et crée un lieu hostile, alors qu'il devrait être hospitalier pour leur permettre de vivre et de travailler.

Pour le dire simplement, le travail mécanique est mauvais pour le sol. Le sol peut également être perturbé chimiquement ou biologiquement par la mauvaise utilisation des intrants, tels que les engrais et les pesticides. Qu'advient-il lorsque nous fournissons des intrants dans le sol ? Le sol et tous les organismes qui y vivent et y grandissent ont longtemps recyclé les éléments nutritifs des plantes sans intervention humaine. Par conséquent, le sol et les plantes sont très efficaces et ont des moyens sophistiqués de travailler ensemble afin d'assurer leur mutuelle durabilité.

Lorsque nous ajoutons des intrants chimiques dans le sol, nous devons comprendre et respecter le fait qu'il existe des relations entre le sol et les plantes, et que nous pourrions effectivement mettre en place un système inefficace, ou pire, aller vers un échec total. Si des engrais minéraux sont appliqués en excès, les plantes ne développent pas d'associations avec les organismes du sol qui les aident normalement à acquérir eau et nutriments. Alors la « fête est finie » et les engrais de synthèse une fois partis, les plantes sont laissées « à sec » avec peu ou pas d'ouvriers de l'usine sol pour les aider à accéder à l'eau et aux nutriments pour le reste de la saison de croissance. Les plantes consomment alors une énergie précieuse (les sucres) en tentant de rétablir des liens avec les microbes à la moitié de la saison de croissance,

alors que la plante ne devrait mettre d'énergie que dans la floraison et le développement des graines pour produire du rendement. En appliquant des engrais en excès, en particulier l'azote ou le phosphore, nous créons des plantes qui sont très inefficaces parce qu'elles essaient de fonctionner sans le système de soutien du sol avec lequel elles évoluent.

En réduisant les apports de nutriments, nous pouvons profiter des cycles de nutriments dans le sol pour nourrir les cultures et permettre aux plantes de faire des associations essentielles avec les organismes du sol. C'est une garantie que les plantes pourront réaliser leur plein potentiel, et le sol exécute la totalité de ses fonctions à plein régime.

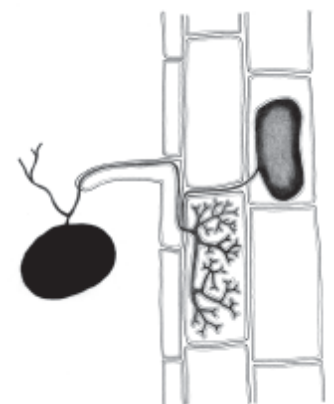
Si nous reconnaissons la complexité de la vie dans le sol et travaillons avec elle au lieu de la déranger, nous pourrions exploiter un moteur formidable pour la production biologique (les cultures en croissance).

Les travailleurs de l'« Usine sol » peuvent être plus encore plus productifs quand ils ont un environnement de travail adapté avec une ample provision d'énergie. Quand ils sont plus productifs, l'agriculture est plus rentable.

Symbiose et mutualisme

En association avec des bactéries rhizobium, les légumineuses, telles que le trèfle incarnat (au premier plan) convertissent l'azote atmosphérique en l'ammoniac, après s'être implantées dans les nodules des racines des légumineuses.

Les champignons mycorhiziens vivent dans les racines des plantes et les aident à absorber les nutriments du sol. (Image fournie par le Dr



James Nardi, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign.

L'une des relations les plus bénéfiques entre plantes et organismes du sol est l'acquisition de l'azote atmosphérique par une variété d'organismes, les bactéries *Rhizobium*, qui vivent en symbiose avec les légumineuses, telles que les haricots, le trèfle et la vesce. Lorsque ces organismes meurent, ou que les plantes avec lesquelles elles sont associées retournent au sol (feuilles, pousses, tiges ou racines), cet azote devient partie intégrante du sol.

Un autre exemple implique un groupe de champignons (mycorhizes arbusculaires) qui sont une extension de l'usine « système racinaire », formant des pipelines dans le sol pour aller chercher des nutriments et de l'eau que les racines de la plante ne peuvent pas atteindre. Comme avec les bactéries qui fixent azote, les champignons sont nourris de sucres par les plantes et conservent ainsi l'association de travail.

Diversifier les cultures

Un sol qui fonctionne dépend de la circulation efficace de l'énergie lumineuse provenant du soleil. En utilisant la chlorophylle pour absorber l'énergie de la lumière du soleil, les plantes vertes transforment le dioxyde de carbone de l'atmosphère et l'eau en hydrates de carbone (amidon, sucres, lignine, cellulose) dans un processus appelé photosynthèse.

L'énergie lumineuse du soleil est stockée dans ces composés de carbone, qui fournissent les blocs de construction pour les racines des plantes, les tiges, les feuilles et les graines.

Il existe deux mécanismes principaux permettant au carbone d'entrer dans le sol et de nourrir la chaîne alimentaire du sol. Le premier est basé sur l'association entre les plantes et des types particuliers de microbes : les sucres issus de la photosynthèse sont libérés par les racines et négociés aux microbes contre des éléments nutritifs qui favorisent la croissance des plantes. Le second mécanisme est fondé sur la décomposition des végétaux morts sur le sol par l'activité

biologique, comme les feuilles, les tiges et les racines, qui libèrent ensuite le carbone dans le sol dans leurs déchets ou quand ils meurent et se décomposent à leur tour. De cette façon, le carbone qui était autrefois dans l'atmosphère est transféré dans le sol sous forme de matières organiques.

Les microorganismes du sol sont responsables de la décomposition de la matière organique et libèrent ainsi les nutriments végétaux disponibles. Une diversité de glucides végétaux est nécessaire pour faire vivre la diversité des microorganismes qui vivent dans le sol. Pour atteindre ce niveau de diversité, différentes plantes doivent donc être cultivées. La clé pour améliorer la santé des sols, est que les chaînes alimentaires et de l'énergie se composent de plusieurs types de plantes ou d'animaux, pas seulement d'une ou deux. Un principe directeur est que la diversité sur le sol (plantes) est égale à la diversité dans le sol (la chaîne alimentaire du sol). L'établissement d'une rotation diversifiée des cultures est un excellent moyen d'accroître la diversité de la chaîne alimentaire du sol.

La biodiversité, c'est finalement la clé du succès de tout système agricole. Le manque de diversité limite considérablement le potentiel d'un système de culture et augmente les problèmes de maladies et de ravageurs. Un fonctionnement diversifié permet au sol d'exprimer tout son potentiel en ayant une chaîne alimentaire du sol qui prend en charge efficacement le cycle des nutriments, de l'énergie et de l'eau. Accroître la diversité des cultures, et des cultures de couverture, augmente la santé des sols et la fonctionnalité des sols, réduit les coûts des intrants et augmente la rentabilité.

Travailler dans l'Usine

Dans une usine de fabrication de camionnettes, il y a une chaîne de montage pour la construction et l'installation du moteur et une autre pour le système électrique. Les travailleurs dans ces lignes ont des besoins différents pour accomplir leurs tâches. De même, l'usine sol contient des lignes d'assemblage avec des travailleurs qualifiés qui transforment les matières premières en carbone,

l'oxygène, l'azote, le phosphore, les oligoéléments, et de l'eau dont les plantes ont besoin. Ces lignes d'assemblage nécessitent de grandes populations de travailleurs diversifiés pour fonctionner correctement, et ces divers travailleurs exigent donc de la diversité dans leur alimentation, tout au long de l'année et dans des conditions de sol optimales.

Outils de mesure de la diversité dans les rotations

- *La puissance derrière rotations de cultures : un guide pour les producteurs*, par le Dr Dwayne Beck, South Dakota State University, Dakota Lakes Farm Research : [outil](http://www.dakotalakes.com/crop_rotations.htm) à http://www.dakotalakes.com/crop_rotations.htm
- Télécharger un tableur pour faire le calcul de la diversité et de l'intensité des rotations : <http://www.ag.ndsu.nodak.edu / Dickinson / agronomie / Jons%20worksheet.htm>
- Utilisez la calculatrice de séquence des cultures ARS USDA pour aider à la rotation des cultures et à la gestion des résidus : <http://www.ars.usda.gov/Services / docs.htm? Docid = 10791>



Ce mélange de cultures de couverture de sarrasin, niébé, soja et millet nourrit le système sol avec de la diversité dans la profondeur d'enracinement, la structure de la racine, les exsudats organiques, et la qualité de la biomasse, en créant des niches d'habitat pour stimuler la diversité des micro-organismes qui vivent dans le sol.

Cultivez des racines vivantes toute l'année pour nourrir les organismes du sol

La chaîne alimentaire du sol est une association complexe d'organismes responsables de la décomposition des résidus de récolte et du recyclage des éléments nutritifs disponibles pour les plantes dans le sol. Tous organisme vivant a soit quelque chose à manger, soit quelque chose qui le mange. Il existe de nombreuses sources de nourriture dans le sol qui nourrissent la chaîne alimentaire du sol, mais il n'ya pas de meilleure nourriture que les sucres exsudés par les racines vivantes.

Les plantes vivantes maintiennent une rhizosphère, une zone de concentré d'activité microbienne près de la racine. La rhizosphère est la partie la plus active de l'usine sol, car c'est là que la nourriture est le plus facile d'accès, et c'est là que le recyclage microbien des nutriments et de l'eau se produit. Des aliments sont exsudés par les racines des plantes pour attirer et nourrir les microbes qui fournissent des nutriments (et d'autres composés) à l'interface racine-sol où la plante peut les prélever facilement. Les racines vivantes doivent fournir une source optimale de nourriture pour les microbes du sol, autant que possible pendant la saison de croissance : des cultures de plus en plus longues, ou une culture courte suivie d'une culture de couverture, permet d'alimenter les espèces « de fondation » de la chaîne alimentaire du sol.

Lorsque le carbone n'est pas disponible à partir de racines vivantes, le cycle des éléments nutritifs et de l'eau se déroule sur un rythme beaucoup plus lent. Le processus est lent parce que les microbes impliqués ont plus de travail à faire, allouant souvent de l'énergie ou des tâches à d'autres organismes. Les organismes du sol se nourrissent d'abord de sucres à partir de racines de plantes vivantes. Ensuite, ils se nourrissent des racines des plantes mortes, puis par les résidus aériens des cultures, tels que la paille, paille, balles, les tiges, les fleurs et les feuilles. Enfin, ils se nourrissent de la matière organique. Les racines des plantes mortes et les résidus de récolte doivent d'abord être déchiquetés par microarthropodes du sol, tels que les acariens, collemboles, cloportes, perce-oreilles,

des coléoptères et des fourmis. Les résidus de récolte doivent ensuite être transportés à partir de la surface du sol à la « salle des machines » par de longues files de plusieurs organismes jusqu'aux racines des plantes. La matière organique humique doit être traitée par une large gamme d'organismes avant que les nutriments enfermés dans ce matériau soit disponible pour la plante.

Un sol sain dépend de la façon dont l'activité biologique du sol est alimentée. Il faut fournir suffisamment de nourriture facilement accessible aux microbes du sol, ce qui les aide à réaliser efficacement le cycle des nutriments dont les plantes ont besoin pour grandir. Les sucres émis par les racines des plantes vivantes, les racines mortes récemment, les résidus de cultures et la matière organique assurent des aliments nombreux et variés pour les membres de la chaîne alimentaire du sol. Alors que la devise du Service de Conservation des Ressources des Parcs Naturels est « *aider les gens à aider la terre* », la devise de l'agriculteur pourrait être « *aider les microbes à aider les plantes* », en fournissant aux microbes du sol le meilleur habitat possible, y compris la nourriture.

carbone de l'atmosphère. Les autres organismes du sol obtiennent leur énergie et leur carbone en consommant celui trouvé dans les plantes, les autres organismes et les déchets sous-produits.

Comme les organismes décomposent des matériaux complexes, ou consomment d'autres organismes, les substances nutritives sont progressivement converties d'une forme à une autre, et sont mis à la disposition des plantes et des autres organismes du sol.

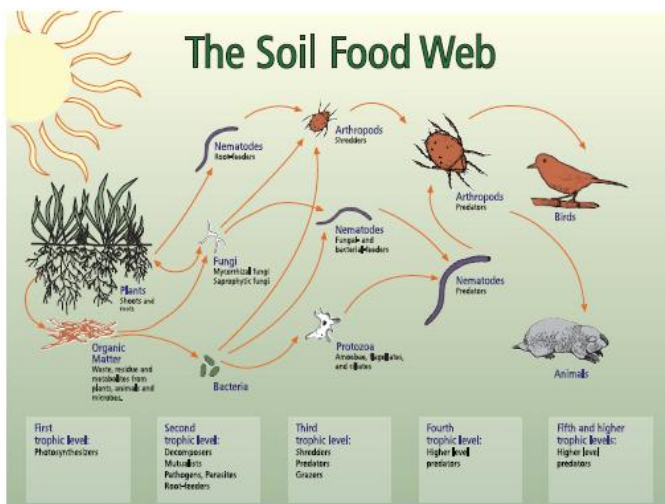
Soil Biology Primer [en ligne]. Disponible: [soils.usda.gov / SQI / concepts / soil_biology / biology.html](http://soils.usda.gov/SQI/concepts/soil_biology/biology.html) [Septembre 2010].

Gardez le sol couvert autant que possible

La couverture du sol conserve l'humidité, intercepte les gouttes de pluie et réduit leur impact destructeur, supprime la croissance des mauvaises herbes et fournit un habitat pour les membres de la chaîne alimentaire du sol qui passent au moins une partie de leur temps à la surface du sol. Cela est vrai, indépendamment de l'utilisation que l'on fait des terres : terres agricoles, champs de foin, pâturage, ou jachère. Si l'amélioration de la santé des sols est votre objectif, vous ne devriez pas voir le sol très souvent.

Le sol doit toujours être recouvert par les plantes et / ou par leurs résidus et il faut qu'il soit rarement visible d'en haut. La couverture du sol ne peut pas être considérée comme acquise : même dans un système sans labour, il ya des moments où la couverture du sol peut manquer à cause des méthodes de récolte des cultures, des quantités de résidus produits et de leur faible teneur en carbone qui les font se décomposer rapidement.

La couverture du sol empêche les agrégats du sol de « prendre une raclée » par la force d'impact des gouttes de pluie. Même un sol sain avec des agrégats stables à l'eau (tenue ensemble par des colles biologiques) et qui peut résister à une humectation par la pluie, peut ne pas être capable de résister à un « pilonnage » de gouttes de pluie. Lorsque les granulats d'un sol stable à l'eau sont couverts par des résidus de la culture ou des plantes vivantes, ils sont protégés de la



From Soil Biology Primer [online]. Available: soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/biology.html [September 2010].

La chaîne alimentaire du sol est la communauté des organismes qui vivent tout ou partie de leur vie dans le sol. Le schéma de la chaîne alimentaire montre une série de conversions d'énergie et de nutriments qui se passe lorsqu'un organisme en mange un autre. La chaîne est alimentée par les plantes et autres organismes qui utilisent l'énergie de la lumière du soleil pour fixer le dioxyde de

désintégration et de l'énergie de martèlement des gouttes de pluie. Lorsque les granulats du sol restent intacts à la surface du sol, l'eau s'infiltré dans le sol et devient disponible pour les racines des plantes.

Un paillis de résidus de cultures à la surface du sol supprime les mauvaises herbes en début de culture et donne à la récolte prévue un avantage. Ceci est particulièrement le cas lorsqu'une culture de couverture est roulée et peut couvrir intégralement la surface du sol le plus longtemps possible. Il permet aussi de garder le sol frais et humide, ce qui fournit un habitat favorable pour de nombreux organismes qui commencent immédiatement la décomposition des résidus en petits morceaux. Si ces « broyeurs » ont un bon habitat ils peuvent augmenter la décomposition des résidus, et donc le recyclage des nutriments jusqu'à 25%.

Garder le sol couvert tout en laissant les résidus de récolte se décomposer (pour que leurs nutriments soient recyclés dans le sol) demande d'agir un peu sur les équilibres. Les producteurs doivent accorder une attention particulière à leur rotation de cultures (y compris les plantes de couverture), à la gestion des résidus pour garder le sol couvert et alimenté en même temps.

Le saviez-vous?

La sous-région des hautes plaines de la Grande Plaine est caractérisée par des prairies à herbes courtes en climat semi-aride. Les changements extrêmes de température et les vents violents peuvent avoir des effets drastiques et dévastateurs sur les sols exposés. Dans les Hautes Plaines, plus de 65% du sol doit rester couvert afin de limiter l'évaporation de l'eau. Dans cette zone de précipitations limitées (pluviométrie moyenne est de 250 à 500 mm/an), le maintien de la couverture du sol est une stratégie de gestion importante pour assurer une production agricole rentable. Le sol nu se réchauffe rapidement au soleil ; et plus il fait chaud, plus l'eau plus s'évapore rapidement. Cela conduit à des pertes d'eau mais laisse en plus des croûtes de sels à la surface du sol. La couche de

résidus limite également l'effet du vent et piège la neige pendant l'hiver.



Navet (ci-dessus) et le radis fourrager (ci-dessous) sont des cultures de couverture qui peuvent fournir beaucoup de biomasse aérienne et souterraine ; et leur action de « bio-forage » pénètre les couches compactées pour améliorer la santé des sols.





La couche de résidus protège le sol de l'impact des gouttes de pluie, le garde frais et humide pour les organismes du sol, et supprime la croissance des mauvaises herbes. Sur la photo: seigle roulé avec un cultipacker pour créer une couverture de résidus.



Le sol doit être recouvert de plantes vivantes ou de résidus à tout moment. Les résidus de haute qualité des légumineuses se décomposent relativement rapidement. Sur la photo: vesce velue.

**La santé des sols pour vos fermes et vos élevages
... pour vous! Une gestion axée sur la Santé des
sols doit commencer par changer la façon dont
vous pensez le Sol ...**

La clé pour construire la santé des sols est d'abord de comprendre que le sol est un système biologique. La santé des sols est améliorée en perturbant le sol le moins possible, avec une diversité de plus en plus grande des cultures (dans la rotation et aussi dans les mélanges de cultures de couverture), le maintien de racines vivantes dans le sol autant que possible (dans les cultures et les cultures de couverture), et de maintenir le terrain recouvert de résidus à tout moment.

Les semoirs, les semences, les engrais, les pesticides, le bétail, les clôtures, l'eau, les instruments aratoires, etc. ... sont tous des outils qui peuvent être utilisés pour gérer l'habitat du sol au profit de la vie des membres de la chaîne alimentaire du sol. Les organismes de la chaîne alimentaire du sol assurent les cycles de nutriments et la libération de colles organiques pour accroître la stabilité globale des sols. Les agrégats du sol fournissent à ces organismes un habitat protégé. Les agrégats stables du sol sont essentiels pour l'infiltration d'eau et l'échange des gaz, qui sont toutes deux indispensables pour optimiser la production.

De nombreux sols ont une infiltration d'eau problématique qui provoque un ruissellement et une perte d'eau. Si la santé des sols est améliorée, la structure du sol améliore l'infiltration de l'eau, diminue le ruissellement, conduit à moins ou pas d'érosion, et réduit l'incidence des inondations et de la sédimentation.



Septembre 2010. Développé par l'équipe nationale de qualité des sols et de développement de la technologie, avec des contributions du NRCS du Dakota du Nord. Le département américain de l'Agriculture (USDA) interdit la discrimination dans tous ses programmes et activités sur la base de la race, la couleur, l'origine nationale, le sexe, la religion, l'âge, le handicap, les convictions politiques, l'orientation sexuelle, l'état matrimonial ou familial. (tous les interdits de bases s'appliquent à tous les programmes.) Les personnes handicapées qui ont besoin d'autres moyens de communication (Braille, gros caractères, cassette audio, etc) devraient communiquer avec le centre de l'USDA spécialisé au (202) 720-2600 (voix et ATS). Pour déposer une plainte de discrimination, écrivez à USDA, Director, Office of Civil Rights, Salle 326-W, Whitten Building, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20250-9410 ou composez le (202) 720-5964 (voix et ATS). L'USDA est un fournisseur de l'égalité des chances et de l'employeur.