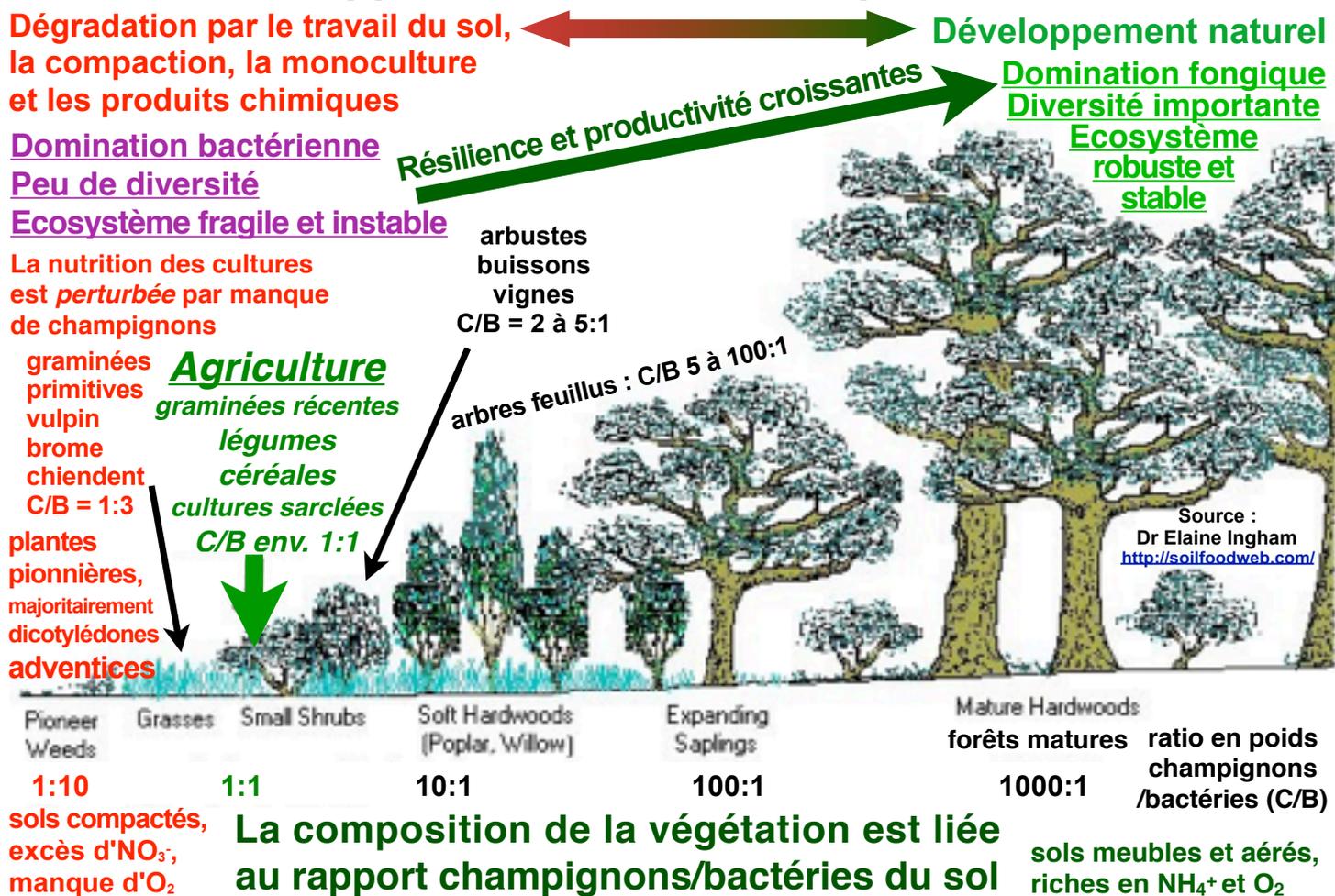


# Est-ce que notre agriculture fait la vie belle aux adventices et aux ravageurs ?

Elaine Ingham, une biologiste américaine de réputation mondiale, connue aussi pour ses travaux sur le réseau alimentaire du sol (Soil Food Web), le thé de compost et la fertilisation foliaire, a étudié des milliers d'échantillons de sol à travers le Globe. Cette étude a notamment révélé une **relation entre les propriétés chimiques et micro-biologiques du sol et le type de plantes qui y poussent, chaque plante étant accompagnée d'un "cheptel" micro-biologique caractéristique**. Un phénomène particulièrement intéressant concerne la corrélation entre le type de végétation qui se développe sur un lieu d'une part et le ratio champignons/bactéries de l'autre.

## Le développement successif des plantes et du sol



Dans la nuit des temps, le monde végétal a débuté avec quelques plantes primitives telles que les lichens et les mousses qui se développaient sur un substrat minéral en symbiose avec une multitude de bactéries capables d'attaquer et de solubiliser la roche. Au fil des années, cette végétation primitive a produit de la matière organique et a évolué vers des formes et des

**SALPÊTRER** [salpêtre]. v. tr. (1585, p. p.; de salpêtre).  
 ♦ 1° Couvrir d'efflorescences de salpêtre. — Au p. p. « Les murs salpêtrés, verdâtres et fendus répandaient une si forte humidité... » (BALZ). ♦ 2° Mêler du salpêtre à la terre pour la rendre ferme et imperméable. *Salpêtrer une allée.*

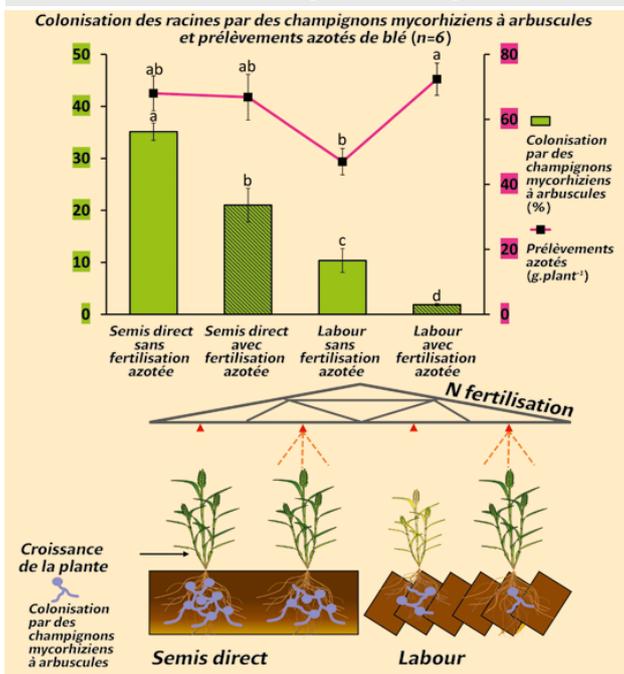
**Du Petit Robert** : cet effet des nitrates (salpêtre = KNO<sub>3</sub> ou nitrate de potassium) qui casse la structure du sol et permet de rendre une allée ferme et carrossable n'est guère une qualité souhaitable pour une terre agricole !

microbiotes de plus en plus com-

plexes ainsi que des sols de plus en plus riches en matières organiques et en champignons, le rapport champignons/bactéries pouvant atteindre 1000 sur 1 dans certaines forêts matures<sup>1</sup>. Au cours de cette évolution vers des écosystèmes de plus en plus diversifiés et complexes, de plus en plus stables et résilients, sont apparues **les plantes dites "pionnières"** qui, majoritairement dicotylédones suivies des premières graminées primitives (vulpin, brome, chiendent), **sont les frères et les soeurs de nos adventices**, appelés par certains les "infirmières" ou les "médecins" des sols malades.



### L'impact négatif du travail du sol et de la fertilisation azotée sur la symbiose mycorhizienne



Ces travaux menés par l'université de Picardie Jules Verne sur une rotation de 5 ans de blé d'hiver/pois/maïs/blé/lin comportant peu de retours organiques, montrent l'impact évident à la fois du travail du sol sur la symbiose mycorhizienne, mais aussi la fertilisation azotée.

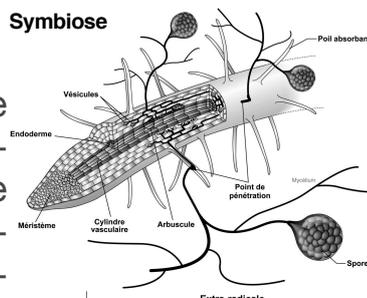
Ils montrent qu'en absence de fertilisation azotée sur 5 années, les plantes de blé mycorhizées en semis direct sous couvert (SDSCV) sont capables de prélever autant d'azote que les parcelles ayant reçu des engrais azotés pendant 5 années alors que dans les systèmes "labour + rotative", les plantes de blé ne sont pas capables de maintenir une telle capacité d'absorption de l'azote dû à la faiblesse du taux de mycorhization des plantes de blé des systèmes labourés.

Verzeaux, Tétu et al.: [No-Till Increases Mycorrhizal Colonization](#)

**Leur rôle est de préparer (...ou de réparer) le terrain pour nos plantes culturales** qui, pour la plupart d'entre elles, se développent le mieux dans une terre riche en matières organiques et en champignons avec un rapport champignons/bactéries aux alentours de 0,5 à 1. Toute déviation importante vers une domination bactérienne et un milieu riche en nitrate et pauvre en oxygène telle qu'elle est provoquée par une grande partie des pratiques agricoles, déstabilise l'écosystème. Le corolaire de ce processus sont des cultures fragilisées et une prolifération d'adventices et de prédateurs dont notamment de limaces. Cette dégradation affecte aussi la qualité des productions et, par voie de conséquence, la santé des animaux et des humains qui en dépendent pour leur nourriture.

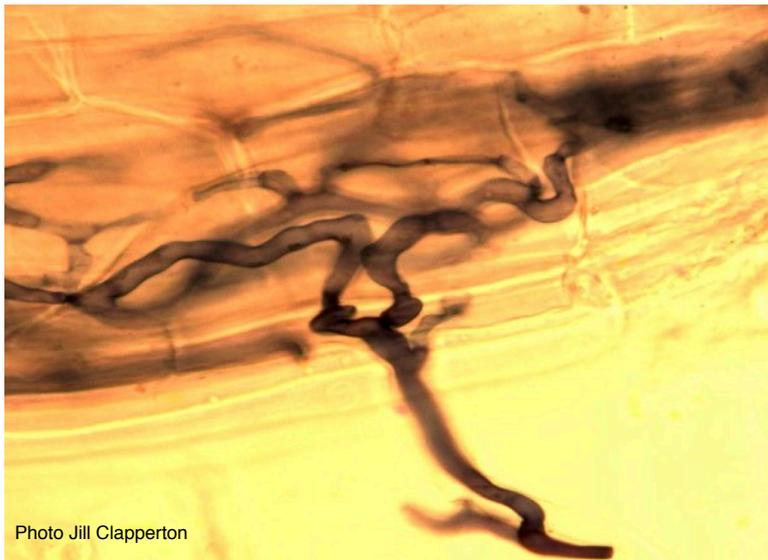
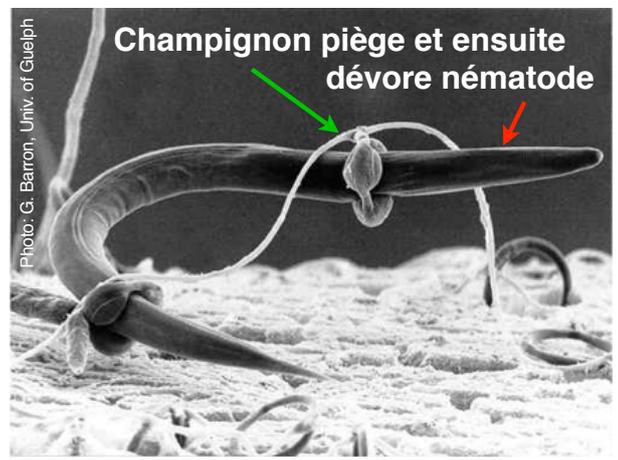
## Le monde merveilleux des champignons

Les mycorhizes, une catégorie de champignons arborescents particulièrement importante, mais ô combien fragiles, vivent en symbiose avec les racines des plantes et constituent aussi bien le réseau routier que le réseau de communication du sol. En échange d'exsudats riches en glucides, leur source d'é-



<sup>1</sup> Ce même processus de succession écologique se met en route dès qu'un sol est mis à nu par un évènement tel que le feu, une inondation, un éboulement ou une intervention humaine. C'est ainsi qu'un terrain laissé en friche va se couvrir peu à peu d'une végétation de plus en plus diversifiée et de plus en plus riche pour, en fonction des conditions climatiques et pédologiques du lieu, évoluer vers la forêt.

ergie, *ils jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement des cultures en eau et en nutriments*. Dans ce contexte, ils se trouvent au centre des liens mutualistes qui se tissent entre la plante et le "cheptel" microbien de sa rhizosphère dont l'étendue et la richesse se trouvent fortement augmentées par leurs services. Les mycorhizes sont aussi la source de la glomaline, une glycoprotéine hydrophobe et collante présente à la surface des spores et des mycéliums. C'est une "colle" essentielle pour la cohésion des agrégats, les propriétés physiques du sol et la séquestration de carbone. D'autres fonctions des mycéliums sont la décomposition et le recyclage des résidus végétaux, la détoxification (mycotoxines, vecteurs de maladies cryptogamiques, résidus de produits chimiques, etc.), le contrôle de prédateurs et de maladies, la gestion et le transport de l'eau et de nutriments dont notamment l'azote et le phosphore. Quant à l'azote, il y a des publications récentes qui montrent le revers de la médaille de la fertilisation minérale et la manière dont celle-ci perturbe l'assimilation de l'azote atmosphérique et la fertilité du sol, plus les doses d'engrais sont importantes plus les dégâts et les pertes de matières organiques le sont aussi (S. A. Khan et al. ([The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration](#))). Ce type d'engrais synthétique freine également le développement racinaire des plantes, participe à la minéralisation des matières organiques et nuit à la stabilité structurale du sol, y compris en profondeur<sup>2</sup>.



#### Section d'une racine montrant les hyphes mycorhiziens

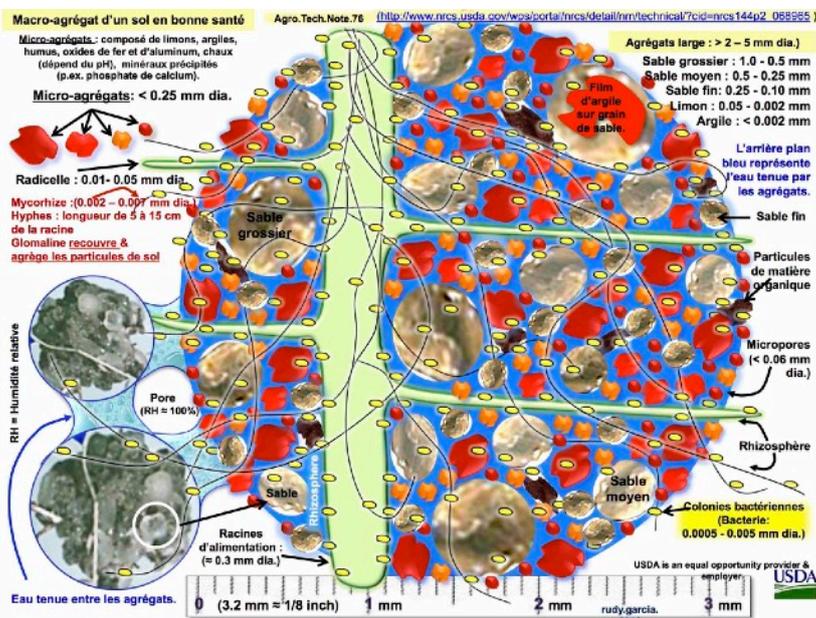
Les mycorhizes transportent de l'énergie solaire sous forme d'exsudats racinaires ("carbone liquide") vers une vaste communauté de microorganismes impliqués dans la nutrition des plantes et le contrôle de maladies. En échange de substances carbonées, leur source d'énergie, ces microbes fournissent à la plante qui les nourrit de l'azote organique, du phosphore, du soufre, du potassium, du calcium, du magnésium, du fer et des oligoéléments tels que le zinc, le manganèse et le cuivre. Or, ces transferts de nutriments sont inhibés par l'azote et le phosphore inorganiques.

Extrait de [Nitrogen, the double-edged sword](#) du Dr C. Jones

### Pas de séquestration de carbone sans fixation biologique d'azote

D'après les travaux de la biologiste et agronome australienne Dr. Christine Jones, *la fixation biologique du carbone par la photosynthèse et l'assimilation de l'azote atmosphérique par les micro-organismes du sol sont intimement liées et se trouvent au coeur même du fonctionnement de la Nature et de sa capacité de rendre la vie sur terre possible*. Dans cette symbiose la plante fournit l'énergie issue de la photosynthèse sous forme d'exsudats racinaires riches en glucides, alors qu'une série de micro-organismes du sol fixent l'azote de l'air

<sup>2</sup> Ce danger existe aussi en agriculture biologique avec l'emploi de lisier frais, de vinasse ou de guano (voir [l'essai comparatif](#) entre lisier frais, lisier aéré + bentonite et lisier aéré + bentonite + préparations biodynamiques)



### Représentation schématique d'un macro-agrégat de sol

Son rôle est essentiel pour la bonne structure du sol, l'aération, l'infiltration et le stockage de l'eau, la fixation biologique de l'azote et la séquestration du carbone.

La ligne verticale verte est une racine d'alimentation fine et les lignes horizontales vertes sont des cheveux radiculaires. L'assortiment de particules rouges et orange sont des micro-agrégats tandis que les formes brunes dispersées représentent des particules de matière organique. Les sphères de couleur claire sont des grains de sable de diverses tailles, souvent revêtus d'oxydes de fer et d'aluminium, tandis que les petites ellipses jaunes sont des colonies bactériennes, y compris des fixateurs d'azote et des espèces qui solubilisent le phosphore. Les brins fins qui vont dans toutes les directions sont les hyphes des champignons mycorhiziens, essentiels à la cohésion des particules de sol et à l'apport de la nourriture carbonées aux communautés microbiennes à l'intérieur des agrégats.

Selon le pH du sol, il y aura également des précipitats minéraux tels que le phosphate de fer et de calcium. Le fond bleu est l'eau contenue dans l'agrégat.

Illustration de Rudy Garcia, USDA-NRCS

sous forme de molécules organiques, les transferts entre racines et microbes fixateurs d'azote étant assuré par les filaments des mycorhizes (voir l'image sur la page précédente). **Le processus d'échange entre plantes, mycorhizes et bactéries est essentiel pour la séquestration de carbone** étant donné qu'il se trouve au coeur de la synthèse de complexes carbonés stables, c'est à dire de complexes et d'agrégats de sol qui ne sont ni lessivables ni volatilissables. Or, comme l'azote minéral à haute dose et le travail du sol agressif perturbent non seulement cette symbiose, mais minéralise également la matière carbonée existante, il n'est pas étonnant que les taux de matières organiques des sols céréaliers ne cessent de chuter et atteignent souvent des niveaux alarmants.

D'après C. Jones, ce n'est pas l'azote fixé par les nodules des légumineuses, ni celui apporté sous forme de compost ou d'engrais, y compris organiques, qui servirait directement à la formation de complexes carbonés stables, mais uniquement celui assimilé par les bactéries fixatrices d'azotes qui vivent à l'intérieur des agrégats de

sol et sont nourries de manière symbiotiques par les glucides des exsudats racinaires. Il semblerait même que, par un effet de minéralisation proche de celui lié à l'azote synthétique, l'azote fixé par les légumineuses cultivées seules sans la présence d'autres plantes, notamment de graminées, a aussi un effet minéralisant et dégrade la structure du sol, d'où **l'importance d'avoir toujours une présence d'autres plantes et surtout de graminées dans les cultures (sous-semis) et inter-cultures**. Bien que l'azote fixé par les légumineuses et celui issu de la décomposition de déchets végétaux et animaux ne contribuent pas directement à l'élaboration de complexes organiques stables, ce sont évidemment d'excellentes sources d'azote organique pour les plantes ainsi que pour d'autres processus assurant le bon fonctionnement du sol.

En plus de perturber l'écosystème plante-sol, d'empêcher la formation d'agrégats de sol stables et d'être un obstacle à la séquestration de carbone, les engrais azotés solubles sont aussi une source importante de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), un gaz toxique dont l'effet de serre est environ 300 fois plus important que celui du CO<sub>2</sub>. Par cette volatilisation ainsi que par lessivage les pertes d'azote peuvent être de l'ordre de 60 à 90 %, seulement 10 à 40 % étant absorbés par les plantes. La situation est pire encore pour les engrais à base de phosphates solubilisés tels qu'ils sont proposés par l'industrie chimique. Sans biologie du sol adéquate, seulement 10 à 15 % finissent par être accessible aux plantes et au moins 80% vont former des composés insolubles avec des constituants du sol à base d'aluminium, de fer, de calcium et de certains oligo-éléments. Bref, autant pour l'azote que pour certains oligo-éléments et le phosphore, ce talon d'Achille de l'agriculture moderne, le gâchis et les préjudices agronomiques sont considérables (C. E. JONES - 2014).

## La distinction entre azote synthétique et azote biologique a toujours été un sujet central en biodynamie

Dans son "Cours aux agriculteurs" de 1924, Rudolf Steiner, scientifique, philosophe et visionnaire autrichien, était parmi les premiers à parler de l'action néfaste des engrais minéraux, notamment des engrais azotés synthétisés à partir du processus Haber-Bosch, sur la vie et les forces organisatrices du sol et, par voie de conséquence, sur la santé des plantes, des animaux et des humains qui en dépendent pour leur nourriture. A l'origine de l'[agriculture biodynamique](#), première en date des impulsions agro-écologiques et des méthodes agricoles dites biologiques, Steiner a proposé une série de substances informantes d'une conception nouvelle (préparations biodynamiques) qui, employées à de très faibles doses, agissent sur les processus métaboliques et de structuration du sol et des plantes. Accompagnées de bonnes pratiques agricoles, ces substances aident à régénérer des sols dégradés en très peu de temps et avec très peu de moyens.



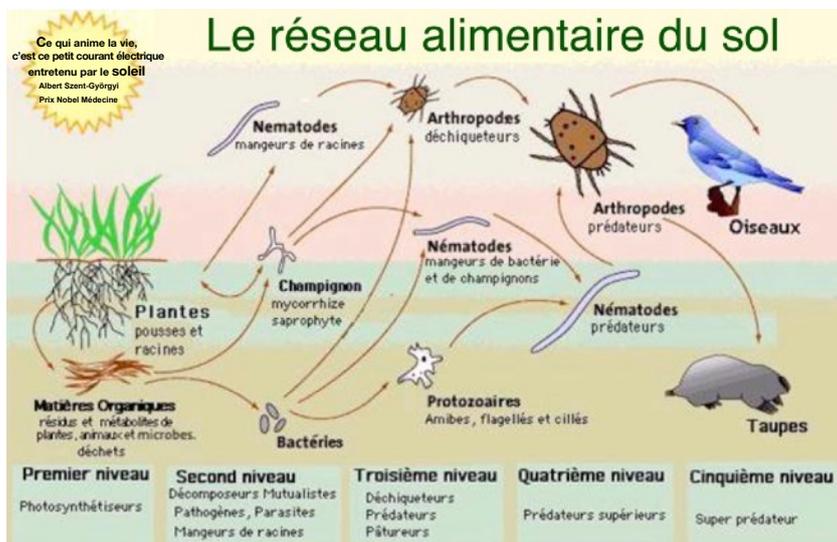
Le sol biodynamique est plus foncé, plus humifié et mieux structuré. Il résiste donc mieux à l'érosion et garde mieux l'humidité, aussi bien superficiellement qu'en profondeur.

Sauf pour la pulvérisation des préparations biodynamiques bouse de corne (500P à 100g/ha dans 35 l d'eau) et silice de corne (501 à 4g/ha dans 35 l d'eau), la conduite des deux parcelles a été identique.

Désormais un domaine d'une grande actualité grâce aux découvertes récentes quant au [rôle du microbiote intestinal pour la santé et le bien-être](#)<sup>3</sup>, Steiner était aussi parmi les premiers à parler du rôle clé de l'alimentation ainsi que de l'importance de l'agriculture et de la qualité de ses productions pour la santé, aussi bien physique que psychique et mentale. Par la qualité de la nourriture qu'elle produit, son rôle économique, environnemental et sociétal, l'agriculture a donc un rôle clé à jouer.

## Il n'y a pas de vie sans micro-organismes

Bien qu'on parle le plus souvent de l'effet délétère de l'agriculture moderne sur



Les glucides issus de la photosynthèse sont la nourriture principale des champignons et des bactéries qui forment la base du réseau alimentaire. Véhiculés par la sève des plantes et relargués au sol par les racines, ces glucides alimentent aussi bien le métabolisme énergétique que chimique et biologique de ces microorganismes. Par ce biais, la masse, la qualité et la diversité de la végétation a un effet direct sur la richesse, la santé et le bon fonctionnement du réseau alimentaire et sur tout le monde qui en dépend pour sa nourriture, y compris les animaux d'élevage et l'homme.

les insectes pollinisateurs et aux vers de terre, les dégâts que les techniques agricoles et les produits chimiques occasionnent au niveau des micro-organismes (env. 80% en poids de l'[édaphon](#)) et notamment au niveau du monde filamenteux des champignons (env. 40%), sont encore bien plus préoccupants. Les produits de synthèse et la mécanisation lourde sabrent en fait la base et le cœur même de la pyramide biologique, c'est à dire la partie invisible de ses rouages et de son réseau alimentaire (réseau trophique). Or, c'est sur eux que s'appuient non seulement la méso- et la macro-faune du sol ainsi que le monde des insectes (vers de terre, carabes, fourmis, collemboles, acariens, abeilles, bourdons, etc.), mais aussi les plantes, les animaux et l'homme. Il y a une situation similaire au niveau des océans où c'est le phytoplancton avec sa capacité photosynthétique qui constitue la base du réseau alimentaire.

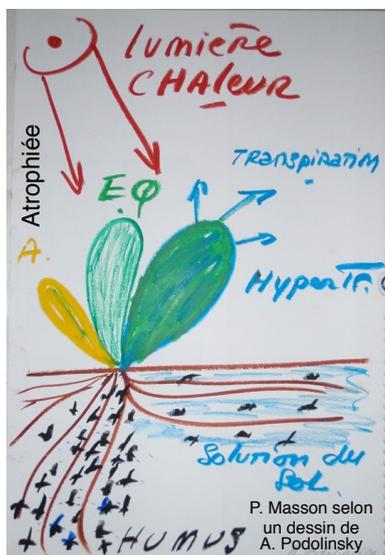
## On s'entête à combattre les symptômes au lieu de s'intéresser aux causes !

"L'histoire de chaque nation s'écrit finalement de la manière dont elle prend soin de ses sols"

Franklin D. Roosevelt,  
Président américain 1933-1945

***En détruisant mécaniquement et chimiquement la structure, l'équilibre chimique et la biologie du sol, on remonte le temps vers une époque dominée par les bactéries et les plantes pionnières.*** Or, par ce pas en arrière et notamment

<sup>3</sup> Lire à ce sujet le livre "[Jamais seul](#)" de Marc-André Selosse, Editions Actes du Sud - ISBN 978-2-330-07749-5



### L'évapotranspiration

L'absorption d'eau par les racines et sa transpiration par les feuilles est pour la plante une nécessité aussi absolue que pour nous la respiration, cet inspire et expire permanent. Mais si l'eau contient des engrais solubles, la plante est contrainte de se gaver en même temps de sels. C'est alors la porte grande ouverte au stress, aux tissus hypertrophiés, aux maladies, aux ravageurs .....et à la phytopharmacie !

par les doses élevées d'azote minéral, on fusille la vie et la matière organique du sol, on stimule la prolifération des adventices et on affecte non seulement la stabilité et le bon fonctionnement du sol, mais, en perturbant les processus liés à la nutrition et à l'évapotranspiration des plantes, on affaiblit aussi les cultures. Cette incompréhension des processus fondamentaux de la Nature se solde par une plus grande vulnérabilité des cultures face aux maladies, aux ravageurs et aux aléas climatiques

ainsi qu'une forte pression d'adventices cherchant à réparer les déséquilibres que les interventions humaines ont provoqué. Pour faire face à cette spirale descendante, des herbicides et une phytopharmacie sophistiqués et coûteux, ont vu le jour et sont devenus les outils dominants dans la mise en place et dans la conduite des cultures.

## La prairie comme modèle du champs

Le modèle développé par Ingham colle parfaitement avec le concept que **"la prairie est la mère du champs"** ainsi que l'expérience que **la prairie multi-espèces et pluriannuelle est un excellent moyen pour régénérer un sol dégradé**. Dans ce contexte de "repos" prolongé où la vie et la structure du sol se trouvent protégées, la nature reprend ses droits et permet au sol d'évoluer vers une bonne structure grumeleuse, un taux de matières organiques plus élevé et un équilibre bactéries/champignons aux alentours de un sur un. Après quelques années d'une prairie diversifiée et bien gérée, le sol devient plus facile à cultiver, retient mieux l'eau, a un volant d'auto-fertilité plus important et produit de meilleures récoltes. En même temps **la pression d'adventices, de maladies et de ravageurs diminue considérablement**<sup>4</sup>.



Pour sortir du cercle vicieux et de la lutte acharnée si caractéristique de l'agriculture moderne, il suffirait donc de réduire au strict minimum les interventions qui fragilisent le sol et les plantes pour **s'approcher du modèle de la prairie**. Or, c'est justement la voie que choisit un nombre croissant d'agriculteurs en s'orientant vers des cultures, des sous-semis et des inter-cultures diversifiés où poussent, côte à côte

<sup>4</sup> D'après Elaine Ingham, les microorganismes d'un sol en bon état sont capables de mobiliser tous les éléments fertilisants présents dans un sol, y compris ceux enfermés dans la roche mère, les limons, le sable, l'argile et les complexes carbonés, des matières étant habituellement considérées comme inertes. Obéissant aux lois du monde de la vie, la biologie nous libérerait donc partiellement des contraintes purement physiques et chimiques qui dominent dans un système aqueux où la disponibilité des différents éléments est étroitement liée au pH (voir [Ingham : La vie dans le sol](#)).



et pratiquement toute l'année, des graminées, légumineuses et crucifères. En restant la plupart du temps couvert, le sol retrouve ainsi sa capacité naturelle et durable d'assurer tous les ans une production végétale en quantité et en qualité. En même temps, les plantes adventices deviennent plus facile à gérer et au lieu d'être une nuisance à combattre, deviennent un élément qui contribue aussi bien à la richesse et à la santé de la vie du sol qu'à la santé des cultures. Pour apporter davantage de diversité et d'équilibre, il n'est pas rare dans ce type de situation de voir la réintroduction d'un troupeau d'élevage et une orientation vers l'agro-écologie, la bio ou la biodynamie.

Par l'augmentation du taux de matières organiques et de l'autonomie du domaine, ces orientations permettent d'éliminer peu à peu la fertilisation, notamment minérale, et de nourrir les cultures à partir des réserves stockées dans le sol. De tels

changements n'ont pas seulement un intérêt économique et écologique, mais augmentent aussi la productivité et la qualité des produits, réduisent la pression d'adventices et renforcent la résistance des cultures face au stress, aux maladies et aux ravageurs.

En améliorant la santé du sol et des plantes, on améliore aussi la qualité des semences. Au lieu de dégénérer en raison de sols appauvris et de plantes déséquilibrées, les semences de ferme s'améliorent ainsi d'année en année et s'adaptent au lieu. Comme l'a montré un agriculteur bio autrichien en récoltant 95 qt/ha en ressemant son maïs population dans un sol fertile avec presque 6% de matières organiques, ce choix permet aussi de se libérer du coût élevé et autres problèmes liés aux semences hybrides.

## Perspectives

Conscient du fait que la vie, le sol, l'environnement et la santé font mauvais ménage avec la monoculture, les engrais solubles et les pesticides proposés par l'industrie chimique, le travail du sol intensif et le tassement provoqué par les engins lourds, un nouveau chemin s'impose. Un chemin qui, déjà bien défriché et clairement tracé par de nombreux agriculteurs, scientifiques et conseillers, nous mène vers l'agriculture durable de demain. Une agriculture régénératrice, autonome et écologique. Une agriculture [biophile](#) basée sur des sols vivants, riches en matières organiques et fertiles où la promotion de la vie et de la santé priment sur la lutte acharnée contre adventices, maladies et ravageurs. Une agriculture performante et faible consommatrice de ressources où agronomie, économie et écologie vivent en parfaite harmonie.

« Toute innovation et tout changement d'une importance réelle partent habituellement de toutes petites minorités qui, elles, font véritablement usage de leur liberté créatrice ».

[E.F. Schumacher](#), 1911-1977  
Auteur de "Small is Beautiful"

## Liens :

Elaine Ingham :

Article en anglais : [The Soil Food Web](#)

Article en anglais : <http://sustainablefoodtrust.org/articles/roots-health-elaine-ingham-science-soil/>

Conférence à Oxford : [https://www.youtube.com/watch?v=x2H60ritjag&ab\\_channel=OxfordRealFarming](https://www.youtube.com/watch?v=x2H60ritjag&ab_channel=OxfordRealFarming)

Diapositives (conf d'Oxford) : <http://orfc.org.uk/wp-content/uploads/2014/11/Oxford-Keynote-2014.pptx>

Christine Jones

Article en anglais : [Liquid Carbon Pathway Unrecognised](#)

Article en anglais : [Nitrogen the double-edged sword](#)

Article en anglais : [Five Principles for Soil Health](#)

E. Ingham and C. Jones (vidéo) : [Put carbon where it belongs... back in the soil](#)

J. Verzeaux, T. Tetu et al. : [Winter Wheat, No-Till Increases Mycorrhizal Colonization](#)

S. A. Khan et al. : [The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration](#)

Hervé Coves : [Le champignon phosphore](#)

J. André Fortin : [L'origine et l'évolution des mycorhizes](#)

J. André Fortin : [Mycorhizes et nutrition phosphatée des plantes](#)

J. André Fortin : [Les mycorhizes, l'azote, l'eau et la glomaline](#)

J. André Fortin : [Mycorhizes vs champignons pathogènes](#)

Rudolf Steiner : [Le cours aux agriculteurs](#)

Ulrich Schreier : [Nourrir la plante par les réserves du sol](#)

Ulrich Schreier : [Un manque de soufre fait souffrir tout le monde](#)

Ulrich Schreier : [La biodynamie, l'auto-fertilité du sol et l'agriculture durable de demain](#)

Ulrich Schreier : [La biodynamie, un chemin prometteur vers l'agriculture durable de demain](#)

Adresse URL de ce document : [http://vernoux.org/agronomie/est-ce\\_que\\_notre\\_agriculture\\_fait\\_la\\_vie\\_belle\\_aux\\_adventices\\_et\\_aux\\_ravageurs.pdf](http://vernoux.org/agronomie/est-ce_que_notre_agriculture_fait_la_vie_belle_aux_adventices_et_aux_ravageurs.pdf)

*Ulrich Schreier*

*Mai 2017 - MAJ septembre 2017*