

**Notre agriculture
ne ferait-elle pas
la vie belle
aux adventices et
aux ravageurs ???**

Ulrich Schreier

Mai 2017, MAJ octobre 2019



Des "infirmières" au chevet d'un sol malade

Table des matières

Le pourquoi du comment de nos "trouble-fêtes"	3
Le développement successif et symbiotique des plantes et du sol	4
Ni vie, ni sols fertiles, ni plantes, ni nourriture, ni paysages sans micro-organismes	5
Le monde merveilleux des champignons	6
Le couple prédateur-proie comme source de fertilité	8
La séquestration du carbone est liée à la fixation biologique de l'azote !	8
La vie du sol, la santé des plantes et les engrais chimiques	10
Bien connaître ses sols, pour bien nourrir ses cultures !	11
La vie du sol change les règles de la fertilisation !	13
Et si nous étions les auteurs de nos malheurs ?	14
Les champs à l'image des prairies - la diversité l'emporte sur la monoculture	16
Perspectives	19
Liens internet	20
Annexe 1: Adventices, maladies et ravageurs	21
Annexe 2 : Le dilemme des pesticides	24
Annexe 3 : Le microbe de Pasteur et la biologie du terrain de Béchamp	25
Annexe 4 : Les modes de fertilisation influencent le développement racinaire	26
Annexe 5 : Travailler ou ne pas travailler la terre, telle est la question	27
Annexe 6 : Pourquoi les gains de matières organiques sont souvent faibles ou plafonnent rapidement ?	29
Annexe 7 : L'Agriculture Régénérative, une Agriculture du Vivant et du ToujoursVert	33
Annexe 8 : Un manque de soufre fait souffrir tout le monde	34
Annexe 9 : La Pyramide de Santé des Plantes de John Kempf	36
Annexe 10 : John Kempf - Concepts de base de l'Agriculture Régénérative	37
Annexe 11 : Frédéric Thomas : De la Conservation à la Régénération !	39
Annexe 12 : L'eau, les colloïdes, les réactions oxydo-réduction et acido-basiques sont au centre de la chimie du vivant	40
Annexe 13 : Le Paramagnétisme, un maillon oublié de la fertilité des sols	42
Annexe 14 : La FAO : "Des sols sains pour une vie saine"	45
Annexe 15 : La végétation comme régulateur de température, d'humidité et du climat	46



Des ravageurs qui ont trouvé un gîte et un couvert à leur goût !

Le pourquoi du comment de nos "trouble-fêtes"

De l'équilibre du sol,
dépend l'équilibre de la plante,
de l'animal et de l'homme

André Voisin (1903-1964)

Agronome et père du pâturage régénératif



De cet équilibre (santé), voire déséquilibre, dépend aussi bien la pression d'adventices que celle des maladies et des ravageurs. Ce sont ces casse-têtes qui se trouvent désormais au centre de nos préoccupations agronomiques. C'est nos visions, attitudes et peurs face à ces "trouble-fêtes" qui sont devenus les fils conducteurs de notre agriculture. Nous avons du mal à réaliser que ces "enquiquineurs" ainsi que le manque de résilience de nos cultures face à la sécheresse, sont des symptômes, des clignotants, **des voyants rouges qui cherchent à attirer notre attention sur des failles dans nos modèles et pratiques agricoles.** Au lieu de chercher à comprendre et à éliminer leurs causes, nous avons mis en place un arsenal sophistiqué et coûteux d'outils et de produits chimiques pour les combattre.

Les adventices, souvent appelées "mauvaises herbes", nous signalent non seulement des déséquilibres, mais elles cherchent aussi à nous aider à reconstruire des sols dégradés. Ce sont des plantes pionnières qui, généralement riches en protéines, lipides et éléments minéraux, ont participé, depuis la nuit des temps, à la transformation de la roche mère en sols fertiles. *Leurs services ont permis à la planète de se couvrir d'un manteau vert, d'enrichir son atmosphère d'oxygène et de tempérer le climat.* Souvent nitrophiles, ces plantes ont joué un rôle essentiel dans l'élaboration d'une terre arable propice au bon développement et à la bonne santé de nos cultures. Certains appellent les adventices les "infirmières" ou les "médecins" des sols malades. Pour d'autres ce sont des plantes "bio-indicatrices" puisqu'elles indiquent des déséquilibres au niveau du sol. Or, ces plantes ne sont pas seulement bio-indicatrices, mais elles sont aussi nos alliées potentiels pour régénérer des sols dégradés.

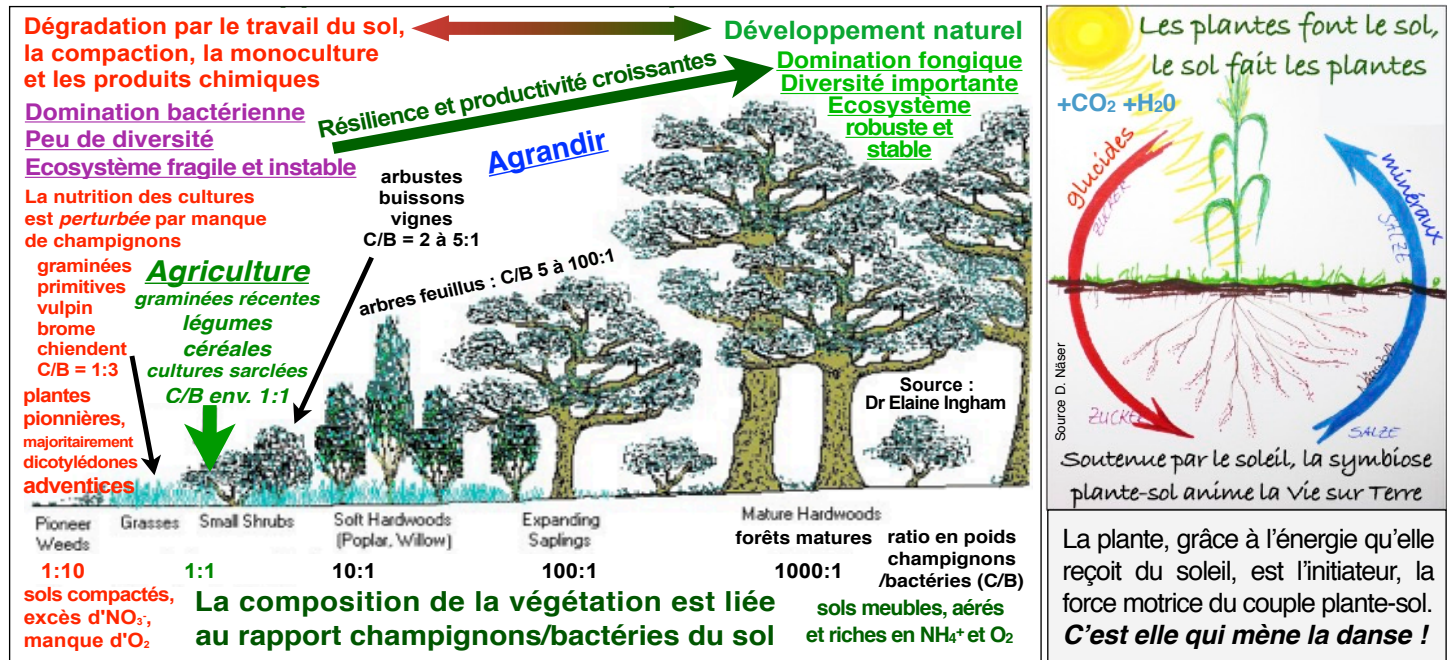
La problématique et nos attitudes vis à vis des adventices et bio-agresseurs n'est pas spécifique à l'agriculture conventionnelle, à la bio ou à certains types de production. Elle concerne tout le monde puisque chaque production agricole part de la perturbation d'un milieu naturel et doit obligatoirement s'y intégrer le plus harmonieusement possible. Etant généralement guidée par des critères liés aux demandes du marché, à la productivité, la compétitivité et la rentabilité, cette tâche est tout sauf aisée et souvent difficile à faire coexister avec les contraintes imposées par la Nature.

Cette autre manière de voir les "trouble-fêtes" de nos champs, de nos cultures et de nos porte-feuilles trouve de plus en plus d'adhérents et mobilise des agricultures, scientifiques, conseillers et associations à travers la planète. Attentif aussi bien aux obligations de performances productives et économiques qu'aux conséquences environnementales et sociales, les résultats des précurseurs de ce courant sont souvent impressionnants : des sols qui gagnent en vie, en matière organique et en fertilité - des cultures plus résilientes face aux maladies, ravageurs et aléas climatiques - une bonne maîtrise des adventices - une baisse de la consommation d'engrais et de pesticides de synthèse, souvent éliminés entièrement - une plus grande autonomie et une meilleure rentabilité de la ferme - moins de stress et plus de plaisir et de satisfaction pour l'agriculteur.

L'objectif de ce document est d'exposer les arrières plans et les principes biologiques, bio-chimiques, agronomiques, économiques et écologiques qui ont incité les pionniers de revoir leur modèle et leurs pratiques. En cherchant à dépasser les cliques conventionnel-bio-biodynamie, cet exposé jette aussi un regard critique sur les systèmes agricoles les plus courants.

Le développement successif et symbiotique des plantes et du sol

Dr. Elaine Ingham, 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 pousse sur un lieu d'une part et le ratio champignons/bactéries (C/B) et carbone/azote (C/N) de l'autre.



Dans la nuit des temps, le monde végétal, a débuté avec quelques plantes primitives telles que les lichens et les mousses qui, grâce à la photosynthèse avec son pouvoir réducteur (dans le sens du potentiel redox) engendré par l'énergie et le flux d'électrons du soleil (voir [annexe 8](#)), se développaient sur un substrat minéral (pierre) 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 pour évoluer vers des formes et des **microbiotes** de plus en plus complexes ainsi que des sols de plus en plus riches en substances carbonées, bactéries et champignons (ratio C/B et C/N de plus en plus élevé), le rapport entre biomasse fongique et biomasse bactérienne pouvant atteindre 1000 sur 1 dans certaines forêts primaires¹. Au cours de cette évolution vers des écosystèmes de plus en plus diversifiés et complexes, de plus en plus stables, résiliants et productifs, sont apparues **les plantes "pionnières"** majoritairement dicotylédones d'abord, puis suivies par des graminées primitives (vulpin, brome, chiendent, etc.). Celles-ci **sont en quelques sortes les frères et les sœurs de nos adventices. Le rôle des dicotylédones, généralement riches en protéines, lipides, éléments minéraux et bactéries, est de préparer (...ou de réparer) le terrain pour nos plantes culturales** qui,

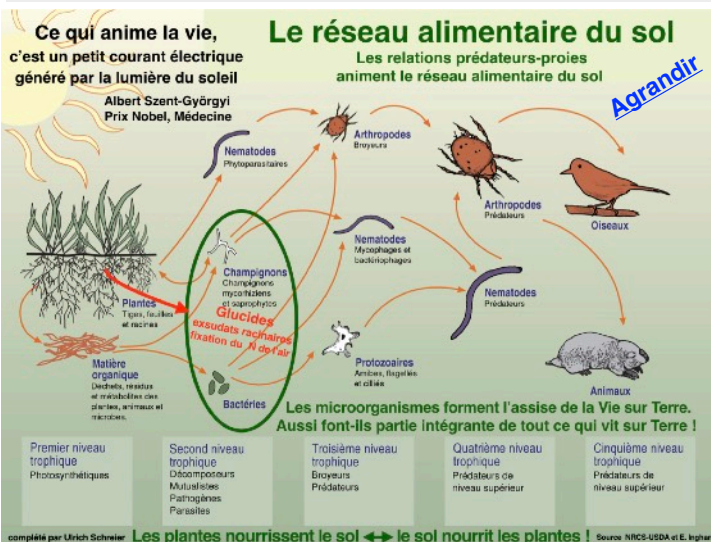
¹ Ce même processus de succession écologique se met en marche dès qu'un sol est mis à nu par un événement tel que le feu, une inondation, un éboulement ou une intervention de l'homme. C'est ainsi qu'un terrain ou une prairie laissé en friche dans nos zones tempérées va se couvrir peu à peu d'une végétation de plus en plus diversifiée et riche pour, en fonction des conditions climatiques et pédologiques du lieu, évoluer vers la forêt, c'est à dire vers une végétation de plus en plus riche en cellulose et lignine. La tendance vers la lignification se voit également lors de la maturation et le vieillissement des plantes.

Les stades évolutifs de la végétation et de la vie du sol



Les bactéries ont une affinité envers les dicotylédons, notamment les légumineuses et les crucifères, qui, riches en protéines, lipides et minéraux, se décomposent rapidement (plantes pionnières nitrophiles - adventices - C/N et C/B faibles).

Les champignons ont besoin de bactéries et de plantes à mycorhize riches en glucides, en particulier de graminées (C/N élevé). En raison d'une complémentarité fonctionnelle, les graminées (Poaceae) sont souvent cultivées en association avec des légumineuses (Fabaceae) et des crucifères (Brassicaceae).



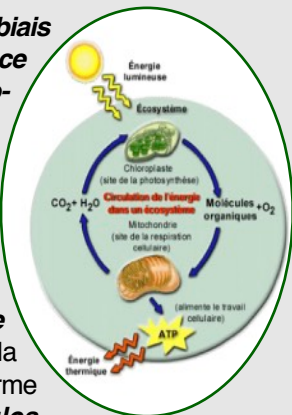
pour la plupart d'entre elles, se développent le mieux dans une terre riche en matières organiques, bactéries et champignons avec un rapport champignons/bactéries aux alentours de 0,5 à 1,5. Toute déviation importante vers une domination bactérienne et un milieu oxydant riche en nitrate (NO₃⁻, la forme oxydée et pauvre en énergie de l'azote), telle qu'elle est provoquée par une grande partie des pratiques agricoles, déstabilise l'écosystème plante-sol. Souvent accompagné de déséquilibres minéraux, enzymatiques et hormonaux, le résultat se voit dans des sols compactés avec une flore rhizospérique perturbée et des cultures fragilisées, ce qui entraîne une prolifération d'adventices, de maladies et de bio-agresseurs. Cette dégradation affecte aussi la régularité, la qualité et la saveur des productions et, par voie de conséquence, la santé des animaux et des humains qui en dépendent pour leur nourriture.

Ni vie, ni sols fertiles, ni plantes, ni nourriture, ni paysages sans micro-organismes

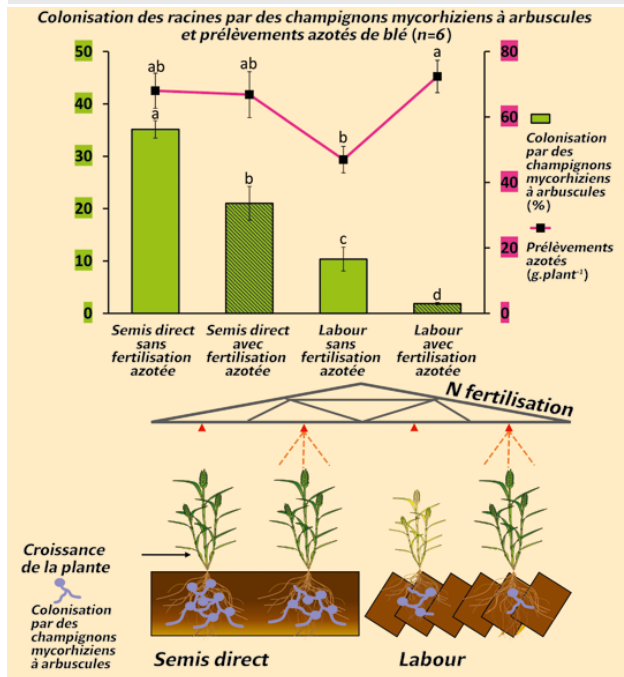
Bien qu'on parle le plus souvent de l'effet délétère de l'agriculture sur les insectes pollinisateurs et les vers de terre, **les problèmes que nos pratiques agricoles et le matériel lourd occasionnent au niveau des micro-organismes, environ 80% en poids de l'édaphon d'un sol en bon état, et surtout au niveau du monde filamenteux et fragile des champignons (env. 20 à 50%), sont encore bien plus préoccupants.** Le travail du sol intensif, surtout par conditions trop humides et trop froides, le compactage et la faible porosité, les sols nus exposés au soleil, des températures excessives (> 40°C), le manque d'humus et d'humidité, les engrais chimiques, les pesticides, l'appauvrissement des rotations et la mécanisation lourde fragilisent, voire détruisent, le gîte et le couvert de ces rouages invisibles du réseau trophique et de la pyramide bi-

...et c'est l'agriculture qui, par le biais de la photosynthèse, transforme ce "petit courant électrique" en produits pour nourrir l'humanité !

La première étape de ce processus sont **les glucides et leurs métabolites**. Ce sont les **matières premières pour le développement de la plante et la nourriture des champignons et des bactéries de sa rhizosphère**. Véhiculés par la sève et relargués au sol sous forme d'exsudats racinaires, **ces molécules organiques alimentent le métabolisme énergétique, chimique et biologique des micro-organismes à la base du réseau alimentaire**. Par ce biais, **la masse, la qualité et la diversité de la végétation ont un effet direct sur la masse et la diversité microbienne du sol**, et, par voie de conséquence, sur la santé et le fonctionnement de tous les réseaux alimentaires et énergétiques de la planète.



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 de la fertilisation azotée.

Ils montrent qu'en absence de fertilisation azotée sur 5 années, le blé mycorhizé implanté en semis direct sous couvert (SDSCV) est capable de prélever gratuitement autant d'azote que les parcelles ayant reçu des engrais azotés. Dans les systèmes "labour + herse rotative", le blé n'arrive pas à absorber autant d'azote dû à la faiblesse du taux de mycorhization.

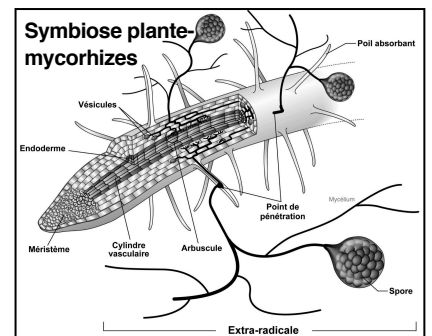
Verzeaux, Tétu et al.: [No-Till Increases Mycorrhizal Colonization](#)

ologique. Nourris par les exsudats racinaires des plantes, c'est sur ces organismes microscopiques 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, papillons, etc.), mais aussi les plantes, les animaux et l'homme, la raison d'être de toutes les formes d'agriculture.

Il y a une situation similaire au niveau des océans où c'est le phytoplancton avec ses chloroplastes et sa capacité photosynthétique qui, aussi alimenté par l'énergie du soleil, y constitue la base du réseau alimentaire de la vie marine.²

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 de transport que le réseau de communication du sol. En échange d'exsudats riches en glucides, leur source d'énergie, **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 champignons contribuent aussi grandement au développement spatial et qualitatif des bactéries.

Les mycorhizes sont également 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 et chimiques du sol ainsi que la séquestration de carbone. D'autres fonctions des mycéliums sont la décomposition (mycotoxines, vecteurs de maladies cryptogamiques, résidus de produits chimiques, etc.), le contrôle de ravageurs et de maladies, la gestion et le transport de l'eau et de nutriments tels que notamment le phosphore et l'azote. Les mycorhizes peuvent difficilement assurer la mobilisation du phosphore en présence d'engrais solubles phosphatés (MAP, DAP, phosphates monoammoniques et diammoniques) ou l'utilisation de semences



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

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.*

Le Petit Robert aurait-il pu nous donner une leçon d'agronomie ???
 Les nitrates (salpêtre = KNO_3 ou nitrate de potassium) durcissent les sols en cassant les agrégats et la structure. Entraînant la perte de matière organique et de fertilité, compaction et battance, cette dégradation freine la pénétration et la circulation de l'air et de l'eau tout en augmentant le danger d'érosion. **Petit Robert de 1905**

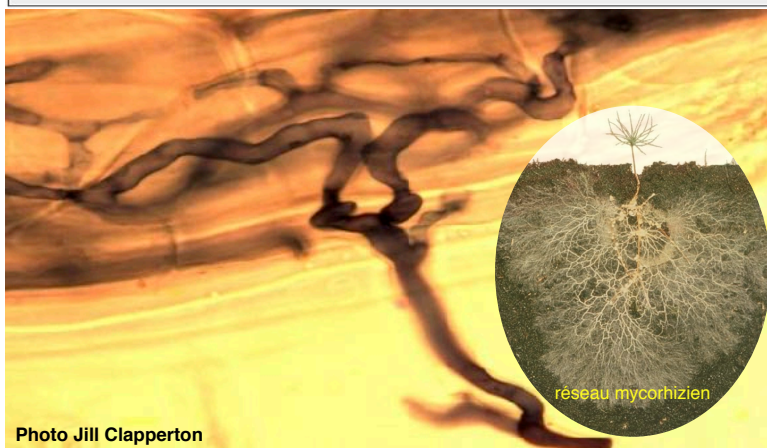


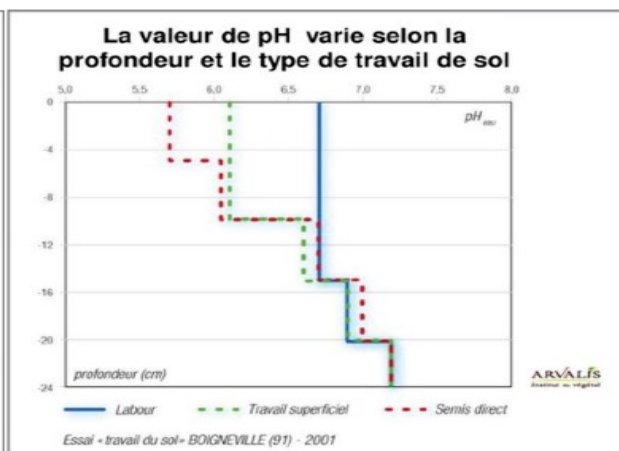
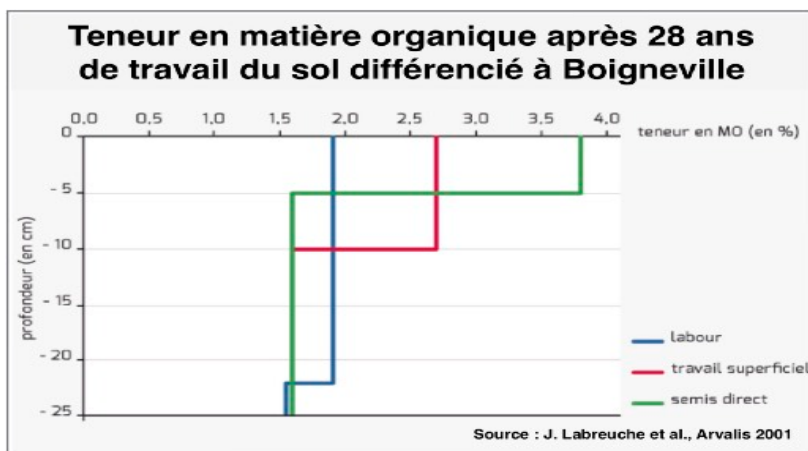
Photo Jill Clapperton

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 micro-organismes impliqués dans la nutrition des plantes et le contrôle de maladies. En échange de substances carbonées, leur source d'énergie, ces micro-organismes mobilisent et 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 oligo-éléments tels que le zinc, le manganèse et le cuivre. Or, **les transferts de nutriments et le rôle du réseau mycélien en tant que voie de transport et de communication sont perturbés par les engrais synthétiques, en particulier les sels azotés et phosphorés. Mais la même problématique peut exister avec certains fertilisants organiques riches en éléments solubles.**

Extrait de [L'Azote, une épée à double tranchant](#) du Dr C. Jones

ayant reçu un traitement chimique. Les engrais de synthèse ont aussi un impact négatif sur les cycles de l'azote et du carbone, causant des dégâts d'autant plus prononcés que les doses sont importantes : ils acidifient les sols, minéralisent (oxydent) la matière carbonée existante et sont toxiques pour les microorganismes, notamment certaines bactéries fixatrices d'azote atmosphérique (S. A. Khan et al. ([The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration](#))).

Tout en incitant la germination et la levée d'adventices (plantes pionnières nitrophiles), les engrais synthétiques réduisent également le développement racinaire des plantes, et, en minéralisant la matière organique, nuisent à la stabilité des agrégats et à la structure du sol, y compris en profondeur³. Ce qui aggrave la situation, c'est la forme et la technique d'épandage superficielle de ces engrais solubles, rendant leur disponibilité pour les plantes tributaires de la météo. Aussi, **en les déposant à la surface du sol, on favorise un développement racinaire superficiel et peu ramifié** (voir annexes 2 et 5). Serait-il possible que ce type d'épandage, en favorisant l'acidification et l'enracinement superficiels, soit co-responsable du faible pH à la surface du sol, des pertes d'azote importantes par volatilisation



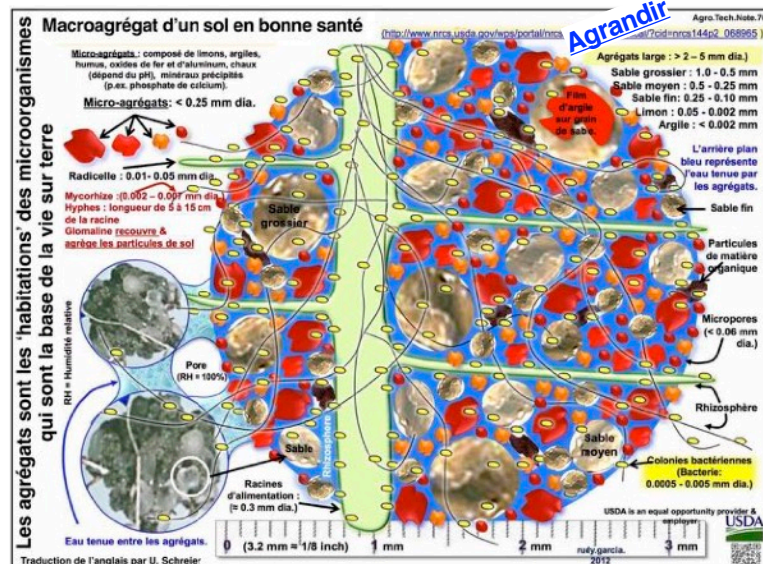
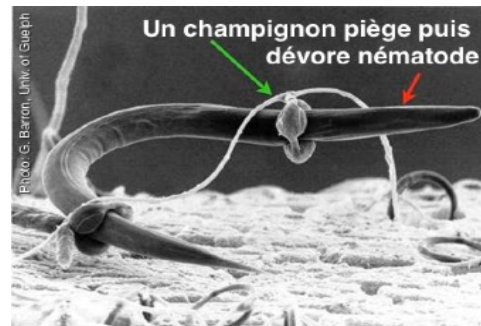
L'acidité à la surface du sol en semis direct augmente les pertes d'azote sous forme de protoxyde d'azote (volatilisation)
 Pour des résultats récents et plus complets sur ces essais voir la revue [TCS n°103 de juin à août 2019](#)

³ 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 + bentonite aérée / lisier aéré + bentonite + préparations biodynamiques)

(protoxyde d'azote) et du faible gain en matières organiques qu'on rencontre souvent en semis direct. Celui-ci dépasse rarement le 1% en dix ans sur les premiers 10 cm et est nettement plus faible en dessous ?

Le couple prédateur-proie comme source de fertilité

En se nourrissant de champignons et de bactéries présent



Les variations du pH et potentiel redox sur de petites distances à l'intérieur des agrégats peuvent être considérables

Les micro-agrégats sont les unités fonctionnelles du sol. Leur rôle est fondamental pour la structure poreuse et aérée du sol, l'hébergement des microorganismes, l'infiltration et la rétention de l'eau, le stockage de nutriments, 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 mobilisent 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.

A l'intérieur d'un agrégat, l'humidité est plus élevée qu'à l'extérieur et la pression partielle de l'oxygène plus faible. C'est grâce à ce milieu réducteur que les bactéries fixatrices d'azote peuvent fonctionner et assimiler l'azote atmosphérique et produire des substances humiques.

Selon le pH, qui peut varier considérablement sur de toutes petites distances à l'intérieur des agrégats, 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

dans le sol, les protozoaires (flagellés, amibes, ciliés, etc.) libèrent sous forme de métabolites les éléments nutritifs présents dans le corps de ces microorganismes et les rendent assimilables pour les plantes. C'est la même chose pour les nématodes prédateurs et pour bien d'autres organismes qui peuplent le monde souterrain. A chaque fois qu'un organisme se nourrit d'un autre, il libère dans ses déjections une partie des nutriments présents dans le corps de sa proie sous une forme qu'une plante peut facilement absorber par son système racinaire. Quand les prédateurs deviennent proie eux-mêmes ou meurent de leur mort naturelle, les éléments de leur corps sont libérés à leur tour et recyclés pour nourrir de nouvelles vies.

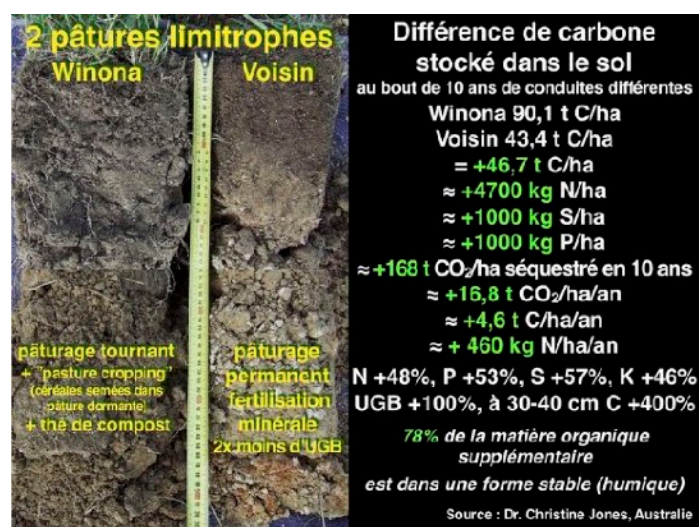
L'abondance de microorganismes, leur diversité, les équilibres proies-prédateurs et la voracité de ces derniers ont ainsi une incidence directe sur la fertilité d'un sol ainsi que sur le développement et la santé des plantes qui y poussent. Or, comme l'abondance et la diversité de la vie du sol sont à leur tour liées à celles des plantes et leur performance photosynthétique, on se trouve en présence d'une parfaite boucle de rétroaction vertueuse.

La séquestration du carbone est liée à la fixation biologique de l'azote !

D'après la biologiste et écologiste des sols australienne Dr. Christine Jones, **la fixation biologique du carbone par la photosynthèse ainsi que l'assimilation de l'azote atmosphérique par les microorganismes 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, déjà présente dans sa forme embryonnaire dans les [archées](#), les [cyanobactéries](#) (algues bleu-verts) et le phyto-plancton, réunissant la fixation du C et du N dans un seul organisme, la plante fournit le carbone et l'énergie issus de la photosynthèse sous forme d'exsudats racinaires riches en glucides, alors qu'une série de bactéries du sol fixent l'azote de l'air sous forme organique, les transferts dans les deux sens entre racines et bactéries étant assurés par les filaments des mycorhizes (voir l'image à la page précédente). **Ce processus d'échange entre plantes, mycorhizes et bactéries est essentiel pour la fixation aussi bien du carbone que de l'azote atmosphériques**, et se trouve au coeur de la synthèse de complexes carbonés stables. Il est donc indispensable à la formation de complexes humiques et d'agrégats stables qui, en étant parfaitement intégré dans la matrice du sol, forment les habitats des microorganismes tout en servant aussi de "garde manger" et de réservoir d'eau pour les plantes. Or, comme les engrais chimiques à hautes doses, en particulier azotés, les biocides et le travail du sol intensif perturbent cette symbiose et minéralisent la matière organique existante, il n'est pas étonnant que les taux d'humus des sols agricoles ne cessent de chuter et atteignent souvent des niveaux alarmants ⁴.

Ce ne serait donc pas l'azote fixé par les nodules des légumineuses, ni celui des déchets des cultures ou apporté sous forme d'engrais, y compris organiques, qui servirait en premier lieu à la formation de complexes carbonés stables, mais



surtout celui assimilé par les bactéries fixatrices d'azote ammoniacal qui vivent à l'intérieur des agrégats du sol et sont nourries de manière symbiotique par les exsudats racinaires, en particulier ceux des graminées (voir le schéma à la page 7). Par un effet de minéralisation proche de celui lié à l'azote synthétique, l'azote fixé par les légumineuses cultivées en l'absence d'autres plantes, surtout de graminées, a également tendance à dégrader la matière organique et la structure du sol (ce phénomène se voit p. ex. sous un robinier, un arbre de la famille des fabacées d'origine américaine). Pour contourner ce problème, **il faudrait donc éviter de cultiver des légumineuses seules, et de les associer toujours à d'autres plantes, en**

Les pratiques agricoles et la séquestration de CO₂
Cette étude sur 10 ans compare le développement du sol et la séquestration de CO₂ de deux fermes limitrophes de 800 ha chacune.
Lien : [Le carbone, ça compte énormément](#)

particulier à des graminées qui, grâce aux exsudats racinaires riches en glucides favorisent le développement des champignons et notamment des mycorhizes.

⁴ D'après Christine Jones, **la synthèse de complexes carbonés stables dans le sol (substances humiques), présente de nombreux parallèles avec la synthèse de complexes carbonés stables des arbustes et des arbres, où les sucres simples de la sève sont transformés par polymérisation en lignine (bois)**, en passant par des amidons et des celluloses. Aussi bien dans le sol qu'au niveau des arbres, ces complexes stables séquestrent du carbone et ont une fonction de structuration (charpente). Ce sont les nutriments stockés dans le complexe argilo-humique dans le cas du sol, et dans le cambium dans le cas de l'arbre qui permettent au printemps ce démarrage explosif de la végétation et la sortie explosive des feuilles.

Bien que l'azote fixé par les légumineuses et celui issu de la décomposition de déchets végétaux et animaux ne contribuent que secondairement à l'élaboration de complexes humiques stables, ce sont évidemment d'excellentes sources d'azote organique pour nourrir les cultures et pour divers processus liés au bon fonctionnement du sol.⁵

En plus de perturber l'écosystème plante-sol, d'empêcher la formation d'agrégats de sol stables ainsi que d'être un **obstacle à la séquestration de carbone et l'assimilation par les cultures de minéraux et d'oligoéléments**, les engrais azotés sont aussi une source d'ammoniac et de protoxyde d'azote (N₂O), des gaz toxiques dont l'effet de serre du deuxième est environ 300 fois plus important que celui du CO₂. *A cause de sa mobilité et son instabilité*, les pertes d'azote par volatilisation et par lessivage peuvent être de l'ordre de



50 à 90%, seulement 10 à 50% étant absorbés par les plantes !!! La perte d'azote, les préjudices agronomiques, économiques et environnementaux sont particulièrement importants si l'on épand à l'automne des engrais solubles sur des sols nus.

Les pertes sont pire encore pour les engrais à base de phosphates solubilisés (MAP et DAP) tels qu'ils sont proposés par l'industrie. Sans une vie du sol bien développée, seulement 10 à 15 % finiraient par être accessibles aux plantes et au moins 80% vont former des composés insolubles avec des cations de calcium, de magnésium, d'aluminium, de fer, et de certains oligo-éléments, un processus qui peut donc aussi mettre hors jeu d'autres nutriments et entraîner des carences au

De fortes doses d'engrais azotés appauvrissent le sol !

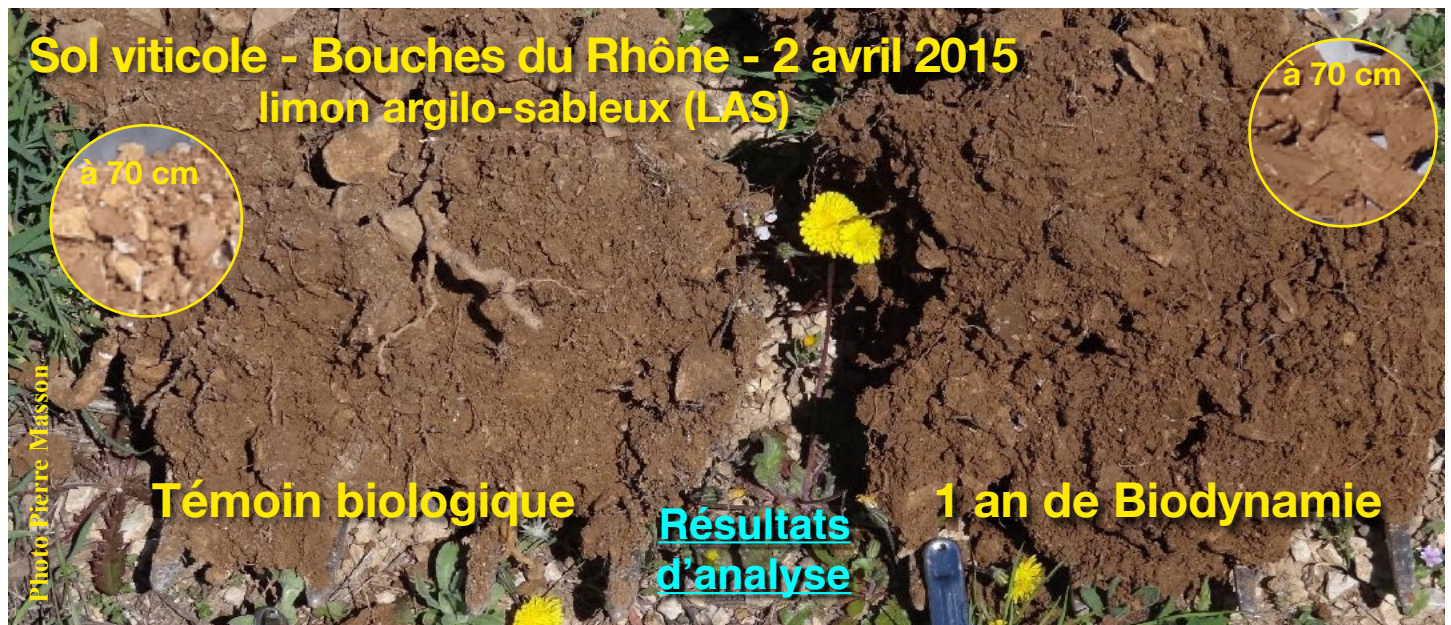
Lors d'une sécheresse historique qui a décimé la culture, le blé est en parfait état à l'endroit de l'ancienne clôture où le sol n'avait pas encore été dégradé par des décennies d'agrochimie et de fortes doses d'engrais azotés !

niveau des récoltes. 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. Or, avec des pratiques plus en harmonie avec les processus naturels, **on dispose d'une source illimitée d'azote dans l'atmosphère (78 000 t de N au dessus de chaque hectare !!!) et de réserves pour plusieurs siècles de phosphore** qui, aujourd'hui bloquées dans les sols sous des formes minérales insolubles, ne peuvent être mobilisées que par un cheptel microbien performant (C. E. JONES - 2014).

La vie du sol, la santé des plantes et les engrais chimiques

Dans son "**Cours aux agriculteurs**" de 1924, initialement intitulé "*Fertilisation biologique*" **Rudolf Steiner**, scientifique, philosophe et visionnaire autrichien, était parmi les premiers à parler de l'action néfaste des engrais synthétiques, en particulier des engrais azotés synthétisés à partir du processus Haber-Bosch, sur la vie et les forces or-

⁵ Une grande partie du carbone et de l'azote qui entre dans le sol par la biomasse végétale, nourrit les organismes décomposeurs et finit par retourner dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonés et azotés. D'après Jones la voie qui passe par les exsudats racinaires des plantes (voie du carbone liquide), produirait de l'humus stable 5 à 30 fois plus vite que la voie qui passe la biomasse végétale !



Après seulement un an, le sol biodynamique est plus foncé, mieux structuré et plus riche en matière organique, *y compris en profondeur*. Il **résiste donc mieux à l'érosion et retient mieux l'eau et les éléments nutritifs**.

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 limitrophes a été identique.

ganisatrices du sol et, par voie de conséquence, sur la santé et l'immunité des plantes, des animaux et des humains qui en dépendent pour leur nourriture. Peu partagé pendant longtemps, ce point de vue trouve aujourd'hui de plus en plus d'adhérents.

A l'origine de l'**agriculture biodynamique**, première en date des impulsions agro-écologiques et des méthodes agricoles dites biologiques, Steiner a préconisé l'utilisation de fumures naturelles, issues principalement du domaine, et 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 reconstruire des sols dégradés en très peu de temps et avec très peu de moyens.

Désormais un sujet d'actualité grâce aux découvertes récentes par rapport au [rôle du microbiote intestinal pour la santé, l'immunité et le bien-être de l'homme](#), Steiner était aussi parmi les premiers à parler des liens étroits entre la santé du sol et la santé des plantes, des animaux et de l'homme ainsi que du rôle clef de l'alimentation, de l'agriculture et de la qualité de ses productions pour notre santé, aussi bien physique que psychique. Par la qualité de la nourriture qu'elle produit et par son importance économique et environnementale, l'agriculture a donc un rôle clef à jouer à tous les échelons de la Nature et de la société.

Bien connaître ses sols, pour bien nourrir ses cultures !

Les analyses de sol habituelles sont basées sur des concepts dépassés et ne donnent qu'une image incomplète du sol. Manquants d'informations sur la vie du sol, elles sont généralement in-



Pendant des années cet agriculteur a perdu une petite fortune parce qu'il ne savait pas que son sol était carencé en soufre, et que ses rendements étaient pénalisés par un manque de cet élément !!!

capables de détecter des déséquilibres, des carences ou encore des blocages provoqués par l'excès d'un ou de plusieurs éléments. Aussi manquent-elles souvent d'informations quant à des éléments essentiels au bon fonctionnement d'un sol et d'une plante. Les orphelins oubliés sont le plus souvent le calcium, notamment à la surface du sol, le soufre, le bore et certains oligo-éléments.

Les stratégies de fertilisation étant souvent basées sur des critères sommaires de restitutions et la correction du pH par chaulage, il n'est pas rare que les apports recommandés finissent par accentuer certains excès et blocages, sans pour autant remédier aux carences. Un excès de calcium p. ex. peut bloquer non seulement l'assimilation d'une série d'autres éléments, mais aussi celle du calcium. Dans des sols

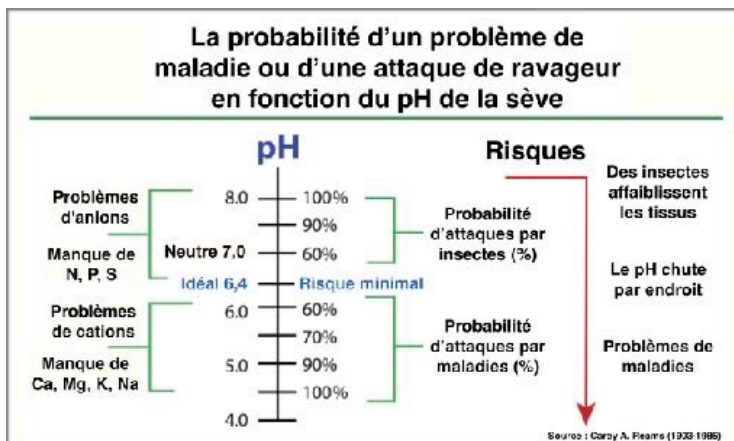
avec peu de matière organique, d'azote et de réserves nutritionnelles, une mauvaise structure et un faible pouvoir tampon, le danger de provoquer des déséquilibres est particulièrement prononcé, y compris du point de vue du pH et du potentiel rédox (voir aussi [Annexe 8](#)).

Les conséquences de ces erreurs peuvent être importantes, autant d'un point de vue biologique et agronomique que du point de vue économique et nutritionnel :

- la plante est affectée par son développement déséquilibré avec une [phyllosphère](#) hypertrophiée et une rhizosphère atrophiée. Ce-ci entraîne une moindre résistance des cultures face aux agressions et la nécessité de les protéger par des cocktails de pesticides.
- le sol par son manque de vie, de fertilité, de structure, de porosité et d'échanges gazeux.
- l'agriculteur par des coûts supplémentaires, des pertes de rendements et un déclassement éventuel de sa récolte.
- le consommateur par une moindre qualité de sa nourriture avec son effet négatif sur le système immunitaire et la santé !

A ces doléances s'ajoutent les effets négatifs sur l'environnement et le climat.

Le [Dr. William Albrecht \(1888-1974\)](#), un agronome américain de réputation mondiale, a développé une approche basée sur les ratios de saturation en bases cationiques. Complété par des critères liés aux interactions synergiques ou antagonistes entre différents éléments, celle-ci est souvent utilisée avec de



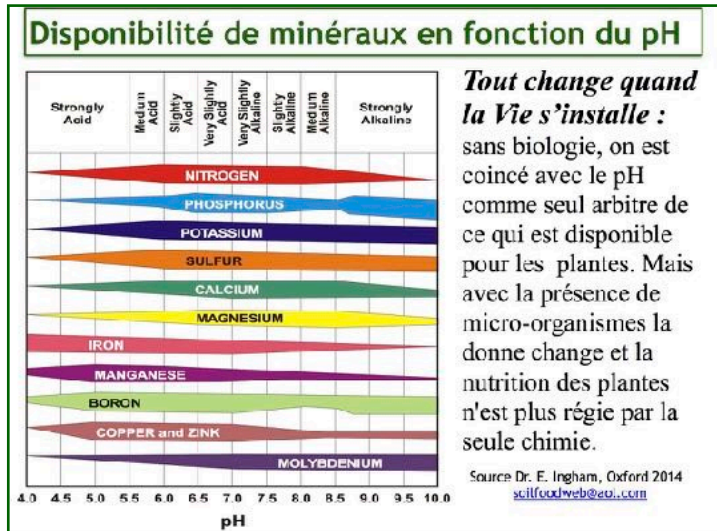
Le **réfractomètre** et le **pH-mètre** qui mesurent le taux de sucre en BRIX% et le pH de la sève, donnent des indications sur le **niveau d'énergie, la santé et l'immunité d'une plante**. Comme les changements dans leurs valeurs, ainsi que dans les paramètres mesurables par d'autres testeurs, apparaissent souvent bien avant les symptômes visibles, on dispose ainsi d'un moyen pour intervenir et corriger des carences avant qu'il ne soit trop tard.

Ce schéma vient de Carey Reams (1903-1985), un agronome américain et l'initiateur du [réfractomètre pour tester la santé des plantes et la qualité des produits agricoles](#) (mesure du taux de sucre dans la sève ou dans les jus en cas de fruits et de légumes).



William A. Albrecht (1888-1974), professeur de biologie des sols et directeur de l'Institut des sciences du sol de l'Université du Missouri. Il a développé un système analytique basé sur la saturation en bases cationiques (Ca, Mg, K, Na, H). Il a notamment fait le lien entre la fertilité du sol et la santé et l'immunité des plantes ainsi que la valeur biologique de la nourriture. Albrecht a aussi eu la capacité et le courage de faire le pont entre ses résultats de recherche et la sélection végétale, les sciences vétérinaires, la médecine, les sciences de la nutrition et la santé humaine.

"Un sol sain produit une nourriture saine, une des bases essentielles de la santé de l'homme"



Minéraux présents dans les sols (Sparks 2003)

Source Dr. E. Ingham, Oxford 2014 - soilfoodweb@aol.com

Elément	Sols (mg/kg)		Dans l'écorce terrestre (moy)	Dans les sédiments (moy)
	Moyenne	Fourchette		
O	490,000	-	474,000	486,000
Si	330,000	250,000-410,000	277,000	245,000
Al	71,000	10,000-300,000	82,000	72,000
Fe	40,000	2,000-550,000	41,000	41,000
C (total)	20,000	7,000-500,000	480	29,400
Ca	15,000	700-500,000	41,000	66,000
Mg	5,000	400-9,000	23,000	14,000
K	14,000	80-37,000	21,000	20,000
Na	5,000	150-25,000	23,000	5,700
Mn	1,000	20-10,000	950	770
Zn	90	1-900	75	95
Mo	1.2	0.1-40	1.5	2
Ni	50	2-750	80	52
Cu	30	2-250	50	33
N	2,000	200-5,000	25	470
P	800	35-5,300	1,000	670
S (total)	700	30-1,600	260	2,200

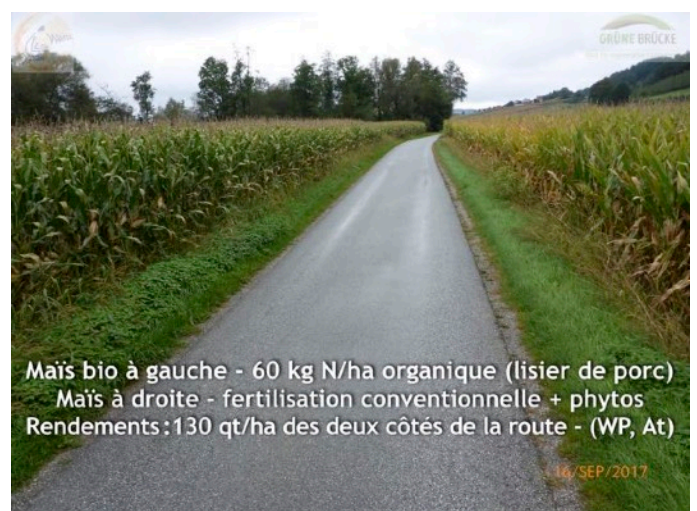
Une analyse de sol ne vous dira que ce qui est disponible pour les plantes par absorption passive. Les 97% de minéraux restants - potentiellement rendus disponibles par des micro-organismes - n'apparaîtront pas sur un test standard. En créant des conditions favorables au développement de la vie du sol, il est possible d'augmenter considérablement la disponibilité d'éléments nutritifs - dont la plupart n'est que rarement présente dans les fertilisants.

bons résultats pour amorcer le processus de remise en état de terres déséquilibrées. Mais, pour être couronné de succès, ce travail doit être accompagné de tests sensoriels (test à la bêche, etc) ainsi que de mesures et d'observations orientées vers la micro-biologie du sol, l'augmentation et la qualité de la matière organique. Un élément essentiel de cette démarche est la présence pendant toute l'année d'une couverture verte multi-espèces qui, grâce aux glucides, acides organiques, lipides et autres métabolites qu'elle produit à partir de la photosynthèse, peut nourrir un vaste cheptel souterrain.

Pour bien connaître son sol, il faut également bien connaître ses plantes qui, engagées dans une relation symbiotique avec celui-ci, sont d'excellents "instruments" d'analyse ! Toute analyse de sol devrait donc être accompagnée d'une analyse des plantes qui y poussent. Celle-ci commence par une observation visuelle, de leur port et de signes éventuels de maladies et/ou d'attaques par des ravageurs. Ces démarches sont accompagnées d'observations quant à la composition floristique (présence d'adventices), des analyses de sève (tests en bout de champs par réfractomètre, pH-mètre et divers testeurs ionométriques) et éventuellement d'une analyse tissulaire par un laboratoire spécialisé. D'autres tests de qualité passent par l'odeur et le goût qui indiquent la présence de substances secondaires telles que les molécules aromatiques et les huiles essentielles.

La vie du sol change les règles de la fertilisation !

Les analyses de sol habituelles ne donnent pas une image complète des éléments fertilisants présents dans un sol. Elles ne tiennent compte que des minéraux facilement mobilisables par les solutions d'extrac-

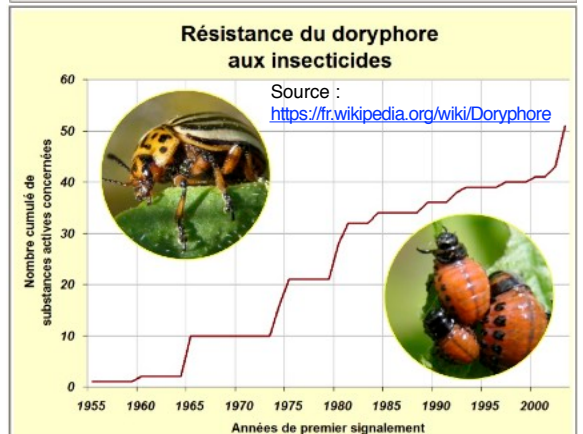


Remplacer la fertilisation par la fertilité !

Malgré un déficit de 110 kg N/ha par rapport aux règles de fertilisation habituelles, ce maïs bio se porte très bien, y compris du point de vue de sa contribution agronomique et économique !

tion utilisées dans le contexte des méthodes analytiques classiques, et non pas de tous les éléments présents dans la roche mère, les limons, le sable, l'argile et les complexes carbonés que seuls les micro-organismes sont capables de mobiliser. Obéissant aux lois du monde de la vie, **la biologie et notamment les microorganismes peuvent donc nous libérer de contraintes purement physiques et chimiques** qui dominent dans un système pauvre en humus, bactéries et champignons, où la disponibilité des différents éléments est étroitement liée au pH et à leur présence dans une forme soluble ou du moins facilement mobilisable (voir aussi [Ingham, La vie dans le sol \(Présentation PowerPoint en anglais\)](#)).

Les modèles basés sur les analyses de sol classiques et la restitution des éléments exportés par les récoltes n'ont donc qu'une valeur limitée étant donné que le stock effectif de nutriments est bien plus important que les valeurs indiquées par les analyses habituelles. En même temps, ils ont du mal à détecter des blocages liés à des excès par rapport à certains éléments. Quant à l'azote, généralement le facteur limitant, surtout en bio, les bactéries et les complexes humiques présents dans un sol vivant, riche en matière organique active, peuvent fournir gratuitement tout ce dont les cultures ont besoin (voir l'exemple du maïs ci-dessus) !



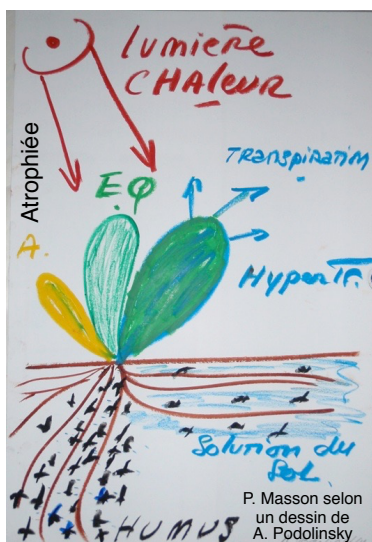
Adventices et ravageurs font de la résistance !

Comme c'était à prévoir étant donné que Monsanto est arrivé à produire rapidement des plantes résistantes à son Roundup, la résistance des adventices aux herbicides ne s'est pas fait attendre et impose souvent un retour au labour et au désherbage mécanique.

Compte tenu de la complexité, des interdictions et réglementations contraignantes, du coût et du tsunami sociétale face aux pesticides, l'avenir et la pertinence des stratégies tout chimique pour gérer adventices et ravageurs semblent incertains.

Et si nous étions les auteurs de nos malheurs ?

En détruisant mécaniquement et chimiquement la structure, l'équilibre chimique et la biologie complexe du sol, on détruit le gîte et le couvert de nos amis souterrains tout en remontant le temps vers une époque dominée par les bactéries et les



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 ravageurset à la phytopharmacie !

plantes pionnières (voir plus haut). Or, par ce pas en arrière et surtout par les doses élevées d'azote inorganique, on acidifie et oxyde le milieu tout en détériorant la vie et la matière organique du sol. Du côté de la plante on provoque de l'**hypertrophie** des parties aériennes et de l'**atrophie** au niveau des racines, véritable clé de la santé et de l'immunité d'une plante. Par ces déséquilibres on affecte non seulement la stabilité et le bon fonctionnement du sol, mais, en perturbant les processus liés à la nutrition et à

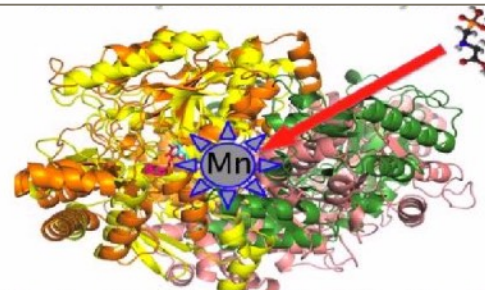
l'**évapotranspiration** des plantes, on affaiblit aussi les cultures. L'incompréhension des processus de la Nature, en particulier l'importance d'un développement équilibré entre racines, micro-organismes et parties aériennes, se solde par la vulnérabilité des cultures face aux maladies, aux ravageurs et aux stress climatiques. En même temps, les excès de nitrates ainsi que le manque de matière organique et d'agrégats



Francis Chaboussou, un chercheur hors pair, violemment attaqué et écarté par ses collègues.

stables augmentent la pression d'adventices (plantes pionnières nitrophiles) qui cherchent 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 la conduite des cultures. Comme l'a montré **Francis Chaboussou (1908-1985)**, chercheur à l'INRA de Bordeaux

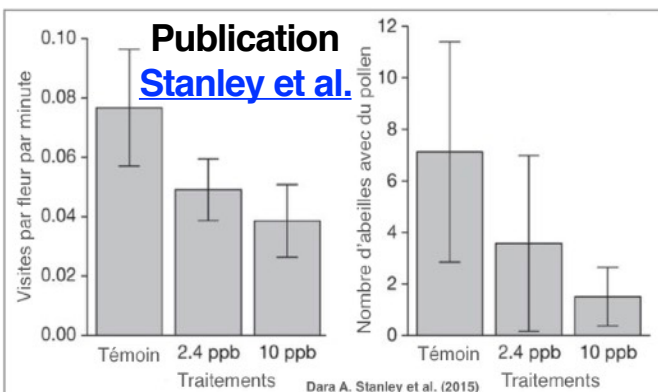
de 1933 à 1976, père du concept de la "**trophobie**" et auteur des livres "**Les plantes malades des pesticides : Bases nouvelles d'une prévention contre maladies et parasites**" et "**Santé des Cultures**", **ces biocides ainsi que les engrais chimiques hydrosolubles perturbent la physiologie des végétaux et l'équilibre complexe et fragile entre protéosynthèse et protéolyse**. En enrichissant les tissus de la plante de substances solubles, ce processus produit une nourriture à la portée des systèmes de digestion primitifs des parasites qui, eux, ne sont pas en



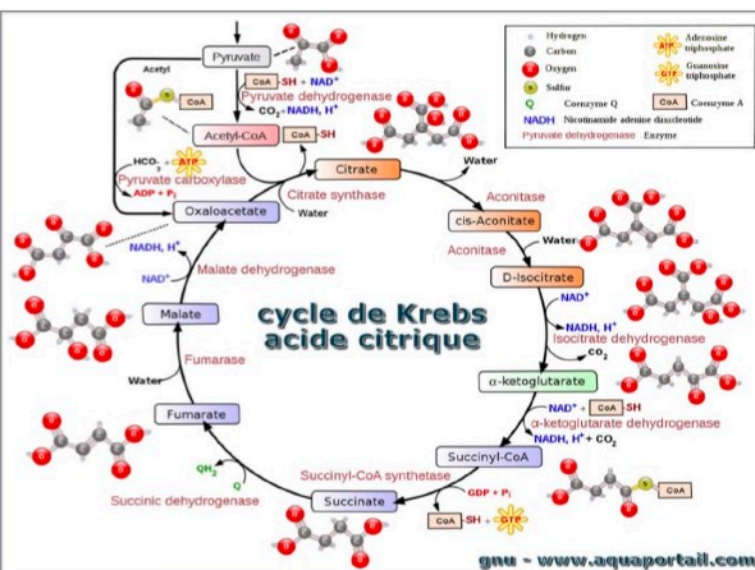
S, Fe, Cu, Zn, Ca, Mg, Co, Mn, Mo, Se

Par une action sur les minéraux, les micro-organismes ainsi que les enzymes (métalloprotéines) et leurs cofacteurs (cations) **de nombreux pesticides et engrais de synthèse, perturbent la physiologie des plantes et l'équilibre complexe entre protéosynthèse et protéolyse**. Ce déséquilibre entraîne une accumulation dans les tissus de substances solubles qui sont la nourriture parfaite pour le système de digestion primitif des parasites.

Ces mêmes processus perturbent aussi la vie du sol et entraînent des carences minérales au niveau des plantes, des récoltes et de leur qualité alimentaire.

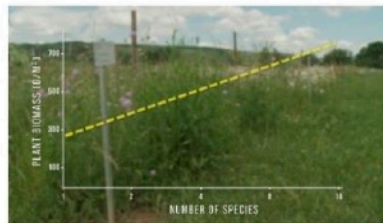
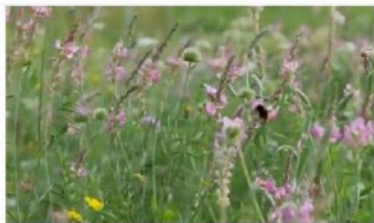


L'exposition aux pesticides réduit les services de pollinisation que les abeilles et les bourdons fournissent aux pommiers, une culture d'importance économique mondiale. Les colonies d'abeilles et de bourdons exposées à un **pesticide de la famille des néonicotinoïdes** ont moins visité ces arbres et ont recueilli moins souvent du pollen. Plus important encore, ces colonies exposées aux pesticides ont produit des pommes contenant moins de pépins, un défaut qui entraîne des pommes déformées et d'une moindre qualité.

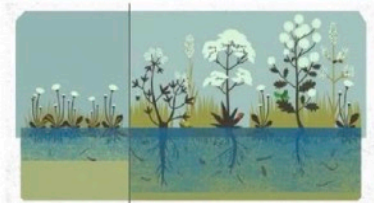


Le **cycle de Krebs**, découvert en 1937 par le biochimiste allemand Hans Krebs, est l'un des cycles métaboliques les mieux connus. Il y a des milliers d'autres qu'on connaît moins bien, voire pas du tout, sans parler des interactions entre d'innombrables molécules et réactions biochimiques, potentiellement affectées par les engrais et pesticides de synthèse.

La diversité l'emporte sur la monoculture



De meilleurs rendements et une meilleure résilience face aux aléas climatiques



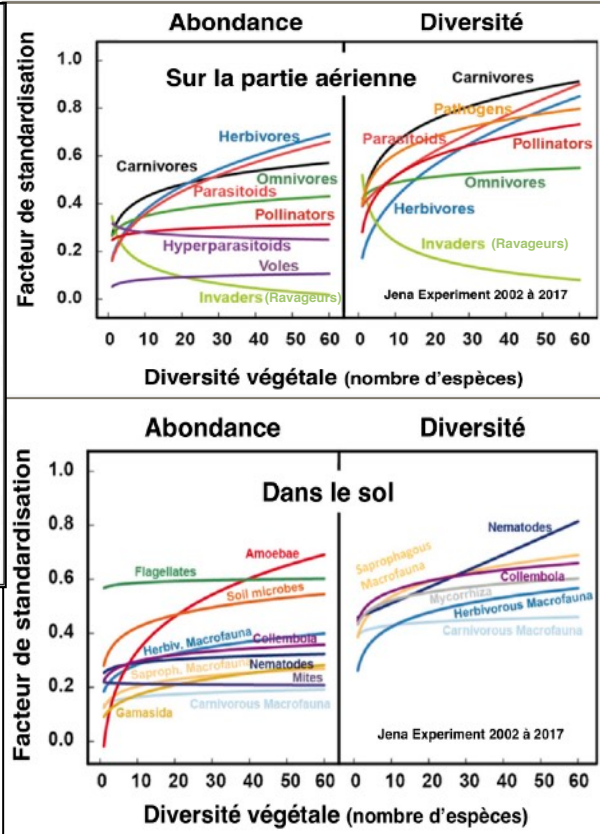
Une meilleure infiltration de l'eau



Plus de nutriments et moins de lessivage

Le [JENA EXPERIMENT](#) sur la biodiversité (2002-19)

La diversité végétale engendre de la diversité et de l'abondance quant aux organismes du sol et à la faune sauvage. Ce processus nourrit une boucle vertueuse qui favorise la pollinisation ainsi que l'enrichissement de la flore et de la faune sauvage, y compris insectes et oiseaux bénéfiques au développement et à la santé des cultures.



mesure de digérer des protéines et des polysaccharides complexes telles qu'on les trouve dans une plante vigoureuse munie d'un bon système immunitaire⁶. Outre cette problématique, les pesticides empoisonnent aussi les vers de terre et les insectes bénéfiques et provoquent des *mutations et des multiplications accélérées de ravageurs (...et d'adventices) résistants* étant donné que *c'est le chemin que la Nature emprunte pour panser des plaies et produire des survivants* (voir INRA : [Moins de bio-agresseurs en bio](#) et [C. E. LaCanne et al. : Regenerative Agriculture](#)).

En s'inspirant du travail de Francis Chaboussous et de bien d'autres, on finit par réaliser que les pesticides ont souvent des effets secondaires (voir aussi l'étude Inra-Inserm ci-contre) et que leur efficacité sera toujours partielle et limitée dans le temps étant donné qu'ils ne traitent que les symptômes et non pas la cause. A terme, ce n'est que la plante elle-même qui, par sa vitalité et son équilibre physiologique, puisse empêcher qu'une maladie ou un ravageur ne la malmène. Ce n'est qu'elle et non pas une quelconque molécule ou cocktail chimiques, aussi sophistiqués soient-ils, qui puissent être la solution et le "répulsif" ultime face à toutes sortes d'agresseurs !

Les champs à l'image des prairies - la diversité l'emporte sur la monoculture

Le modèle holistique développé par Ingham colle parfaitement avec le concept que *"la prairie est la mère du"*



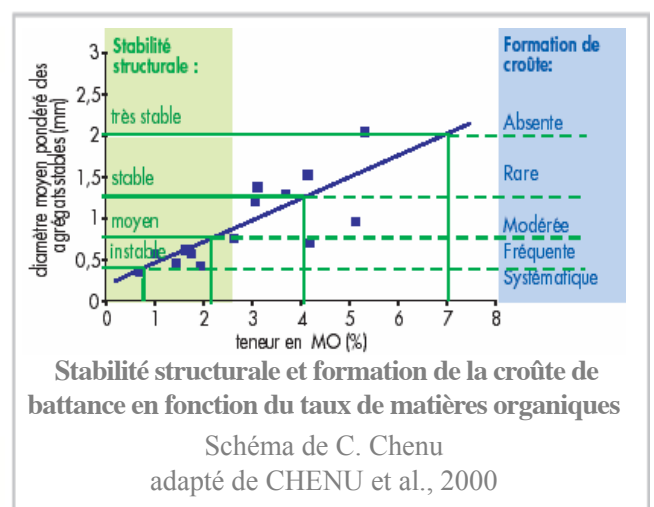
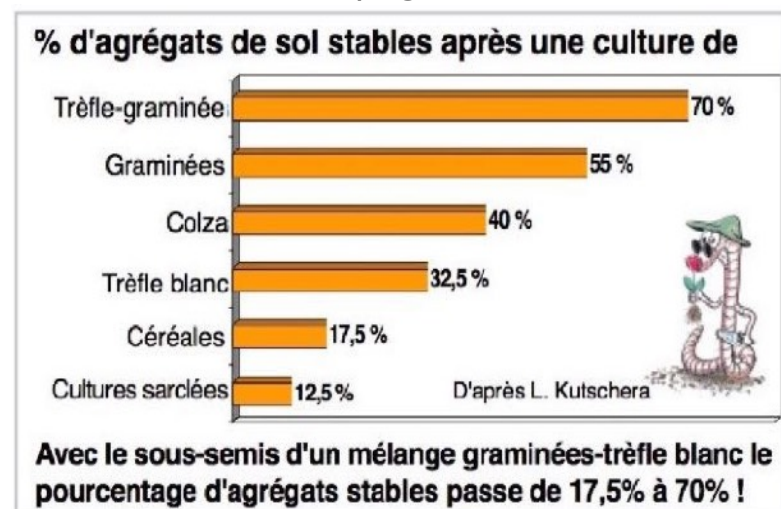
⁶ Si le parasite (qu'il soit insecte, champignon, bactérie ou virus) se multiplie et devient virulent, c'est parce qu'il dispose, dans les tissus de la plante, de la nourriture facile à digérer et des conditions adéquates pour se développer. **Qu'est ce qui rend la plante appétible pour le parasite ? C'est la présence excessive de substances solubles (sels minéraux, acides aminés, sucres réducteurs) dans ses tissus, et l'insuffisance de la protéosynthèse, clé de la santé.**

Les engrais de synthèse et les pesticides sont responsables de cette inhibition de la protéosynthèse, par empoisonnement direct de la plante, mais aussi, indirectement, par la destruction des micro-organismes du sol.

champs". Aussi, tous les agriculteurs savent que **la pression d'adventices et de maladies est fortement réduite dans une culture implantée derrière une prairie et 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 structure plus aérée, une meilleure infiltration de l'eau de pluie, un taux de matières organiques et d'azote plus élevé et un meilleur équilibre bactéries/champignons. Après quelques années d'une prairie diversifiée et *bien gérée*, le sol perd sa fragilité et sa susceptibilité à la battance et à l'érosion, devient plus facile à cultiver, résiste mieux à la sécheresse, 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** (voir aussi [annexe 5](#) : L'Agriculture Régénérative, une Agriculture du Vivant).

Pour sortir du cercle vicieux des processus dégénératifs et de la lutte acharnée si caractéristique de l'agriculture moderne, il suffirait donc de réduire les interventions qui fragilisent la vie, notamment fongique (mycorhizes), du sol et les plantes pour **s'approcher du modèle de la prairie naturelle, où la vie du sol trouve des conditions optimales pour son développement**. 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 et pratiquement toute l'année une diversité de plantes avec notamment des graminées, légumineuses et crucifères**. En augmentant la vie du sol et en gagnant en matière carbonée, en azote et en fertilité, la terre retrouve sa capacité naturelle et durable d'assurer tous les ans une production en quantité et en qualité.

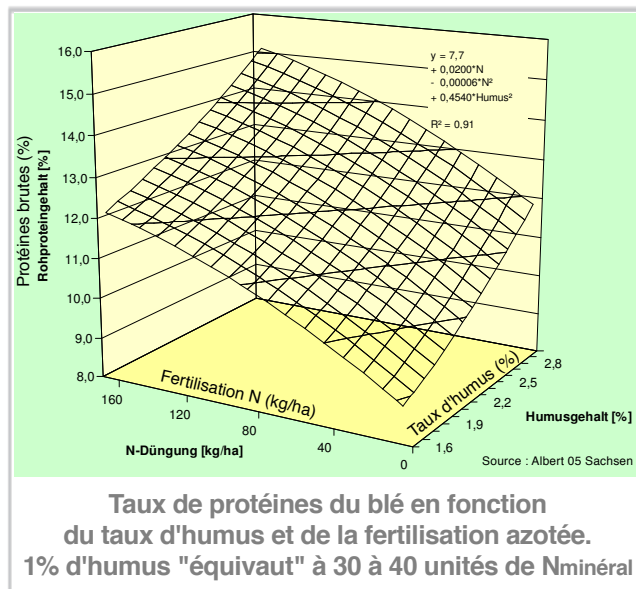
Aussi, grâce à une meilleure couverture du sol, un meilleur équilibre minéral et micro-biologique, une plus grande diversité de la végétation et de la vie souterraine, la pression d'adventices et de bio-agresseur diminue et devient plus facile à gérer. D'autres atouts de cette approche agronomique, souvent désigné par le terme "Agriculture Régénérative", se trouvent dans l'amélioration de la structure et de la porosité du sol, de la circulation de l'air et des échanges gazeux, du stockage de l'eau et des nutriments⁷. Accompagnée d'une diminution



⁷ 1% de matière organique stocke environ 20 à 30 mm d'eau (200 à 300 m³/ha) sur les premier 25 cm et bien plus si l'on tient compte du développement humique du sous-sol (voir page 44). Cette réalité gagne en importance avec le dérèglement climatique et les canicules à répétition qui alternent avec des excès d'eau et d'érosion hydrique. En créant un milieu favorable au développement de la vie microbienne, l'augmentation de la matière organique est le moyen pour stocker l'eau de loin le plus efficace, le moins cher et le plus intéressant du point de vue agronomique !

du taux de sels solubles, notamment de nitrates, dans l'eau circulante et dans le tissu des plantes, **on s'éloigne peu à peu des déséquilibres qui font la vie belle aux adventices, maladies et ravageurs.**

Pour apporter davantage de biodiversité et d'équilibre, il n'est pas rare dans ce type de situation de voir des orientations vers l'agro-écologie, la bio, la biodynamie, l'agroforesterie ou l'élevage. Par ces orientations, en particulier avec l'introduction d'un troupeau d'ovins et/ou de bovins mené en pâturage régénératif, on crée des plus aussi bien du point de vue agronomique qu'économique et environnemental. Aussi peuvent-elles



Maïs grain population en bio Rendement 95 q/ha sans fertilisation

Implanté après un couvert d'hiver - MO 5,8%, sous-semis trèfle blanc/ray-grass allemand tardif lors du binage.

En 5 ans d'Agriculture Régénérative, la MO de cette parcelle est passée de 3,4 à 5,8% (+0,5%/an)

permettre l'installation de jeunes agriculteurs sur un domaine céréalier. En demandant un investissement très modeste, ce type d'arrangement est gagnant pour tout le monde : le jeune éleveur, le sol et le céréalier.

En améliorant la santé du sol et des plantes, on améliore aussi la qualité des produits et des semences (augmentation du taux et de la qualité de protéines p. ex.). Au lieu de dégénérer en raison de sols appauvris et de plantes affaiblies, les semences de ferme s'améliorent ainsi d'année en année pour mieux s'adapter au lieu. Comme l'a montré un agriculteur bio autrichien en récoltant 95 q/ha en semant sa propre semence de maïs population dans un sol fertile avec presque 6% d'humus après 5 années d'Agriculture Régénérative (... il est passé de 3,4 à 5,8% de MO en 5 ans)⁸, ce choix permet aussi de se libérer du coût élevé et autres contraintes liés aux semences hybrides⁹.

⁸ Un gain annuel de 0,5% sur une profondeur de 25 cm correspond à environ 15 t/ha de matière organique ou 9,3 t/ha de carbone. C'est aussi la séquestration d'environ 33 t/ha de CO₂ atmosphérique ou l'équivalent de l'émission annuelle d'environ 15 voitures !

⁹ Cet agriculteur participe au programme de séquestration de carbone de la [Oekoregion Kaindorf](#). Organisée sur une base privée et volontaire, cette initiative est financée par des entreprises soucieuses de leur impact environnemental. En achetant aux agriculteurs, par l'intermédiaire d'un organisme à but non-lucratif, des certificats carbone pour compenser les émissions de CO₂ liées à leurs activités, elles récompensent leurs services éco-systémiques à hauteur de 30€ par tonne de CO₂ séquestrée. Inspiré par le modèle autrichien, un tel programme a vu le jour récemment en Allemagne et en Suisse. Une version française de cette initiative est au stade d'une étude préliminaire.

Perspectives

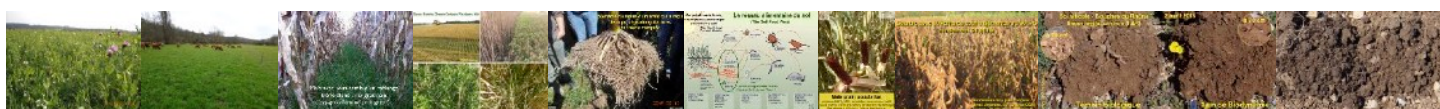
"L'histoire de chaque nation s'écrit finalement
de la manière dont celle-ci prend soin de ses sols"

Franklin D. Roosevelt,
Président américain 1933-1945

Conscient du fait que la vie, les plantes, le sol, l'environnement et la santé forment un tout et font mauvais ménage avec les engrais de synthèse, les pesticides, le travail du sol intensif et le tassement provoqué par les engins lourds, une nouvelle vision, un nouveau modèle agronomique, un nouveau chemin s'imposent. Un chemin qui est attentif aussi bien aux obligations de performances productives et économiques que des conséquences environnementales et sociales devenues inacceptables au regard de la durabilité et de l'équité inter-générationnelle. Déjà bien défriché par de nombreux agriculteurs, scientifiques et conseillers, ce chemin tient compte de l'énorme complexité du monde de la vie et des processus naturels ainsi que de la nécessité de travailler en harmonie avec eux. Guidée par une vision holistique, le nouveau modèle est basé sur des sols vivants riches en microorganismes, matière organique, réserves hydriques et nutritionnelles où la promotion de l'auto-fertilité et des équilibres biologiques priment sur la lutte acharnée contre maladies, ravageurs et adventices. Une agriculture performante, autonome et faible consommatrice en ressources où l'agronomie, l'économie, l'écologie et le social 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 internet

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

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

Christine Jones

[La voie méconnue du carbone liquide](#)

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

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

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

[SOS : Save our Soils \(Sauver nos Sols\) ! - interview parue dans TCS n° 104 sept/oct 2019](#)

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

John Kempf

[La pyramide de santé des plantes \(traduction par M-T Gaessler\)](#)

Webinars en anglais : <https://www.advancingecoag.com/webinars>

Podcasts en anglais : <http://regenerativeagriculturepodcast.com>

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](#)

Francis Chaboussou : [La santé des cultures, une révolution agronomique \(1984\)](#)

Francis Chaboussou : [Les plantes malades des pesticides : Bases nouvelles d'une prévention contre maladies et parasites \(1980\)](#)

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, initialement intitulé "Fertilisation biologique"](#)

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](#)

Ulrich Schreier : [La bio-électronique de Louis-Claude Vincent \(BEV\)](#)

Ulrich Schreier : [Le paramagnétisme un maillon oublié de la fertilité des sols.pdf](#)

AEA - John Kempf (site internet et webinars en anglais) : www.advancingecoag.com

Die Grüne Brücke - Dietmar Näser : www.gruenebruecke.de

Ecodyn : [Agriculture Régénérative](#)

Ecodyn Formations : [Cycles de formation en Agriculture Régénérative](#)

Revue TCS : <https://agriculture-de-conservation.com/-La-Revue-TCS-.html>

Adresse URL de ce document et de ses mise à jour :

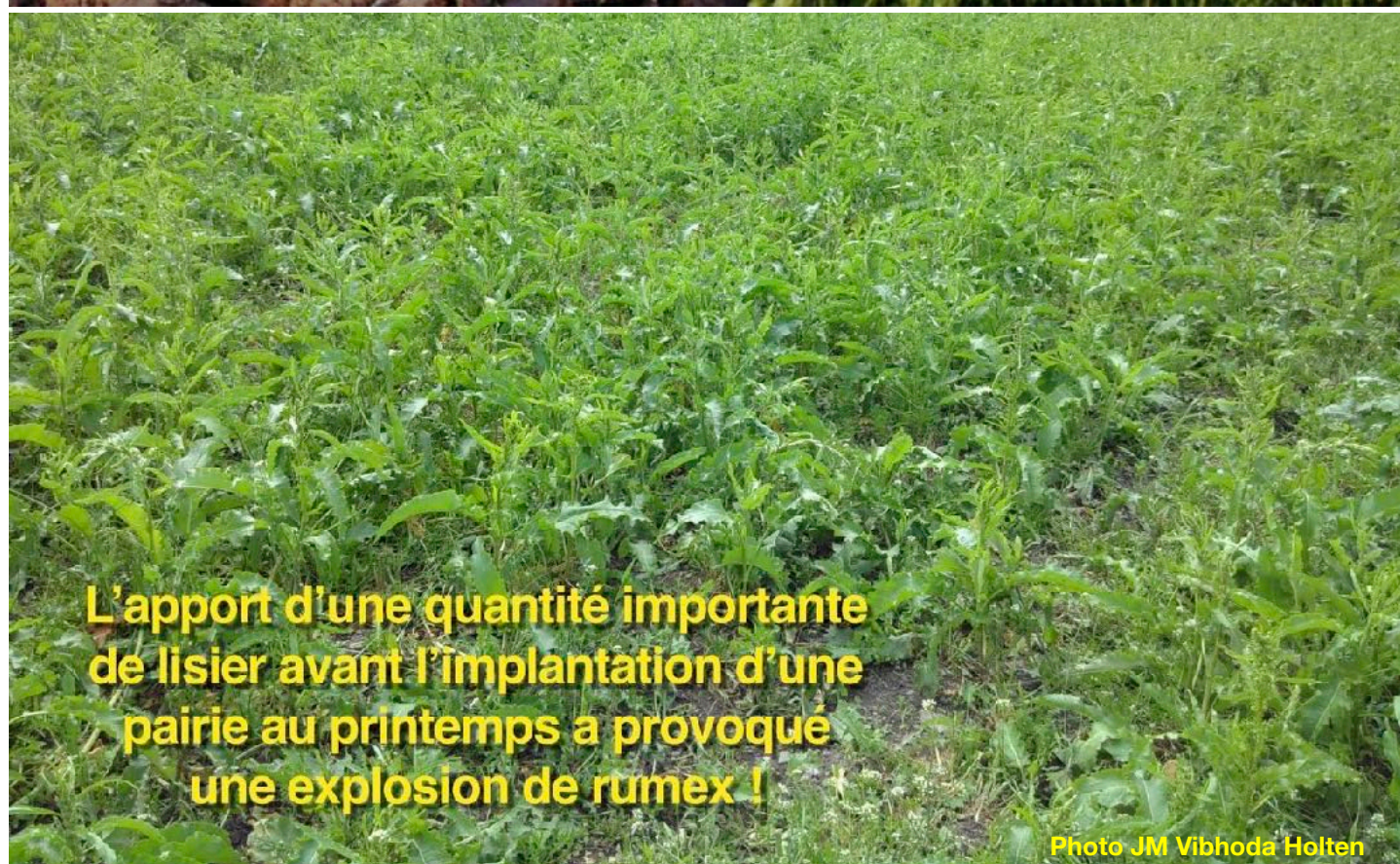
http://vernoux.org/agronomie/Notre_agriculture_ne_ferait-elle_pas_la_vie_belle_aux_adventices_et_aux_ravageurs.pdf

Ulrich Schreier, Dipl. chem. ETH, Château de Vernoux F-49370 Le Louroux Béconnais



Mai 2017 (MAJ octobre 2019)

Annexe 1: Adventices, maladies et ravageurs





Une mauvaise
décomposition du couvert
(putréfaction - mauvaise odeur)
fait la vie belle
aux limaces !

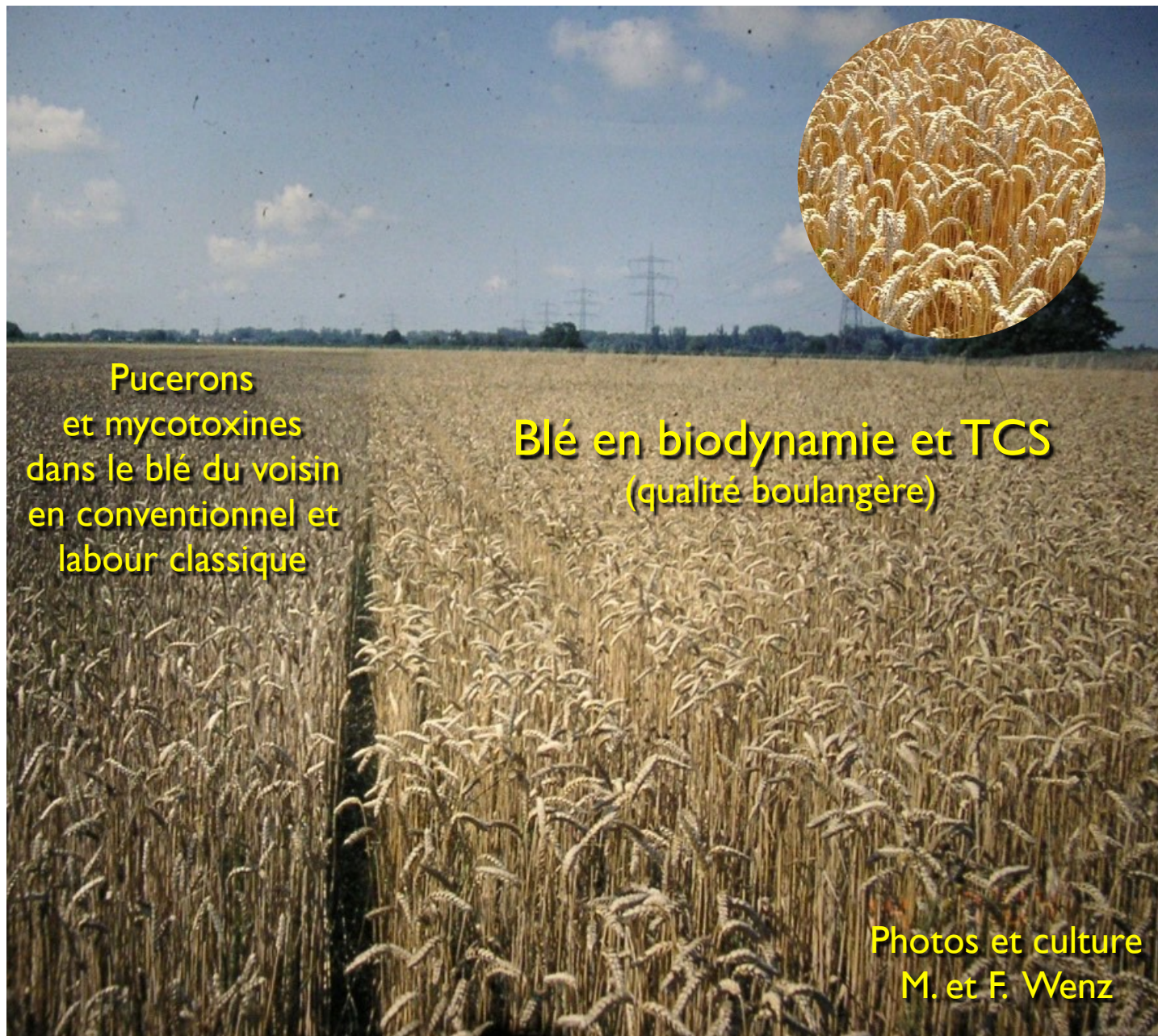
Par des ferments lactiques qui contribuent à la bonne
décomposition du couvert végétal, l'agriculture régénérative
permet de mieux gérer le problème des limaces !

**Agriculture régénérative : la préparation du sol par fraisage
suivie du compostage de surface avec ferments lactiques
a permis de venir à bout du problème de nématodes !**



**Préparation du sol par labour classique et herse rotative
sans ferments - gros problèmes de nématodes**

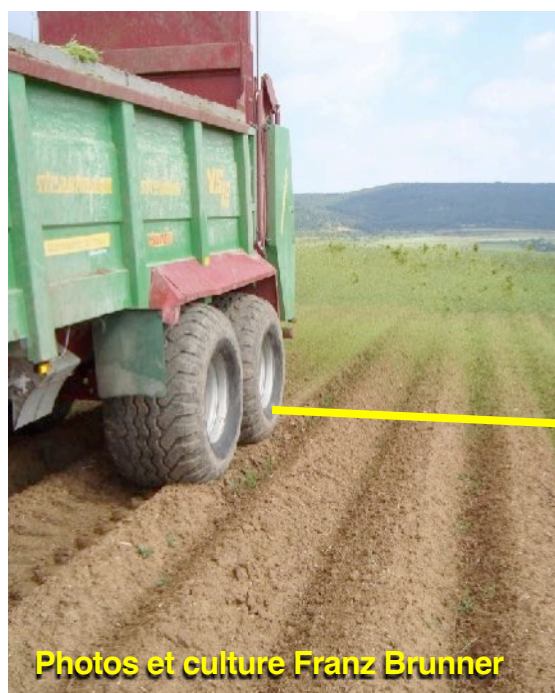
Photo Frede Larsen



Pucerons
et mycotoxines
dans le blé du voisin
en conventionnel et
labour classique

Blé en biodynamie et TCS (qualité boulangère)

Photos et culture
M. et F. Wenz



Photos et culture Franz Brunner



Pommes de Terre sous mulch

Les doryphores s'intéressent uniquement
aux plantes affaiblies par le sol tassé
lié au passage des roues de l'épandeur !!!

Malgré un juin et un
juillet pluvieux,
cette culture n'a reçu
aucun traitement

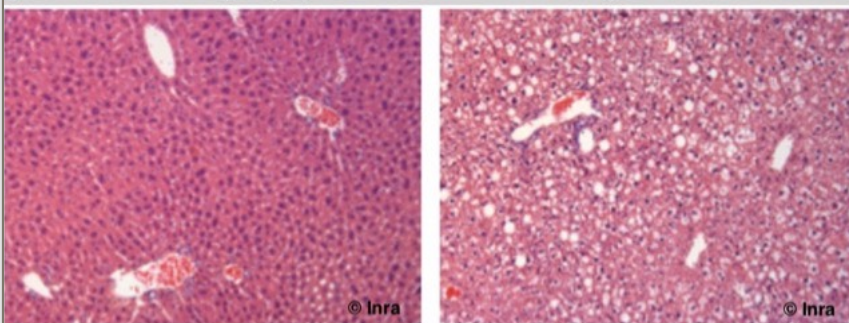
Ulrich Schreier

Annexe 2 : Le dilemme des pesticides

Quasi miraculeux dans leur rapidité de détruire un couvert ou de libérer un champs d'une jungle d'adventices et une culture d'une invasion de cryptogrammes ou d'insectes, les molécules de l'agrochimie sont ô combien pratiques, ô combien séduisantes.

Malheureusement cette efficacité est généralement liée à des mécanismes d'action qui sont à l'œuvre un peu partout dans la Nature. Ces molécules risquent donc de perturber des processus biochimiques et biologiques qu'on trouve à tous les échelons du vivant, des microorganismes du sol jusqu'à l'homme. Autrement dit, **la plupart des processus physiologiques du sol jusqu'au cerveau humain en passant par l'alimentation, la digestion, les systèmes hormonaux et nerveux, le métabolisme et la reproduction de tout ce qui vit sur la planète, sont potentiellement concernés par l'emploi des herbicides et des produits phytosanitaires.**

Etude Inra-Inserm : les animaux exposés par l'alimentation à de faibles doses de pesticides prennent plus de poids et présentent des perturbations métaboliques (diabète, stéatose hépatique) - *Environmental Health Perspectives* du 25-06-2018



Coupes histologiques de foie de souris mâles : les animaux exposés aux pesticides présentent une accumulation de graisses dans le foie (stéatose du foie)

Le mode d'action du glyphosate qui se trouve désormais au centre d'un énorme tsunami sociétale, passe par la mise hors jeu du manganèse, le co-facteur de [l'enzyme EPSP synthase](#) de la voie du shikimate. Ce blocage empêche la production d'acides aminés aromatiques indispensables à la synthèse de certaines protéines et la croissance de la plante. Comme la même voie biochimique pour synthétiser ces acides se trouve aussi chez les microorganismes, les effets perturbateurs du glyphosate ne s'arrêtent pas aux plantes, mais risque d'affecter la vie du sol, les vers de terre et la flore intestinale des animaux et de l'homme. De plus, grâce à sa capacité de capturer par chélation différents oligoéléments qui servent de cofacteurs à des systèmes enzymatiques complexes, on a mis la porte grande ouverte à toute sorte de mauvaises surprises, y compris des carences minérales et hormonales.

L'[alerte scientifique lié aux fongicides SDHI](#) lancé en avril 2018 par un collectif de chercheurs et de médecins est une illustration récente du dilemme qui entoure les pesticides. En bloquant l'action d'une enzyme spécifique, la SDH (succinate déshydrogénase), ces fongicides bloquent le fonctionnement des mitochondries

(les petites usines énergétiques des cellules), et donc la respiration cellulaire des champignons. Mais le mécanisme cible est à l'œuvre dans le reste du vivant – chez les mycorhizes, les bactéries, les protozoaires, les vers de terres, les plantes et aussi chez les humains où il bloque l'enzyme SDH humaine !

Compte tenu de la complexité des systèmes biologiques dont la majorité est encore très mal connue, voire pas connue du tout, il n'est pas étonnant que les surprises, accidents, interdictions et les retraits du marché sont devenues endémiques et régulièrement accompagnés de guerres de chapelles et de dialogues de sourds.

Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations

Mailin Gaupp-Berghausen, Martin Hofer, Boris Rewald & Johann G. Zaller
Scientific Reports volume 5, Article number: 12886 (2015) | [Download Citation](#)

Les herbicides à base de glyphosate réduisent l'activité et la reproduction des vers de terre et, par leur action minéralisante, entraînent une augmentation malsaine des concentrations de sels dans l'eau circulant du sol, notamment de nitrates (+1592%) et de phosphates (+127%)

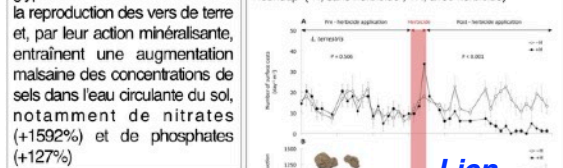


Figure 1 : Activité des vers de terre anécriques (*Lumbricus terrestris* - burreurs verticaux) avant et après l'application de Roundup (-H, sans herbicide ; +H, avec herbicide)

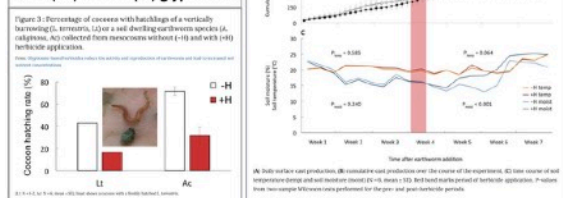


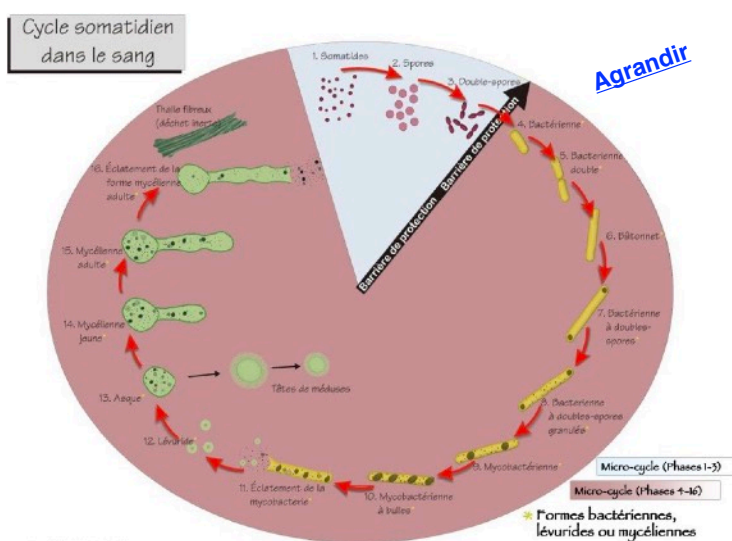
Figure 2 : Pourcentage de cocons avec hatchlings d'un ver de terre anécrique (*Lumbricus terrestris*) avant et après l'application de Roundup (-H, sans herbicide ; +H, avec herbicide)

Annexe 3 : Le microbe de Pasteur et la biologie du terrain de Béchamps

”Le microbe n’est rien, le terrain est tout”

Cette citation est attribuée à [Louis Pasteur \(1822-1895\)](#), le père du microbisme, ce modèle biologique à l’origine de notre phobie face aux microbes et de notre fascination pour la stérilisation, les désinfectants et les antibiotiques. Il l’aurait prononcé vers la fin de sa vie en reconnaissant qu’il s’était trompé de voie en désignant les microbes en tant que cause principale de la maladie. Admettant tardivement que son contemporain [Antoine Béchamps \(1816-1909\)](#) avait raison quant à son concept des microzymas et de l’importance primordiale du milieu pour le développement de tel ou tel microorganisme ou de telle ou telle pathologie. Comme ce fût déjà le cas lors de la controverse entre le modèle NPK du chimiste [Justus von Liebig \(1803-1873\)](#) et le modèle agro-écologique proposé un peu plus tôt par le médecin et botaniste [Albrecht Thaer \(1752-1828\)](#), c’est à nouveau le modèle promettant le plus de retombés industriels et financiers, qui a pris le dessus !

Le concept de Béchamps des « plus petites unités vivantes » et du « cycle des substances vivantes » a été repris par Günther Enderlein avec ses Protits, Royal Raymond Rife avec ses BXs, Wilhelm Reich avec ses Bions ou Gaston Naessens (1924-2018) et son [cycle des Somatides](#). Ces chercheurs hors pair ont découvert des organismes minuscules, pratiquement indestructibles, qu’on trouve partout dans la nature, même dans des roches sédimentaires vieilles de plusieurs centaines de millions d’années. Ces minuscules formes de vie sont polymorphes (c’est-à-dire qu’elles changent de forme selon les conditions ambiantes) et jouent un rôle fondamental au niveau de la cellule et de l’ADN. Selon Béchamps elles régissent l’activité des cellules, des tissus, des organes et de tous les organismes vivants, depuis la bactérie jusqu’à la baleine. En cas d’affection sérieuse d’un organisme, elles changent de forme et participent même à la destruction de leur hôte pour ensuite retourner vers la terre, l’eau ou l’air où elles peuvent rester pendant des années, voire des millénaires, avant de recommencer un nouveau cycle dans un autre organisme. Naessens pense que ce sont les précurseurs des virus et de l’ADN, ce qui veut dire qu’elles représentent un « chaînon manquant » reliant le « vivant » au « non - vivant ». Grâce à un microscope de conception unique qui permet l’observation d’éléments vivants à des grossissements pouvant atteindre 30 000 fois (résolution de l’ordre de 150 angström), il a pu mettre en évidence le cycle des Somatides dans le sang humain, qui passe par seize stades différents. Dans un organisme en bonne santé on n’observe que les trois premières formes de ce cycle. Mais dès l’installation d’un déséquilibre, d’une pathologie, et cela bien avant que les premiers symptômes physiques ne se manifestent, d’autres formes apparaissent dont l’étude permet d’établir un diagnostic ou de suivre l’évolution de la maladie ou de la guérison.



Les travaux de ces pionniers de la microbiologie qui ont tous subi des attaques et du dénigrement de la part de leurs pairs, retrouvent aujourd’hui toute leur pertinence par rapport aux fondements de l’Agriculture Régénérative et à la susceptibilité des plantes face aux bio-agresseurs.

Annexe 4 : Les modes de fertilisation influencent le développement racinaire

Une étude menée par Abele en 1978 montre comment le lisier frais, non traité, inhibe la croissance racinaire. L'aération, l'apport de bentonite, une argile colloïdale, et les préparations biodynamiques du compost permettent à la plante de mieux supporter le lisier. On le constate sur le rendement, la composition floristique des prairies (plus de trèfle) et la croissance des racines. C'est ce dernier aspect qui est présenté ici (Biodynamis N°31 – automne 2000).

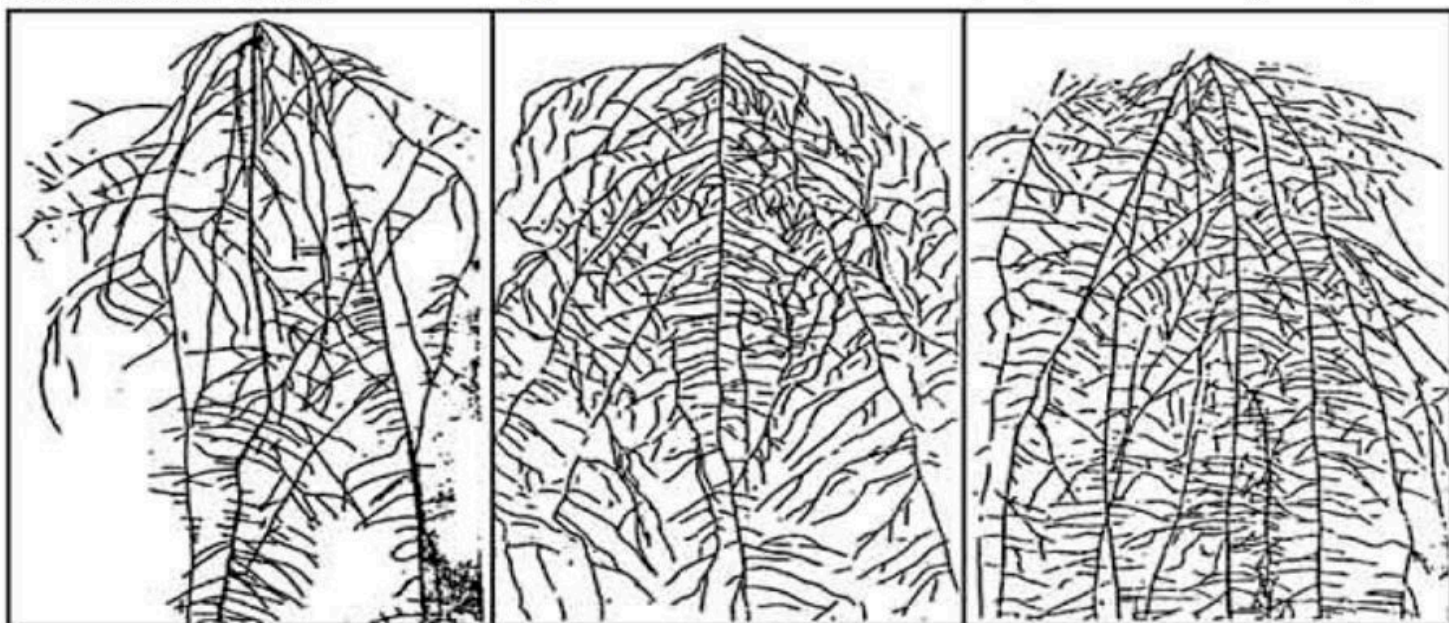
Les engrais chimiques, notamment ceux à base d'azote minéral, ont un effet similaire que le lisier non traité et entraînent aussi un développement racinaire superficiel et peu ramifié.

Lisier non traité
Profondeur 0-40 cm

(riche en
N minéral)

Lisier aéré plus (N réorganisé)
apport de bentonite

Lisier aéré plus bentonite plus
préparations biodynamiques



Profondeur 40-80 cm



Une étude de GOLDSTEIN et KOEPF (1982) sur la germination de grains de blé dans l'eau additionnée de lisier avec ou sans préparations biodynamiques montre les mêmes tendances : Le lisier non traité inhibe les racines qui restent horizontales alors que le lisier avec préparations favorise une plus grande densité et une croissance verticale des racines.

Les préparations changent aussi l'odeur et la texture du lisier : un éleveur laitier parle d'un lisier homogène et lisse à l'odeur vanillé, un autre de la transformation en 6 semaines de son lisier très pailleux en un produit fluide, homogène et huileux qui est facile à pomper et à épandre.

Annexe 5 : Travailler ou ne pas travailler la terre, telle est la question

Voilà une question qui divise le monde agricole de multiples façons et donne naissance à des discussions passionnées, voire à des arguments irréconciliables et des dialogues de sourds. A un bout du spectre on trouve le travail super-intensif avec labour profond, sous-



solage et outils animés, de l'autre le semis-direct sous couvert vivant (SDSCV) où le seul contact avec la terre se fait par des disques et/ou des dents lors du semis. Entre les deux, il y a les labours superficiels (charrues déchaumeuses), les TCS, le strip-till, la fissuration ponctuelle ou systématique et différents combinaisons de toutes ces techniques. Pour les uns c'est la maxime "**point de salut sans charrue**" qui domine, une orientation qui se retrouve souvent parmi les agriculteurs bios

qui combinent labour, sous-solage, hersage, binage, déchaumage et faux semis pour gérer mécaniquement la pression d'adventices et les problèmes de compactages, de battance et d'aération. Pour les autres, c'est à dire les SDistes en SDSCV, **c'est l'acier qui est l'ennemi numéro 1 du sol**. De leur point de vue, tout travail de sol est à proscrire.

D'après les résultats qu'on observe en Agriculture Régénérative (voir p. ex. la culture de maïs population à la page 16 avec un gain de 2,4 points de MO en 5 ans !) où le semis direct a sa place, mais aussi le travail du sol superficiel et la fissuration, **la vérité semble être bien plus complexe et bien plus nuancée**. Aussi, ne se limite-t-on pas à des considérations purement mécaniques, mais on s'intéresse en premier lieu aux aspects qui touchent aux équilibres chimiques et biologiques, notamment microbiens, du sol et des plantes.

Toute certitude et tout dogme sont dangereux en agriculture et dans le royaume de la Vie qui ne se plie ni à la volonté de l'homme, ni à ses certitudes intellectuelles, aussi logiques et rationnelles soit-elles. Pour mieux comprendre les lois de la Nature et avancer dans le "jeu aux échecs" dans lequel celle-ci nous engage, nos meilleurs alliés sont l'expérimentation, la curiosité, l'humilité, une grande ouverture d'esprit et une bonne dose de flexibilité !

Au bout, **les véritables arbitres dans ce débat sont les équilibres biologiques, la vie et la fertilité du sol, la pression d'adventices, la santé des cultures et leur résilience**



Le sous-semis multi-espèces est un pilier important de l'Agriculture Régénérative Ici le mélange graminées/légumineuses/crucifères [Green Carbon Fix](#) composé de 8 espèces.

face aux bio-agresseurs et aux aléas climatiques, la régularité et la qualité des récoltes, différents critères économiques, écologiques et sociales. Or, en avançant sur le chemin de l'Agriculture Régénérative, on découvre peu à peu les failles du paradigme agro-chimique et le pourquoi du comment des controverses qui secouent le monde agricole et agroalimentaire. On s'aperçoit que ni le travail du sol intensif, ni les engrais chimiques, ni les pesticides sont nos amis, ni ceux des plantes et de la vie du sol, *surtout pas des microorganismes*. Tôt ou tard, ils risquent de parasiter aussi bien la santé et la productivité de nos terres et de nos cultures que la santé de notre corps et de notre porte-feuille.

Les TCS et le semis direct ne sont qu'une partie du puzzle !

Les couverts, les cultures associées, les TCS et le semis direct sont une avancée considérable comparé au labour profond, aux jachères, sols nus longue durée et au manque de biodiversité des systèmes habituels. Malgré ce pas en avant, on atteint peu à peu de nouveaux plafonds quant à l'augmentation de la matière organique et la fertilité, aussi bien dans les horizons supérieurs qu'en profondeur. Rare sont les cas en semis direct sous couvert vivant (SD-SCV), où, sur les premiers vingt centimètres, on voit un gain en matière organique au dessus de un point en 10 ans. En dessous, les augmentations sont généralement bien plus modestes encore. Cette problématique, accompagnée d'une acidification des premiers centimètres et l'apparition d'un horizon de compactage, est peut-être l'une des raisons pour le développement du strip-till ces dernières années. Celui-ci combine certains aspects du semis direct avec un travail de sol superficiel en bandes, associé à une fissuration sur la ligne de semis ou juste à coté.



Et si on " imitait " la prairie ?

En s'inspirant du fonctionnement d'une prairie diversifiée, ***l'Agriculture Régénérative, une agriculture du ToujoursVert, va plus loin*** que le SDSCV et les systèmes agro-écologiques proposés habituellement. S'adressant aussi bien aux modèles conventionnels, agro-écologiques et biologiques, elle permet notamment de diminuer peu à peu, voire d'éliminer à terme totalement, les engrais de synthèse, les molécules phytosanitaires et les herbicides, sans se noyer pour autant dans une jungle d'adventices ou voir ses récoltes pénalisées par des maladies ou des ravageurs. En même temps, cette approche agronomique qui s'appuie sur un bon développement de la vie souterraine (agriculture 3D !), ouvre le chemin vers des sols riches en humus, une bonne structure et porosité, une bonne infiltration et un bon stockage de l'eau, un enracinement profond et un volant d'auto-fertilité suffisant pour alimenter les cultures. Associés à une plus grande régularité et autonomie des productions, ces atouts permettent la reconstruction et la protection du capital sol et de l'environnement, et, par la réduction des intrants et des coûts de production, une meilleure rentabilité.

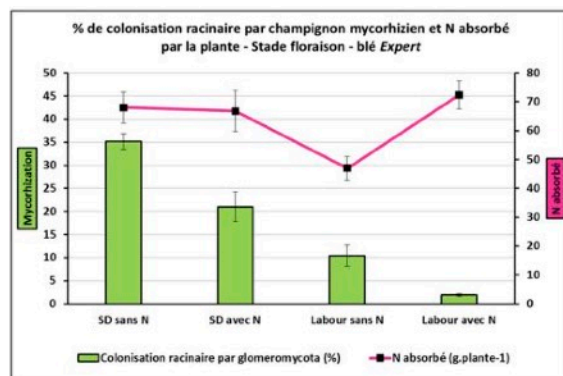
Annexe 6 : Pourquoi les gains de matières organiques sont souvent faibles ou plafonnent rapidement ?

Différents facteurs expliquent les faibles gains en matière organique et le manque de développement des sols, y compris en profondeur. Même en SDSCV, où on ne travaille pas la terre du tout, les gains en MO sur 10 ans dépassent rarement un point sur les premiers 20cm, avec des augmentations généralement bien plus faibles en dessous.

- **Des pratiques intensives et répétées à faibles intervalles (labour profond, outils animés, déchaumage, sous-solage, hersage, binage, engrais minéraux à hautes doses, notamment azotés, perturbent la vie du sol et conduisent à terme à la perte de matière organique, la "fermeture des sols", la battance, l'érosion, la pression d'adventices, de maladies et de bio-agresseurs.**

- Le traitement des semences avec des pesticides perturbe la vie du sol et la physiologie des plantes. Il est particulièrement préjudiciable pour les champignons, notamment les mycorhizes.

- Aussi bien les engrais chimiques, en particulier les sels à base d'azote et de phosphore, que le tassement provoqué par du matériel lourd et le travail du sol intensif, surtout en cas de grandes vitesses d'avancement, **détruisent les réseaux mycéliens, les agrégats et la structure du sol. En hébergeant des microorganismes (mycorhizes, bactéries, y compris fixatrices d'azote atmosphérique, enzymes etc.), les agrégats sont les unités fonctionnelles, les "usines chimiques" et les "garde-manger" d'une terre fertile.** C'est d'une part un lieu de stockage de l'eau et d'éléments nutritifs pour les cultures, et de l'autre le milieu où se déroulent les échanges gazeux et une bonne partie des processus bio-chimiques qui sont essentiels au bon fonctionnement de la vie du sol et des plantes (voir [schéma](#) plus haut d'un agrégat du sol).



T. Tétu et al. : La fertilisation azotée réduit la mycorhization du blé. Cet effet est particulièrement prononcée sur les sols labourés.



Le traitement des semences avec des insecticides et notamment des fongicides inhibe la mycorhization.

- A cause de **l'appauvrissement des rotations, des cultures mono-espèce** et de la difficulté de travailler avec des mélanges complexes et des sous-semis diversifiés dans des systèmes avec herbicides, **la végétation et la biologie du sol manquent de diversité.**
- La monotonisation et l'appauvrissement du monde végétal et des paysages causent un **appauvrissement de la vie du sol et du monde des insectes, des oiseaux et de la faune sauvage.**
- Etant nourris en premier lieu par les exsudats racinaires de plantes jeunes, **les microorganismes du sol manquent de nourriture lors de la maturation des cultures et suite au déchaumage en pleine canicule.** La situation est aggravée lors des périodes prolongées sans végétation (chaumes, sols déchaumés et sols nus avec des températures au dessus de 40°C - voir aussi page 44).
- En roulant les couverts et en laissant leurs résidus à la surface du sol au lieu de les incorporer superficiellement par un compostage de surface, on perd par digestion microbienne et oxydation une bonne partie de l'énergie, du carbone, de l'azote et du soufre présents dans leurs parties aériennes.

- Au lieu d'accumuler les matières fertilisantes par la voie d'exsudats racinaires riches en glucides et le métabolisme microbien des cultures, couverts et sous-semis, on s'appuie sur **les engrais hydrosolubles épandus superficiellement. Etant antagonistes à la vie du sol, mais facilement assimilables par les cultures, ces fertilisants dissous dans l'eau circulante engendrent des systèmes racinaires superficiels qui, peu ramifiés et pauvres en microorganismes**, ont du mal à structurer le sol, surtout en profondeur (voir aussi l'[annexe 2](#)).
- Les engrais chimiques, en particulier les matières azotées et phosphorées inhibent la vie du sol et déséquilibrent la plante. Ils provoquent notamment **une pousse aérienne hypertrophiée et un système racinaire atrophié**. Or, pour une santé optimale il faudrait l'inverse avec un pôle racinaire dominant, fortement ramifié et colonisé par une flore microbienne abondante (rhizosphère). Un système racinaire puissant et profond est un facteur de rendement important et l'élément clef pour la bonne santé d'une plante et de sa résilience face aux maladies, ravageurs et au stress.
- **Les engrais azotés acidifient le sol et interfèrent dans la mobilisation et l'assimilation des minéraux et oligoéléments pouvant entraîner des carences et/ou des phytotoxicités liées à des éléments tels que l'aluminium ou le manganèse.**
- En perturbant la vie microbienne, les engrais azotés **favorisent la germination et la prolifération des adventices** (plantes pionnières nitrophiles, majoritairement dicotylédones).
- **La fertilisation basée sur les sels solubles est tributaire de la pluviométrie.** Etant difficile à contrôler, elle est source de déséquilibres et peut provoquer des périodes de stress dus soit à des excès soit à des manques.
- Les herbicides et les produits phytosanitaires provoquent souvent des brûlures et du stress sur les cultures ce qui affecte leur équilibre physiologique, leurs défenses immunitaires et leur potentiel de rendement.
- Par leur pouvoir de chélation certains pesticides et notamment le glyphosate captent des minéraux tels que le Ca, Mg, Fe, Mn et différents oligoéléments, un processus qui entraîne des carences et une fragilisation au niveau des plantes et des microorganismes du sol.
- **Les engrais phosphatés solubles dans l'eau (MAP et DAP) dérèglent le métabolisme du phosphore** en inhibant la vie microbienne du sol et surtout les mycorhizes. Ceci empêche l'assimilation du P stocké dans les sols d'origine naturel ou issu d'apports précédents qui ont été insolubilisé par différents cations du sol.



Un système racinaire puissant et ramifié avec des agrégats de sol stables qui adhèrent aux radicelles en formant une gaine rhizosphérique, est le signe d'une plante en bonne santé capable de se protéger contre maladies, ravageurs, sécheresse et autres situations de stress.



Phytotoxicité sur les feuilles de maïs par un herbicide à base de bromoxynil.



Le glyphosate capte les minéraux

A 200 ppm de Ca dans l'eau, le désherbage au glyphosate devient inefficace (photo de droite). C'est la raison pour laquelle on a intérêt d'utiliser de l'eau de pluie ou de l'eau osmosée (deminéralisée) pour les traitements à bas volume.

Par ce même mécanisme de séquestration, cet herbicide total ainsi que certains autres pesticides mettent des minéraux et enzymes hors jeu, pouvant provoquer des carences et une fragilisation au niveau des cultures, des récoltes et du sol.

- Le phosphore dont les réserves naturelles diminuent comme une peau de chagrin, est un des talons d'Achille du modèle agro-chimique. Bien qu'il y en ait assez dans beaucoup de sols pour durer des siècles, dont une bonne partie est liée à des apports antérieurs, bloqués sous des formes insolubles, il ne peut être mobilisé et rendu accessible pour les cultures que par une flore microbienne fonctionnelle.
- Les engrais facilement lessivables et les minéraux libérés par le travail du sol intensif n'ont pas seulement tendance à perturber le développement racinaire, mais, en descendant dans le profil par lixiviation, minéralisent et déstructurent les horizons inférieurs.

• **Les engrais chimiques et les pesticides perturbent la protéo-synthèse et les processus biochimiques** liés aux colloïdes, enzymes et catalyses enzymatiques, les transferts énergétiques (cycle $ATP \leftrightarrow ADP$), hormones, l'ADN, la division cellulaire, la reproduction, etc. (voir aussi les travaux de Francis Chaboussou et de John Kempf). Cette situation se trouve aggravée par l'**interdépendance et la grande complexité de ces processus qui, de plus, sont souvent très mal connus.**

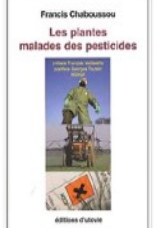


Francis Chaboussou (1908-1985), chercheur à l'INRA de Bordeaux (1933-1976), père du concept de la "**trophobiose**" et auteur des livres "**Les plantes malades des pesticides**" et la "**Santé des cultures**"

"Ce qui rend la plante appétible pour le parasite c'est la présence excessive de substances solubles (sels minéraux, acides aminés, sucres réducteurs) dans ses tissus, et l'insuffisance de la protéosynthèse, clé de la santé".

"Les engrais de synthèse et les pesticides sont responsables de l'inhibition de la protéosynthèse, par empoisonnement direct de la plante, mais aussi, indirectement, par la destruction des micro-organismes du sol".

Ulrich Schreier, Eco-Dyn Formation

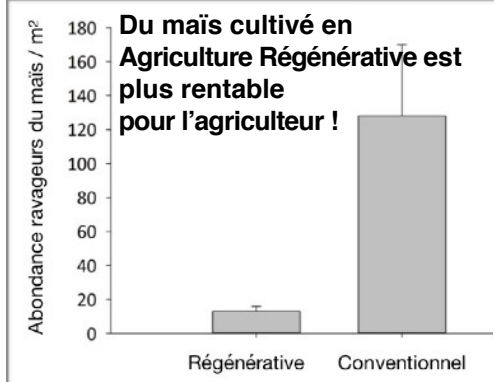


- L'action perturbatrice des engrais chimiques et du travail du sol intensif avec leurs effets acidifiants, oxydants et minéralisants, sont particulièrement prononcés dans des sols avec peu de matière organique et peu d'agrégats stables qui, par le biais de leur pouvoir tampon, permettraient la séquestration des sels en solution véhiculés par l'eau circulante du sol. Grâce à des taux de matière organique plus élevés, ce problème se trouve atténué dans les cultures derrière une prairie ou un engrais vert, en TCS et en semis direct, en particulier en SDSCV.
- La décomposition et le recyclage des matières organiques et des toxines, notamment des mycotoxines, se fait mal en présence de pesticides et surtout de fongicides.
- D'autres problèmes sont liés à la rémanence des herbicides ainsi que la toxicité directe des pesticides, de certains engrais de synthèse et de leurs produits de décomposition par rapport à la vie en générale et aux microorganismes et aux insectes pollinisateurs en particulier.

En résumé : le travail du sol intensif et les engrais chimiques à hautes doses, en particulier ceux riches en azote, potasse et phosphore solubles (NPK), ont été les premiers grands perturbateurs de l'écosystème plante-sol. Par une réaction en chaîne, ils ont perturbé la vie microbienne, le développement racinaire et l'assimilation de minéraux et oligoéléments par les cultures. Les conséquences sont la perte d'humus, d'agrégats stables, de porosité et de la fertilité naturelle du sol ainsi qu'une plus grande fragilité des plantes par l'hypertrophie des parties aériennes et l'atrophie des systèmes racinaires et de la rhizosphère. Or, c'est le système racinaire qui tient la clef par rapport à la vigueur, la santé, la résilience et la productivité d'une plante. Pour faire face à cette dégradation (... on s'approche souvent de la cote d'alarme de 1% de MO), les problèmes sanitaires et une forte pression d'adventices, l'industrie agro-chimique a développé tout un arsenal sophistiqué et coûteux d'herbicides et de pesticides qui, issus d'une vision mécanistique et réductionniste de la Nature, sont devenus les outils dominants dans la mise en place et dans la conduite des cultures. **Bref, au lieu de soutenir, de nourrir**

et de promouvoir la vie, les équilibres et la santé, l'agriculture moderne, y compris une bonne partie de la bio, utilise des techniques et du matériel qui vont à l'encontre du vivant et des processus naturels. Au lieu de cultiver, de soigner et d'améliorer nos sols, nous avons tendance à les exploiter, à les appauvrir, à les fragiliser. Or, la détérioration du capital sol ne vient jamais seule, mais se trouve généralement accompagnée d'une augmentation des apports et des dépendances extérieurs ainsi que d'une perte d'autonomie et de rentabilité.

Attention : Etant donné que l'on trouve aussi bien en bio qu'en conventionnel des pratiques et des états de sol ô combien divergents, les jugements généralisés sont dangereux. Selon le contexte et les critères que l'on retient pour évaluer un système agricole, on peut arriver aux appréciations les plus variées quant à son efficacité, sa durabilité et sa compatibilité par rapport à des critères économiques, biologiques et environnementaux. Quant aux engrais chimiques et pesticides, ces produits sont bien plus problématiques sur des sols labourés, qui, laissés nus pendant de longues périodes, manquent de vie, de structure, de pouvoir tampon et de filtration, que sur des sols plus riches en microorganismes et bien structurés comme on les trouve souvent en agriculture de conservation, où, grâce aux engrais verts, la terre reste **couverte** d'une végétation diversifiée et vivante pendant une bonne partie de l'année. C'est la même situation par rapport à la résilience des cultures face aux maladies, bio-agresseurs, la sécheresse et d'autres aléas (voir triptyque ci-dessous). Pour cette raison **l'emploi d'insecticides et de fongicides devient de plus en plus rare en SDSCV, une pratique qui représente un excellent tremplin pour se libérer peu à peu des engrais chimiques et des pesticides.**



C. E. LaCanne et al., S. Dakota St University (2018) : du maïs cultivé en Agriculture Régénérative (non-labour, couverts multi-espèces, moins de fertilisants, zéro insecticides) a moins de bio-agresseurs, est mieux pour le sol et fournit plus de services éco-systémiques !

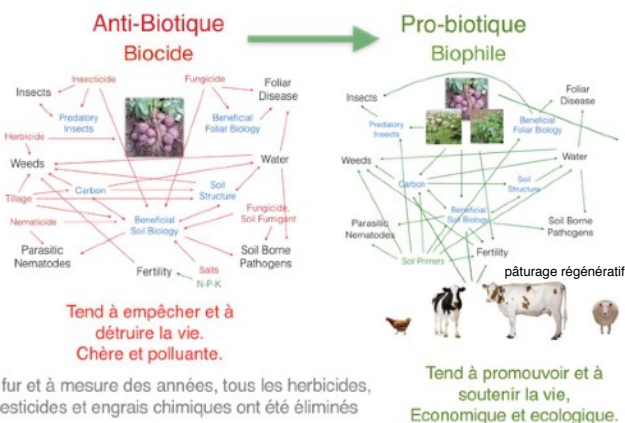
<https://doi.org/10.7717/peerj.4428>



Itinéraire - été 2016			
15 avril	parcelle scalpée* avec 100 l de ferment	10 mai	passage herse étrille
15 avril	au 2 mai pluie (env. 100 mm)	10 mai au 5 juin	froid et pluie (150 mm)
2 mai	scalpage* avec 80 l de ferment	5 juin	binage + sous-semis
2 mai	semis du maïs ^(*) à la fraise à env 3 cm	plus aucune intervention par la suite !	
		Rendement à sec	95 qt/ha

Ferme G. W. - Autriche

Le périple d'un producteur de pommes de terre du Colorado après un échec cuisant lié aux méthodes conventionnelles



Annexe 7 : L'Agriculture Régénérative, une Agriculture du Vivant et du **ToujoursVert**

En imitant la prairie naturelle où le sol reste toujours **couvert** d'une végétation diversifiée, l'**Agriculture Régénérative** cherche à reconstruire des sols dégradés en augmentant leur biodiversité, leur taux de matière organique et leur volant d'auto-fertilité.

Productive, économe en ressources, autonome et résiliante face aux maladies, ravageurs et aléas climatiques, elle se nourrit de divers courants agro-écologiques qui, engagés dans un partenariat étroit avec la Nature, ont fait leurs preuves à travers le Globe. Grâce au "**ToujoursVert**" et des sols et communautés microbiennes équilibrés et en bonne santé, cette agriculture permet aussi une **gestion efficace des adventices**.

Partant d'une vision globale et s'adressant aussi bien au sol qu'aux plantes, et surtout aux **relations symbiotiques qui les unissent**, les principes de l'Agriculture Régénérative trouvent leur place dans tous les types d'agriculture : élevage (pâturage régénératif), grandes cultures, légumes de plein champs, maraîchage, arboriculture, viticulture et autres cultures spécialisées, **aussi bien en bio et biodynamie qu'en conventionnel**.

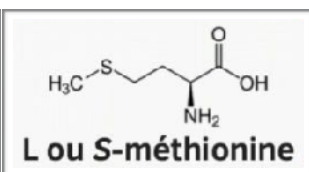
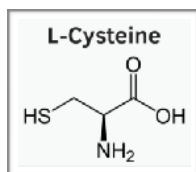
Cinq étapes pour régénérer son sol (selon Dietmar Näser et Friedrich Wenz)

1. Analyse physique, biologique et chimique suivie de l'équilibrage minéral du sol selon le principe de la saturation en bases développé par William Albrecht (1888-1974), un agronome américain de réputation mondiale, connu aussi pour son travail sur les relations entre la qualité du sol, la qualité des produits agricole et la santé animale et humaine.
2. Fissuration accompagnée d'une consolidation biologique du sol par des racines vivantes et des ferments lactiques.
3. **ToujoursVert** et une plus grande biodiversité : couverture du sol avec une diversité maximale de plantes -> sous semis / couverts (engrais verts) / inter cultures.
4. Nourrir la vie du sol par les exsudats racinaires d'une végétation luxurieuse et multi-espèces ainsi que par le compostage de surface des couverts et des résidus de culture ; stimuler, soutenir et diriger le métabolisme du sol par des ferments lactiques à base de plantes ; équilibrer et vitaliser le lisier, les composts et autres sources de fertilité.
5. Stimuler la photosynthèse et favoriser le fonctionnement optimal des plantes à l'aide de pulvérisations foliaires vitalisantes (thé de compost, minéraux et oligoéléments, extraits de plantes, produits à base d'algues, préparations biodynamiques, produits "informés", etc..)



Annexe 8 : Un manque de soufre fait souffrir tout le monde

Au même titre que le carbone, l'azote, le phosphore, l'oxygène, l'hydrogène, le soufre fait partie des éléments de base du sol, de la plante et de tout ce qui vit sur la planète. Agissant souvent en tant que catalyseur, c'est un constituant incontournable de deux acides aminés, la méthionine et la cystéine, de nombreuses protéines, de différentes enzymes et notamment des substances humiques et du complexe argilo-humique qui sont aussi bien le "garde manger" que la "charpente" du sol.



aminés, la méthionine et la cystéine, de nombreuses protéines, de différentes enzymes et notamment des substances humiques et du complexe argilo-humique qui sont aussi bien le "garde manger" que la "charpente" du sol.

Présent dans le cofacteur de la nitrogénase, cet élément joue également un rôle essentiel dans l'assimilation de l'azote atmosphérique, le transport de l'oxygène, en particulier à travers les membranes cellulaires, et l'assimilation par les plantes du magnésium, le cation clé de la chlorophylle et de la photosynthèse. Compte tenu de toutes ces fonctions, le soufre a une influence directe sur la photosynthèse, le métabolisme de l'azote, la vigueur, la santé et l'immunité des plantes. Il améliore aussi les rendements, la qualité et le taux de protéines des produits, l'enrichissement de la terre en matières organiques (MO) et, par voie de conséquence, le développement et la fertilité du sol. Or, contrairement à ses quatre frères, présents en grandes quantités dans l'atmosphère, le soufre est beaucoup moins abondant, en particulier dans les fermes sans élevage, et demande donc une attention tout à fait particulière de la part de l'agriculteur.

Comme la synthèse de certains acides aminés, protéines et enzymes ainsi que l'enrichissement du sol en substances humiques sont impossibles sans soufre, on ne peut que s'étonner que cet élément ne soit presque jamais ciblé dans les analyses ou mentionné par les conseillers, et que la grande majorité des agriculteurs n'ait aucune idée du taux de soufre dans ses sols ! Généralement on ne s'intéresse qu'à l'azote (N), au phosphore (P), à la potasse (K), au carbone (C et MO) et au rapport C sur N, mais on ne parle que rarement du soufre (S) et du rapport C sur S, cet autre élément essentiel du complexe argilo-humique dont le rapport devrait se situer aux alentours de 50 à 70 pour 1. Pour séquestrer du carbone et augmenter le taux de matière organique d'un sol il faut donc un rapport C/N/S de 100/10-13/1-1,5, c'est à dire la présence en quantités suffisantes de chacun

Photos M. & F. Wenz

Culture de soja

Rendement pénalisé par manque de soufre

Traitement	Rendement (q/ha)
25 kg/ha de soufre 34,5 q/ha	34,5
Le soufre a été apporté sous forme élémentaire (en localisé lors du semis)	24
sans soufre	19,4

de ces trois éléments. Dès qu'il y en a un qui n'est pas disponible en quantité suffisante, le développement de la plante et le stockage de matière organique sont affectés, l'élément manquant étant souvent lié au mode de production : l'azote en bio, le carbone en conventionnel, le soufre étant le frère négligé un peu partout¹⁰.

Tout le monde souffre donc dès l'instant où le soufre manque : la plante par son développement et sa



santé, le sol par son manque de fertilité et de structure, l'agriculteur par des pertes de rendement et un déclassement éventuel de sa récolte, le consommateur par une moindre qualité de son alimentation avec son effet délétère sur la santé ! A ces problèmes s'ajoutent les effets négatifs sur l'environnement et le climat.

Des cultures diversifiées, des sous-semis et des inter-cultures composés de graminées (C), de légumineuses (N) et de crucifères (S), augmentés si nécessaire par des apports d'engrais soufrés¹¹, sont un bon moyen pour gérer l'équilibre C/N/S et pour augmenter



progressivement le taux de matières organiques et le [volant d'auto-fertilité](#) du sol. Cette stratégie peut se combiner avec la fertilisation foliaire et, pour les fermes en bio, par l'emploi des substances issues de la biodynamie dont notamment la bouse de corne (500P), la silice de corne (501),

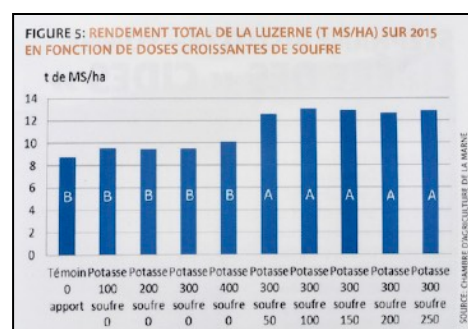
FIGURE 2: INTÉRÊT DE L'APPORT DE GYPSE SUR LA PRODUCTIVITÉ DU TRÉFLE BLANC

Gypse (kg/ha)	1 ^{re} année			2 ^e année			Pourcentage de trèfle dans le total (gram. + trè.)	
	Graminées	Trèfles	Total (gram. + trè.)	Graminées	Trèfles	Total (gram. + trè.)	1 ^{re} année	2 ^e année
0	900	44	944	2365	222	2487	5,0	9,8
28	1020	222	1242	2875	344	3219	21,7	12,0
56	1365	678	2043	3120	355	3475	49,5	11,4
111	1565	744	2309	3940	388	4328	47,5	9,9
222	1765	788	2553	3340	588	3928	49,6	17,6

Résultats issus de travaux néo-zélandais datant des années 1950.
L'APPLICATION DE GYPSE FINI FAITE EN UN SEUL FOIS LES MESURES ONT ÉTÉ EFFECTUÉES UN AN ET QUATRE ANS APRÈS CETTE APPLICATION UNIQUE.
LE SOUS-SOL D'UN SOL ACIDE AVEC PH = 5,5 CONTIENT 80% DE SOUFRE, LE RAPPORT C/N = 105 ET N/S = 1,6.

Walker a étudié, sur des sols néo-zélandais particulièrement pauvres en soufre, l'influence sur la flore de l'apport de soufre sous forme de sulfate de calcium. Ce tableau nous montre qu'il suffit d'un apport de 28 kg de gypse (sulfate de calcium) par hectare pour que la proportion de trèfles soit quadruplée un an plus tard passant de 5 à 21,7 %, alors que le rendement total de graminées + trèfles est seulement augmenté de 30 % (1 242 contre 944 kg/ha).
Si on double alors la quantité de gypse et qu'on la porte à 56 kg/ha, la proportion de trèfles est de 49,5 % soit dix fois celle dans la flore primitive, pendant que le rendement graminées + trèfles a tout juste un peu plus que doublé.
Ces très faibles applications de gypse ont donc suffi pour complètement bouleverser la flore. Du reste, des applications plus fortes de gypse continuent d'augmenter le rendement, mais ne modifient plus la proportion de trèfle.

ou encore la préparation 502 à base d'achillée millefeuille qui agit plus particulièrement sur le métabolisme et la mobilisation du soufre.



¹⁰ Avec un ratio carbone/phosphore (C/P) aux alentours de 30 à 80, le phosphore, présent idéalement sous forme d'humus-phosphate, est un autre élément clé pour la plante et pour certains micro-organismes, enzymes et coenzymes du sol et de la plante. Etant l'un des constituants principaux de l'ADN, il est lié à la photosynthèse et, par l'intermédiaire des molécules d'ATP et d'ADP (adénosine triphosphate et diphosphate), aux échanges énergétiques du monde de la vie.

¹¹ Les engrais soufrés les plus utilisés sont la kieserite ($MgSO_4 \cdot H_2O$), le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) et le soufre élémentaire (S). Ils peuvent être apportés mélangés à d'autres fertilisants, en pleins ou en localisés.

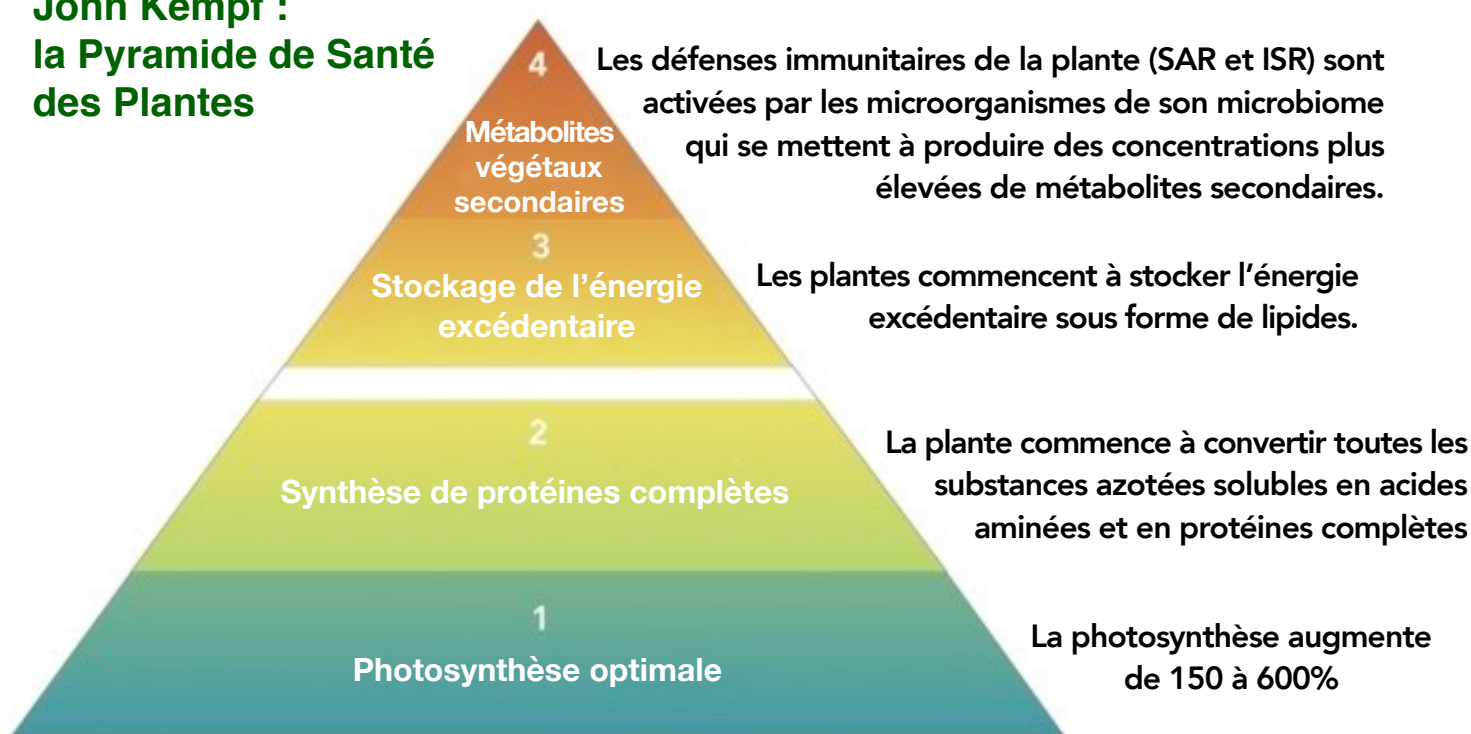
Annexe 9 : La Pyramide de Santé des Plantes de John Kempf

John Kempf, pionnier américain en nutrition végétale et fondateur de la société de conseil Advancing Eco Agriculture, a élaboré ce schéma phytosanitaire en forme de pyramide pour décrire comment les sols et les cultures deviennent de plus en plus résistantes face aux ravageurs et aux maladies lorsqu'ils atteignent des niveaux de santé élevés.

Une nutrition optimale améliore le fonctionnement de la plante.

Au fur et à mesure que les sols et les cultures s'adaptent aux pratiques agro-biologiques, ils passent successivement par des niveaux de santé et de productivité de plus en plus élevés. La progression vers un meilleur fonctionnement remet en place les capacités naturelles et biologiques du système symbiotique plante-sol. Au cours de ce processus, les plantes montrent une immunité améliorée face aux pathogènes du sol et de l'air, une meilleure résistance par rapport aux insectes, et une plus grande production de lipides. Cette évolution est accompagnée d'un renforcement des membranes cellulaires ainsi que de fruits d'une meilleure qualité qui sont plus savoureux et se conservent mieux. Aux deux premiers niveaux de la pyramide, les changements concernent surtout la biochimie végétale, alors que les changements qui surviennent au troisième et au quatrième niveau sont avant tout d'ordre biologique et ne peuvent être atteints que par une Agriculture Régénérative performante.

John Kempf : la Pyramide de Santé des Plantes



Les niveaux de santé 1 et 2 sont entièrement liés à l'intégrité nutritionnelle de la plante. Pour la plupart des cultures et des sols, ils ne sont généralement pas difficiles à atteindre, surtout si l'on a la possibilité de faire des pulvérisations foliaires avec des compléments nutritionnels. Pour la plupart des cultures, nous atteignons habituellement ces deux niveaux au bout de trois à quatre mois.

Les niveaux 3 et 4 ne sont pas aussi simples à réaliser que les deux premiers. Pour atteindre l'échelon 3, il est impératif d'avoir un système digestif sain et vigoureux au niveau du sol, capable de fournir la majorité des besoins nutritionnels de la plante. Sans un bon processus digestif microbien, les plantes n'auront jamais le surplus d'énergie nécessaire pour atteindre une production de lipides et un stockage d'énergie élevés.

1. Les plantes en bonne santé résistent aux maladies et aux ravageurs

Tout le monde sait que les animaux et les humains ont un système immunitaire qui les protège contre les agents pathogènes. Il s'agit de nos défenses naturelles. Pour que notre système immunitaire puisse fonctionner correctement et bien remplir son rôle, il a besoin d'être soutenu par une alimentation de qualité. Si certains éléments nutritifs manquent ou ne sont pas disponibles dans une forme appropriée ou en quantité suffisante, le bon fonctionnement du système immunitaire se trouve compromis. Une alimentation équilibrée et complète est la base incontournable d'un système immunitaire performant. C'est la même chose pour les plantes. Les végétaux qui disposent d'une nutrition de bonne qualité ont des mécanismes de défense efficaces qui leur permettent de résister face aux maladies et aux ravageurs.

2. Une bonne nutrition minérale soutient l'immunité des plantes

Pour pouvoir produire en permanence des substances d'une grande complexité et atteindre un niveau de santé et d'immunité optimal, les plantes ont besoin d'un système enzymatique performant. Les milliers d'enzymes nécessaires aux processus métaboliques nécessitent tous un cofacteur minéral pour fonctionner. Sans ces cofacteurs, les voies enzymatiques s'effondrent et les plantes finissent par accumuler des composés solubles dans la sève. Dès lors, leur niveau de santé et leur immunité commencent à baisser, mettant la porte grande ouverte aux attaques et infestations de toutes sortes. Un système enzymatique fonctionnel nécessite jusqu'à 58 cofacteurs basés sur différents cations, y compris certains oligo-éléments. Or, ces cofacteurs sont indispensables au bon fonctionnement du système immunitaire des plantes, comme d'ailleurs celui des animaux et de l'homme.

3. Les métabolites microbiens sont la meilleure source de nutrition

Pour atteindre un niveau de santé optimal, les plantes devraient absorber la majorité de leurs nutriments sous forme de métabolites microbiens. Dans ce cas de figure, la communauté microbienne du sol sert de système digestif aux plantes en décomposant les résidus organiques et en se nourrissant des exsudats racinaires des végétaux. Au cours de ce processus digestif, les minéraux sont extraits de la matrice minérale du sol et libérés sous une forme bio-disponible que les plantes peuvent assimiler et utiliser de manière efficace. Pour atteindre des niveaux de santé élevés, les plantes ont donc

besoin d'un système digestif microbien performant au niveau du sol. Tant qu'elles absorbent la majeure partie de leur nutrition sous forme d'ions simples présents dans la solution du sol, elles n'auront jamais l'énergie nécessaire pour une santé et une immunité optimales.

4. La qualité détermine le rendement

Les modèles agronomiques régénératifs et la nutrition des plantes sont axés sur l'amélioration de la qualité et de la santé des plantes, plutôt que sur l'augmentation des rendements. Lorsque nous équilibrons la nutrition des cultures, leur qualité, leur énergie et leur immunité augmentent considérablement. Le résultat se manifeste ensuite dans des rendements plus élevés, une meilleure conservation des produits, une meilleure saveur et une moindre dépendance vis-à-vis des traitements phytosanitaires. Par cette voie, l'amélioration de la qualité des produits et l'augmentation des rendements vont main dans la main. Cette manière de nourrir les plantes est fondamentalement différente des pratiques habituelles et conduit automatiquement à une augmentation significative des rendements, pouvant aller de 10 à 30 % voire plus pour de nombreux types de cultures.

5. Des plantes saines créent des sols sains

On entend souvent que des sols sains créent des plantes saines. Mais l'inverse est tout aussi vrai. A certains stades de leur développement, des plantes saines ayant un niveau d'énergie élevé, peuvent, via des exsudats racinaires, apporter au sol jusqu'à 70 % du produit de leur photosynthèse. Ces exsudats riches en glucides sont le carburant qui alimente la communauté microbienne du sol et contribuent à la formation de matière organique. Ce processus qu'on appelle induction carbonée, est le moyen le plus rapide et le plus efficace pour séquestrer du carbone et enrichir le sol en matière organique et réserves nutritionnelles stables.



*Schéma ajouté par le traducteur

Site internet d'**aea** : www.advancingecoag.com

Traduction de l'anglais par Ulrich Schreier



■ point de vue

DE LA CONSERVATION À LA RÉGÉNÉRATION !

■ Il y a plus d'une vingtaine d'années, toutes les démarches de simplification du travail du sol, notre porte d'entrée dans cette aventure, se sont regroupées sous le sigle générique **TCS : techniques culturales simplifiées ou techniques de conservation des sols**. Celui-ci s'est d'ailleurs imposé comme une vraie marque, en partie, grâce à la revue du même nom. Avec le temps mais surtout avec le développement des couverts végétaux et la prise de conscience de la dimension rotation, c'est « **agriculture de conservation** » (AC) qui s'est ensuite progressivement imposé. Issu de l'anglais « **soil conservation agriculture** » qui met plus en avant la préservation des sols que la seule limitation ou suppression des interventions mécaniques. Ce terme, bien qu'impropre, correspondait mieux à l'approche plus globale qui se mettait alors en place. L'évolution s'est poursuivie avec l'arrivée de « **agriculture écologiquement intensive** ». Cette appellation, un tantinet provocatrice et pas toujours bien comprise, résume cependant mieux la globalité de l'orientation que nous mettons en œuvre, que nous continuons d'expérimenter et de déployer sur nos exploitations agricoles. « **Agroréologie** » serait certainement plus approprié mais avec sa consonance plus scientifique que pratique, il a du mal à s'imposer. De plus, comme « **AEI** », il exprime plus le but ultime à atteindre que le chemin à parcourir.



PAR FRÉDÉRIC THOMAS

■ Aujourd'hui et au milieu de cette jungle de terminologies, peut-être compliquées pour un néophyte, une nouvelle dénomination est en train d'émerger : « **agriculture régénérative** ». Même si cette appellation est surprenante à première vue, elle exprime certainement mieux le mouvement et la transition d'une situation plutôt « dégradée » que l'on ne souhaite surtout pas « conserver » vers des modes de production intégrant au maximum les processus écologiques et la photosynthèse comme principal intrant. Avec une approche qui s'est globalisée, nos pratiques ont bien pour objectifs aujourd'hui de régénérer une multitude d'éléments fondamentaux :

■ **Régénérer les sols et leur niveau de matière organique** plutôt que de les conserver en l'état. C'est d'ailleurs ce niveau de dégradation, souvent mal apprécié et habilement contourné par le travail du sol, la fertilisation, l'irrigation et généralement l'ensemble des pratiques conventionnelles, qui pose souvent le plus de difficultés dans la mise en œuvre de nos pratiques et surtout la réussite de nos itinéraires culturaux. Une phase de transition est souvent nécessaire pour retrouver une porosité et une fonctionnalité suffisante afin d'assurer une bonne circulation de l'eau, faciliter les échanges gazeux et permettre un enracinement homogène et profond. Cependant, et même si nous constatons tous des améliorations des sols et cela depuis de nombreuses années, aucun ne peut encore prétendre avoir atteint l'optimum et se trouver maintenant en situation de croisière.

■ **Régénérer l'activité biologique et la fertilité**. Sur ce point aussi, nous sommes bien sur l'idée de régénération. C'est d'ailleurs l'image que nous avons toujours promue avec le développement du fameux « volant d'auto-fertilité ». Cependant le ralentissement des flux de fertilité est l'une des principales difficultés pendant la phase de transition. Il peut même devenir un sérieux handicap dans certaines conditions, bien qu'il soit en partie contournable par la localisation de la fertilisation et l'anticipation des apports. Malgré tout, il est nécessaire de régénérer cette auto-fertilité qui progressera patiemment dans le temps, notamment avec les couverts végétaux et les légumineuses.

■ **Régénérer la biodiversité à la surface et autour des parcelles**. Même s'il s'agit d'un axe de travail plus récent, il est aujourd'hui clair que nos pratiques, avec le maintien d'une couverture vivante pendant la majorité de l'année associée à un minimum de perturbations physiques comme chimiques, concourent au développement de l'activité biologique à la surface des parcelles et facilitent l'accueil et les échanges avec les milieux périphériques. Certainement plus complexe dans son appréciation et dans sa mise en œuvre, cette dimension, qui élargit l'échiquier à la notion de paysage, est globalement favorable à la régénération d'une biodiversité. Celle-ci a même adopté le qualificatif de « fonctionnelle » tant nous

en attendons des bénéfices induits en retour. Si l'impact sur les pollinisateurs et notamment les abeilles est évident, la gestion d'une partie des limaces par les carabes et autres auxiliaires est en partie acquise, le contrôle des campagnols, qui fait appel à une biodiversité plus étendue, n'est pas encore suffisamment effective en fonction des régions. Sans rêver d'un monde idéal, c'est aujourd'hui certain que de nombreux bio-agresseurs se feront normalement plus discrets une fois que ces équilibres biologiques, qui resteront précaires, seront reconstruits.

■ **Régénération du métier d'agriculteur**. Même si cette dimension n'a rien à voir avec l'agronomie et l'écologie ; elle est cependant essentielle. Tellement de lecteurs soulignent qu'ils ont retrouvé, au travers de ces nouvelles approches, le goût d'être agriculteur et même le sens profond de leur métier. Produire tout en essayant de comprendre, de jongler et de s'appuyer sur les fonctionnalités du vivant, c'est une formidable bouée positive entre le poids réglementaire, l'acharnement des médias et les contraintes économiques. En complément, des pratiques plus « écologiques », qui concourent à plus d'autonomie dans les champs mais aussi dans les têtes, régénèrent inévitablement l'envie : attention car c'est contagieux ! Sans vraiment parler de retour à la terre, par écho, cette dynamique attire et facilite l'installation de jeunes qui vont continuer de stimuler positivement les réseaux.

■ **Régénération des relations entre les acteurs du monde agricole**. Avec l'évolution des connaissances et des pratiques, les orientations passionnées du départ se sont progressivement éloignées d'un positionnement radical « anti » certains moyens (non-labour par exemple) pour des objectifs plus conciliants et « pro » résultats concrets et communs (amélioration de la fertilité des sols). Ce changement d'attitude a contribué à faire tomber des barrières et ouvre aujourd'hui sur du dialogue, du respect et surtout des échanges profitables à tous. Ce décloisonnement qui commence à s'étendre ne se limite pas seulement aux agriculteurs mais se répand à l'ensemble de l'environnement agricole. Avec cette notion de « nouveaux systèmes de production », ce sont aussi les relations entre agriculteurs, chercheurs, techniciens et/ou fournisseurs qui sont en train d'être complètement revisitées. Le développement de type « top down » cède ainsi progressivement la place à des partenariats de recherche et de co-construction d'itinéraires innovants.

■ Une vraie régénération est donc en marche aujourd'hui dans le monde agricole à tous les niveaux. Elle serait encore plus complète si elle pouvait, par écho, régénérer une relation positive avec le grand public.

4 / En culture

Le Green Tillage : une technique innovante pour l'implantation du maïs pop-corn dans le Sud-Ouest

9 / Recherche

Matières organiques et compaction des sols, quels liens faut-il faire ?

13 / Reportage

Hubert Compère – Aisne : concilier biodiversité et rentabilité

18 / Dossier

Exsudats racinaires : l'essence même des sols

28 / AB

Bernard Solon – Saint-Élix-Teuix (Gers) : des couverts variés et de la luzerne pour préserver et bonifier des sols fragiles

31 / Événement

Festival du NLSO 2014

34 / Échos du terrain

Sortir de zone vulnérable grâce à une AC mobilisée !

Sortir de la prairie sans labour grâce aux couverts

En couverture

Roulage de couvert permanent de trèfle, implanté sous un colza et avant implantation de céréale d'automne. Haute-Saône. © David Mennegaux



Techniques Culturales Simplifiées Revue indépendante ATC - 23 rue Dupont-des-Loges - 57000 Metz **Directeur de la publication** Frédéric Thomas **Rédaction** Frédéric Thomas, Matthieu Archambeaud, Cécile Waligora. **Secrétariat de rédaction** Pixel Image. **Secrétariat et administration** Mireille Theudes **Petites annonces** TCS - Petites annonces Tél. 03 87 69 18 18 - Fax 03 87 69 18 14 **Publicité** Événement Média : Pascal Bertevas Tél. 02 99 83 77 00 - Fax 02 99 83 77 01 - E-Mail : pbertevas@evenement-media.com **Abonnements** Infocentre - Tél. 03 87 69 18 18 Prix au numéro : 11 euros. Un an : 59 euros (sans les brèves) 67,30 euros (avec les brèves TCS à paraître dans Cultivar). Prix valables en France, Luxembourg, Belgique et Suisse **Impression** Socosprint Imprimeurs, 36 route d'Archettes 88000 Épinal. **Techniques Culturales Simplifiées est éditée par** TB&A éditions - Amillé - 35240 MARCILLE-ROBERT **Associés** Groupe ATC, P. Bertevas, F. Thomas, M. Theudes **CPPAP** : 0715 T 79 776 - ISSN : 1294-2251 Dépôt légal : à parution.

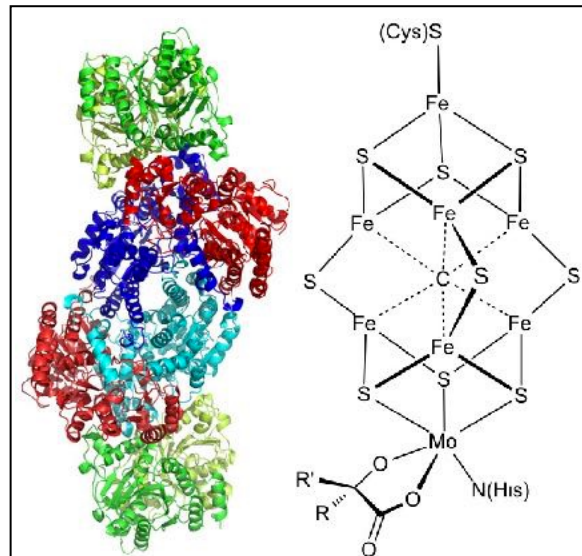
Annexe 12 : L'eau, les colloïdes, les réactions oxydo-réduction et acido-basiques sont au centre de la chimie du vivant

Ce qui nourrit la vie,
c'est ce petit courant électrique
généré par la lumière du soleil

Albert Szent-Györgyi, Prix Nobel de Médecine

L'eau est un **ampholyte** aussi bien du point de vue de ses propriétés acido-basiques que de son comportement oxydo-réduction (redox). Elle peut agir comme donneur d'électrons (réduction) dans un couple redox et comme capteur d'électrons (oxydation) dans un autre. Quant aux processus acido-basiques, l'eau peut se comporter comme un acide en cédant des protons ou en tant que base en les acceptant. Grâce à ce double caractère, et sa structure moléculaire unique, l'eau se distingue fondamentalement de toutes les autres substances, aussi bien du point de vue de ses propriétés physiques que de sa qualité de solvant et son comportement chimique et biologique. Or, ce sont justement ces qualités multiples et atypiques qui font de l'eau le milieu par excellence pour la vie.

La bioélectronique (**BEV**) développée par Louis-Claude Vincent (1906-1988) et Jeanne



Fixation de N_2 de l'air grâce à la nitrogénase et son cofacteur basé sur du Fe, Mo et S



Le cycle naturel de l'azote, basé sur l'azote atmosphérique, des protons, des bactéries et l'enzyme nitrogénase est fortement perturbé par les activités humaines, en particulier les engrais azotés inorganiques.

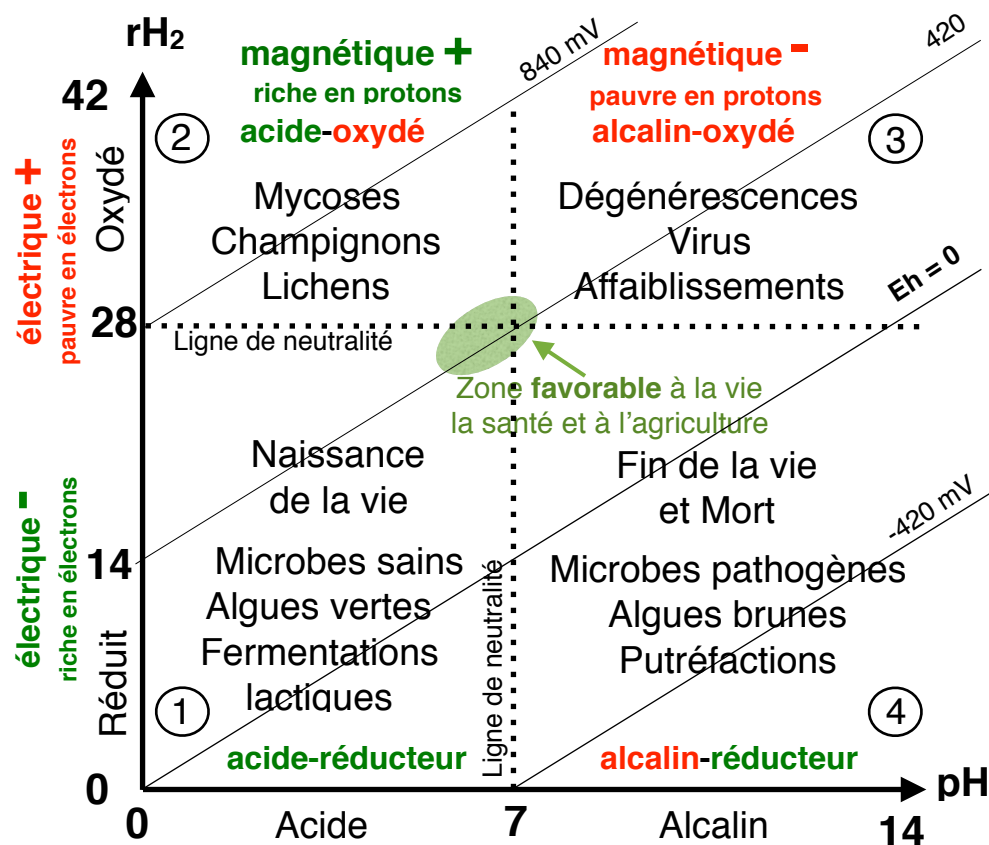
Rousseau (1915-2012) est un modèle électromagnétique permettant de décrire de manière cohérente et holistique les processus chimiques dans des milieux vivants. En s'inspirant de ce concept, on s'aperçoit que **la vie naît et se construit dans un environnement acide et réduit, c'est-à-dire dans un milieu riche en protons (H^+ — magnétisme positif), en électrons (e^- — électricité négative) et en énergie.**

Tout organisme stocke et se nourrit, en quelque sorte, de protons et d'électrons pour se développer. Mais en vieillissant, il a du mal à maintenir leur taux et son énergie à un niveau suffisant. Il s'oxyde donc peu à peu et devient de plus en plus alcalin. Ce processus morbide entraîne des pathologies et des phénomènes de dégénérescence, et, au bout du chemin, la mort (voir le bio-électronigramme à la page suivante). Le vieillissement s'accompagne aussi d'une perte d'eau (déshydratation) et de dysfonctionnements au niveau de la chimie des macromolécules et des colloïdes (globules rouges et blanc p.ex.) pouvant aller jusqu'à ce que la coagulation les mettent hors jeu, provoquant des thromboses, embolies, infarctus, AVC, etc.

Les plantes et les micro-organismes du sol ont besoin d'un environnement acido-basique approprié ainsi que d'un milieu riche en électrons et en énergie pour alimenter **les processus bio-chimiques réductifs et constructeurs**, les plus importants étant la **photosynthèse** ($6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{Lumière}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$) et la **fixation biologique de l'azote atmosphérique** ($N_2 \rightarrow NH_3$). D'autres processus réductifs essentiels pour la vie sont la protéosynthèse et la liposynthèse. Fortement endogène (consomme et stocke de l'énergie), ces processus sont alimentés par le soleil — directement dans le cas de la photosynthèse qui, par

son pouvoir réducteur, engendré par l'énergie et le flux photons (-> électrons) du soleil, produit des glucides à partir du CO_2 de l'air et de l'eau – indirectement par les exsudats racinaires riches en sucres, mais contenant aussi des acides organiques, lipides et autres métabolites qui nourrissent la vie du sol en général et les bactéries fixatrices d'azote en particulier (azotobacters, cyanobactéries (algues bleu-vert), klebsiellas, rhizobactéries, etc.). S'agissant de l'azote dans sa forme réduite (ammoniacale)¹², celui-ci est l'élément central des aminoacides, protéines, ADN, enzymes, complexes humiques, etc. Etroitement liés aux micro-organismes, aux transferts énergétiques (cycle $\text{ATP} \longleftrightarrow \text{ADP}$) et aux catalyses enzymatiques, ces processus sont aussi complexes que facilement perturbés par les engrais chimiques, les herbicides et les molécules phytosanitaires. Contrairement au pouvoir tampon et régulateur de l'humus, ces produits de synthèse entraînent souvent des déséquilibres par rapport au pH, rédox et l'organisation biologique du sol et des plantes. De plus, certains produits inhibent indirectement (pH, rédox) ou directement (interférence biochimique) un gène, une enzyme ou une bactérie indispensables à une voie métabolique essentielle à la survie d'un organisme ou d'un ensemble biologique. C'est notamment le cas quant à la destruction de la plante par le glyphosate. Par son pouvoir chélateur, cette molécule capte le cation de manganèse de [l'enzyme EPSP synthase](#) de la voie du shikimate, empêchant ainsi la production d'acides aminés aromatiques indispensables pour la synthèse de certaines protéines et la croissance de la plante. Comme cette même voie bio-chimique pour synthétiser des acides aminés aromatiques se trouve aussi chez les bactéries, les mycètes, les algues et les protistes, les effets perturbateurs du glyphosate ne s'arrêtent pas aux plantes, mais affectent aussi la vie du sol et la flore intestinale des animaux et de l'homme.

Bio-électronigramme selon Louis-Claude Vincent



Louis-Claude Vincent

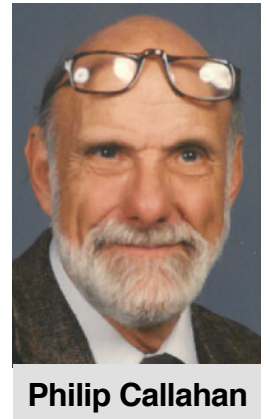


Jeanne Rousseau

¹² Contrairement au CO_2 et au NO_3^- , les états oxydés, "brûlés", "usés", pauvres en énergie du carbone et de l'azote, les glucides ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)_n, les aminoacides, les protéines, l'ammoniac (NH_3) et les substances humiques ($\approx \text{C}_{187}\text{H}_{186}\text{O}_{89}\text{N}_9\text{S}_1$), sont leurs états réduits qui, riche en énergie, jouent aussi un rôle de réservoir.

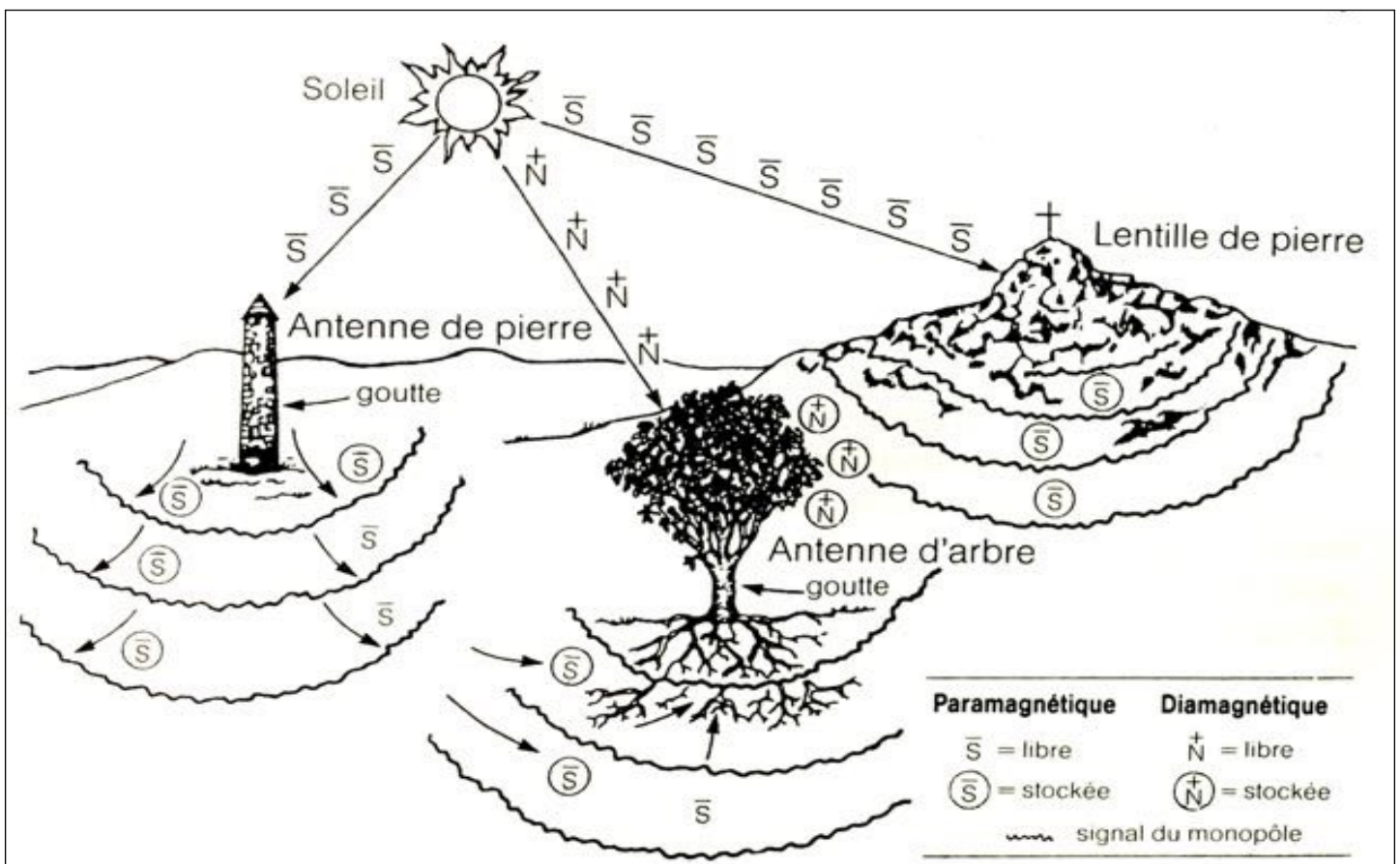
Annexe 13 : Le Paramagnétisme, un maillon oublié de la fertilité des sols

D'après les travaux de Philip Callahan (1923-2017), entomologiste et bio-physicien américain de réputation mondiale, la roche, surtout d'origine volcanique (lave, basalte, granite), n'est pas uniquement une source d'oligo-éléments et de matières premières dans l'élaboration des argiles. Elle est également la source du paramagnétisme, voire d'une propriété essentielle d'une terre fertile. Telle l'électricité positive et négative ou le yin et le yang des Chinois, le paramagnétisme qui concentre un champ magnétique et le diamagnétisme qui le dilate, sont deux forces polaires qui jouent un rôle fondamental dans la Nature. Etant un facteur clef de l'attraction qu'exercent les particules de roches paramagnétiques sur l'eau diamagnétique, ces forces déterminent, du moins pour une partie, la capacité du sol à retenir l'humidité.



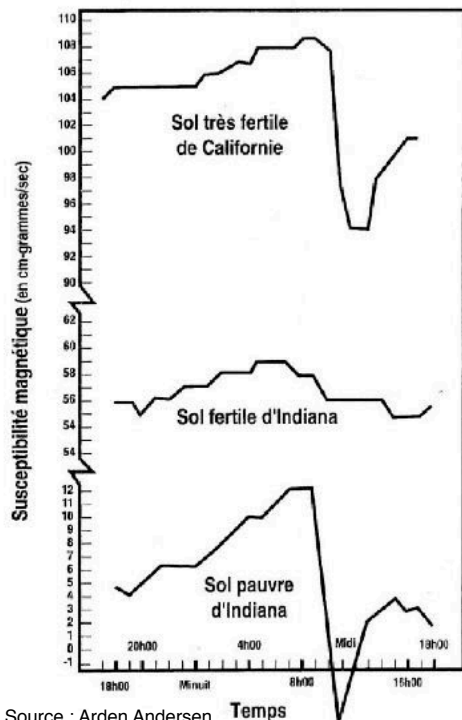
Philip Callahan

Outre son effet d'attraction pour l'eau, **la roche paramagnétique forme avec la plante diamagnétique une sorte de pile magnétique** qui est constamment rechargée par les dipôles magnéto-électriques du soleil (dipôles HE de Cope). Lors des éruptions solaires, ces dipôles sont séparés en mono-pôles nord (N+) et sud (S-) qui sont alors propulsés vers le globe terrestre par le vent solaire. Arrivés sur terre les monopoles S- sont absorbés et emmagasinés par la roche, le sol et certaines constructions en pierre paramagnétique (mégolithes, chapelles, églises, tours rondes d'Irlande, clôtures en pierre, talus etc.), et les mono-pôles N+ par la végétation dont surtout les arbres. Sous



Comme c'est le cas pour la photosynthèse, les microorganismes, les nutriments minéraux, la [CEC](#), les engrais, l'eau et l'humus, **la susceptibilité magnétique (paramagnétisme) est un autre maillon important de la fertilité des sols et de la productivité agricole** (dessin de Ph. Callahan)

Comparaisons entre la fertilité
et la susceptibilité magnétique du sol



Source : Arden Andersen

Un sol de Californie très fertile et bien entretenu biologiquement est comparé ici à un sol naturellement fertile de l'Indiana et à un sol pauvre de l'Indiana en termes de susceptibilité magnétique au cours d'une journée de 24 heures. Le sol de Californie enregistre une susceptibilité magnétique élevée et varie de moins de 15 % au cours de la journée, alors que le sol pauvre de l'Indiana varie de plus de 100 %. Le sol de l'Indiana qui est naturellement fertile, mais qui est aussi inclus dans un programme de nutrition bioénergétique, montre une susceptibilité magnétique très stable jour et nuit. Ce facteur peut se révéler important pour maximiser la productivité agricole.

certaines conditions les mono-pôles magnéto-électriques sont libérés et se dissocient en mono-pôles S et électrons (e-) d'une part, et mono-pôles N et positrons (e+) de l'autre. Les monopoles S migrent alors vers les racines des végétaux où ils rencontrent les mono-pôles N. Par leur recombinaison avec ces derniers (processus magnétique) et assistés par l'azote, l'eau, divers autres éléments et la photosynthèse (processus électrique), ils stimulent la croissance de la plante.

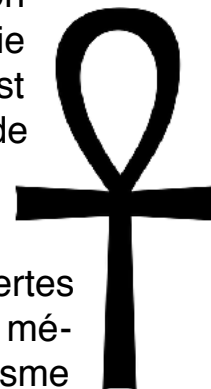
Le modèle de Callahan, en faisant penser à certains aspects de la bioélectronique de Louis Claude Vincent qui se sert du pH (facteur magnétique), du rH₂ (facteur électrique d'oxydoréduction) et de la résistivité ρ (facteur diélectrique) pour définir un terrain biologique, nous fait également mieux apprécier **l'intérêt de l'agroforesterie** et du bocage traditionnel dans l'équilibre écologique. En parsemant les champs et les prairies d'arbres, de haies, de bosquets, de talus et de certaines constructions en pierre paramagnétique, nos ancêtres avaient mis en place un réseau élaboré de captage d'énergies solaire et cosmique.

Dans ses recherches, Callahan a observé une **corrélation entre le paramagnétisme du sol et sa fertilité**, sans jamais trouver une terre diamagnétique ou très faiblement paramagnétique qui soit néanmoins excellente. Cette observation a été confirmée par les mesures d'Arden Andersen, agronome, médecin et élève de Callahan. Celles-ci indiquent également une corrélation entre la fertilité du sol et son pouvoir de maintenir la température à un niveau constant et surtout bien en dessous de 40°C pendant la journée, et ceci même pendant les grandes chaleurs de l'été. Quant au lien entre

paramagnétisme et fertilité, cette relation n'est en fait pas étonnante puisque tout le monde sait que la végétation qui pousse sur les sols d'origine volcanique telles que les terres de Limagne en bordure du Massif Central (susceptibilité magnétique fortement positive) est généralement plus luxuriante, équilibrée et résistante aux maladies et ravageurs. A ce propos, Callahan fait également allusion à l'effet favorable des pots de fleur en terre cuite et de la vermiculite (lave expansée) sur le développement des plantes, phénomène qui est lié à leur susceptibilité magnétique fortement positive.

Dans son livre "*Ancient Mysteries, Modern Visions*", Callahan écrit le passage suivant qui, en décrivant le mystère du Nil et de l'Egypte, nous donne une meilleure appréciation de la vénération profonde des grands fleuves qui ont marqué l'évolution humaine : "le dieu paramagnétique Horus descend, par le Nil Bleu, des massifs volcaniques de l'Abyssinie. Le dieu organique Osiris vient de la jungle verte de l'intérieur de l'Afrique. Osiris, époux d'Isis, est la matière organique découpée et morte qui doit être retrouvée par le puissant dieu soleil Horus (roche paramagnétique) et la tendre

diane Isis (eau diamagnétique) pour pouvoir ressurgir. La résurrection se fait au Soudan où le Nil Bleu et le Nil Blanc se rencontrent. Ici, trois forces se conjuguent en une élégante trinité pour faire surgir un nouveau cycle de vie dans la vallée et le delta du Nil. Cette trinité naturelle de l'Egypte est également évoquée par l'Ankh, le symbole ancien pour la vie - une sorte de croix latine dont la branche supérieure est un cercle (Nil Bleu, Nil Blanc, Nil [branche longue pour les deux réunis], cercle de la vie)".

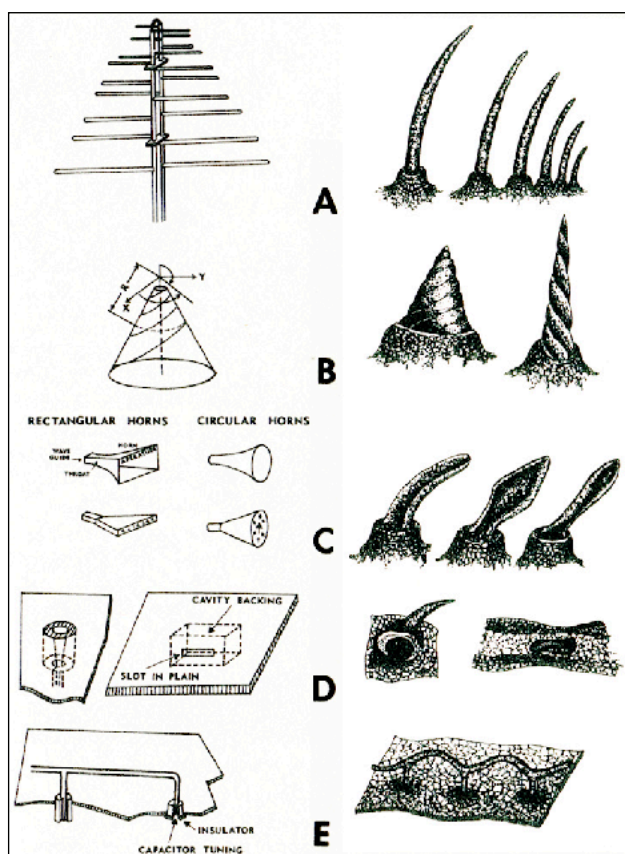


Ce sont ses travaux sur les insectes dont les antennes sont recouvertes d'une cire paramagnétique ainsi que l'étude des "Tours Rondes" et des mégalithes d'Irlande qui ont amené Callahan à étudier le rôle du magnétisme dans la Nature. Pour vérifier sa théorie il a fait de nombreux essais avec des radis. En plaçant une mini-tour recouverte d'une poudre paramagnétique au milieu de

ses pots, il a pu améliorer la germination, accélérer la croissance et produire des plantules plus vigoureuses dont les racines étaient mieux développées. D'autres chercheurs, utilisant à la place de la tour une poudre de roche paramagnétique mélangée à la terre, ont obtenu des résultats comparables.

Des agriculteurs, inspirés par les travaux de Callahan, ont placé sur leurs terres des mini-tours (2 m de haut sur 0,30 m de diamètre) fabriquées à partir de tuyaux en grès, remplies de basalte. Les résultats ont à nouveau confirmé la théorie de ce scientifique et permettent aussi de mieux comprendre l'intérêt, en dehors de l'apport en oligo-éléments, des poudres de roche paramagnétiques en agriculture.

Depuis le début de 1995, la mesure de la susceptibilité magnétique est à la portée de tout le monde grâce à un petit instrument portable que Callahan et un ingénieur électronicien ont mis au point et qui est commercialisé aux Etats-Unis par [Pike Agri-Lab Supplies](http://PikeAgri-LabSupplies.com).



Du livre "Tuning into Nature" de Philip Callahan : à gauche des antennes électromagnétiques construites par l'homme, à droite les modèles d'antennes qu'on rencontre dans la Nature.

Bibliographie :

Philip S. Callahan : Tuning into Nature, 1975, Devin-Adair Publishing

Philip S. Callahan : Ancient Mysteries - Modern Visions, 1984, Acres USA

Philip S. Callahan : Paramagnetism, 1995, Acres USA

Peter Tompkins, Christopher Bird : La Vie secrète du Sol, 1990, Robert Laffont

Arden Andersen : [Accorder le sol pour le rendre sain et productif \(Fusion n° 54, 1994\)](#)
(VERSION ORIGINALE EN ANGLAIS)

Annexe 14 : La FAO : "Des sols sains pour une vie saine"

"Aucune activité,
pas même la médecine,
n'a autant d'importance pour la santé de l'homme que l'agriculture"

[Pierre Delbet](#) (1861-1957),
Membre de l'Académie de Médecine

De plus en plus de chercheurs s'intéressent aux parallèles et aux relations entre les [microbiotes](#) du sol, des plantes, des produits agricoles, des aliments et notre tube digestif, cette merveille de la Nature qui nous lie à la terre nourricière (voir vidéos ci-dessous).

En choisissant le slogan "**des sols sains pour une vie saine**" pour sa campagne de 2015, déclarée par les Nations Unis "**Année internationale des sols**", la [FAO](#) a voulu sensibiliser la planète entière quant à cette relation fondamentale et le fait que ***l'agriculture et les sols, l'activité la plus importante et le bien le plus précieux de l'humanité, sont à la croisée des grands enjeux de notre époque : la sécurité et la qualité alimentaire ; la santé végétale, animale et humaine ; la qualité de l'eau et de l'air ; la protection de***



l'environnement, la séquestration du CO₂ et la résilience des cultures face aux aléas climatiques. En ce qui concerne la nourriture dont la qualité est étroitement liée à l'équilibre microbien et à la santé du sol, elle est loin d'être uniquement une histoire de protéines, de glucides, de lipides et de calories. En plus d'être cruciale pour la santé physique, l'immunité et la longévité, elle l'est tout autant pour la qualité de vie, la santé psychique et mentale, et, par ce biais, influence la pensée, les émotions, les choix et priorités, le comportement et la manière de cultiver la terre, d'élever les animaux et d'organiser sa vie.

Deux vidéos diffusées par ARTE en octobre 2019 sur le microbiote intestinal et ses liens avec le sol, l'alimentation, le style de vie, l'environnement et la santé :

[Microbiote, les fabuleux pouvoirs du ventre](#)

[Le ventre, notre deuxième cerveau](#)



[André Voisin \(1903-1964\)](#), agronome français, membre de l'Académie d'Agriculture et auteur des livres "[Productivité de l'Herbe](#)", "[Dynamique des Herbages](#)" et "[Sol, Herbe, Cancer](#)" est connu dans le monde entier en tant que père du pâturage tournant, aussi appelé pâturage dynamique ou pâturage régénératif.

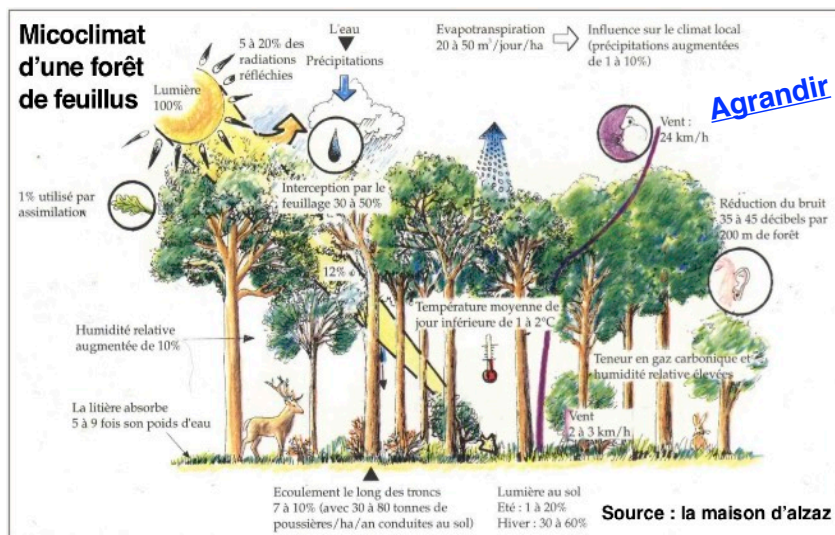
Trop peu connus en France, les écrits d'André Voisin sont devenus des références mondiales et sont une source d'inspiration pour tous les agriculteurs, conseillers, politiques, fonctionnaires, chercheurs, enseignants, étudiants, bref pour tout le monde.

« Le sol fait l'animal et l'homme ».
André Voisin

Annexe 15 : La végétation comme régulateur de température, d'humidité et du climat

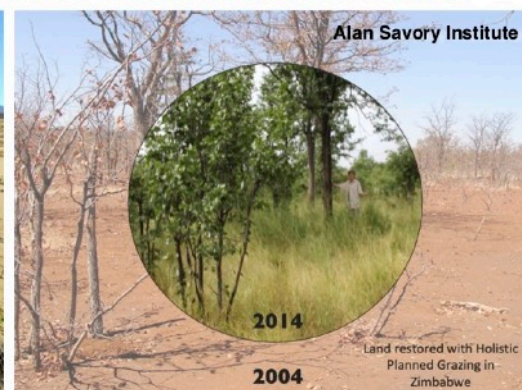
La végétation est un excellent régulateur de température et d'humidité. Tout le monde sait qu'en été il fait nettement plus chaud sur le macadam des villes que dans une campagne arborée ou dans la forêt. Sous un soleil de plomb, un sol nu se dessèche à la vitesse grand V et la température sur les premiers deux ou trois centimètres peut facilement dépasser les 40°C. Or, ce sont des conditions désertiques et fatales pour la majeure partie du cheptel microbien, le moteur et la base même de l'agriculture et notamment des systèmes agro-écologiques.¹³ Grâce aux effets de l'ombre et de l'évapotranspiration des plantes, l'humidité est bien plus élevée et le mercure dépasse rarement les 30°C dans la journée sous une couverture végétale.

En dehors de l'effet strictement température et humidité, la végétation et notamment les arbres, ont aussi un effet régulateur sur le microclimat local, y compris les cycles de l'eau. Les projets de reforestation et de pâturage régénératifs présentés ci-dessous montrent de manière impressionnante ce que l'on peut accomplir en imitant et en travaillant en harmonie avec la Nature au lieu de vouloir la dominer et l'exploiter.



Le photographe Sebastião Salgado et sa compagne Lélia ont entrepris la reconstruction d'une forêt en plantant 2 millions d'arbres au Brésil. Un projet titanesque qui a pris 20 ans et qui a vu progressivement le retour de la faune et de la flore.

Lien : <https://www.laterredufutur.com/accueil/un-couple-a-de-montre-quel-etait-possible-de-planter-une-foret-en-20-ans/>



Afrique du Sud : Le pâturage holistique à gauche de la clôture a régénéré le sol et reverdi le paysage.

Zimbabwe : Grâce au pâturage régénératif la végétation renaît, le climat redevient plus tempéré et les ruisseaux se remettent à couler.

Pakistan : La plantation d'un milliard d'arbres pour la régénération d'une région !

Annexe 16 : La biodynamie, une aide précieuse pour la vie du sol et la santé des cultures

Née en 1924 suite à huit conférences données par Rudolf Steiner, l'agriculture biodynamique cherche à mettre l'accent sur le bon fonctionnement et la santé du sol et des plantes pour pouvoir fournir une alimentation saine aux animaux et aux hommes. C'est la **première en date des impulsions agro-écologiques et des méthodes agricoles dites biologiques**, et, avec la marque Demeter, pionnière en matière de certification de ses produits. Cherchant à approfondir la compréhension des lois de la Nature, elle essaie de les respecter au mieux de par les aspects biologiques et agronomiques de ses pratiques.

Après avoir **fait ses preuves depuis 90 ans aux quatre coins de la planète**, les principes de l'agriculture biodynamique ne cessent d'être une source d'inspiration pour beaucoup d'agriculteurs et jardiniers. Ce sont surtout la notion d'organisme agricole à visée autonome, les extraits de plantes, certaines approches pour gérer adventices et ravageurs ainsi que le calendrier solaire, lunaire et planétaire qui trouvent un public de plus en plus large.

Très répandue en Australie et dans les pays germanophones où ses produits se trouvent parmi les plus prisés, l'agriculture biodynamique est **surtout connue en France pour ses résultats en viticulture**. De plus en plus de vignobles, dont plusieurs de très grande renommée avec des exigences de qualité élevées, la pratiquent avec des résultats souvent spectaculaires : remise en état de sols dégradés, augmentation du taux d'humus, meilleure gestion de l'eau et de l'érosion, meilleur comportement et équilibre sanitaire des vignes ou encore de bons résultats économiques et l'excellente qualité du raisin et du vin.

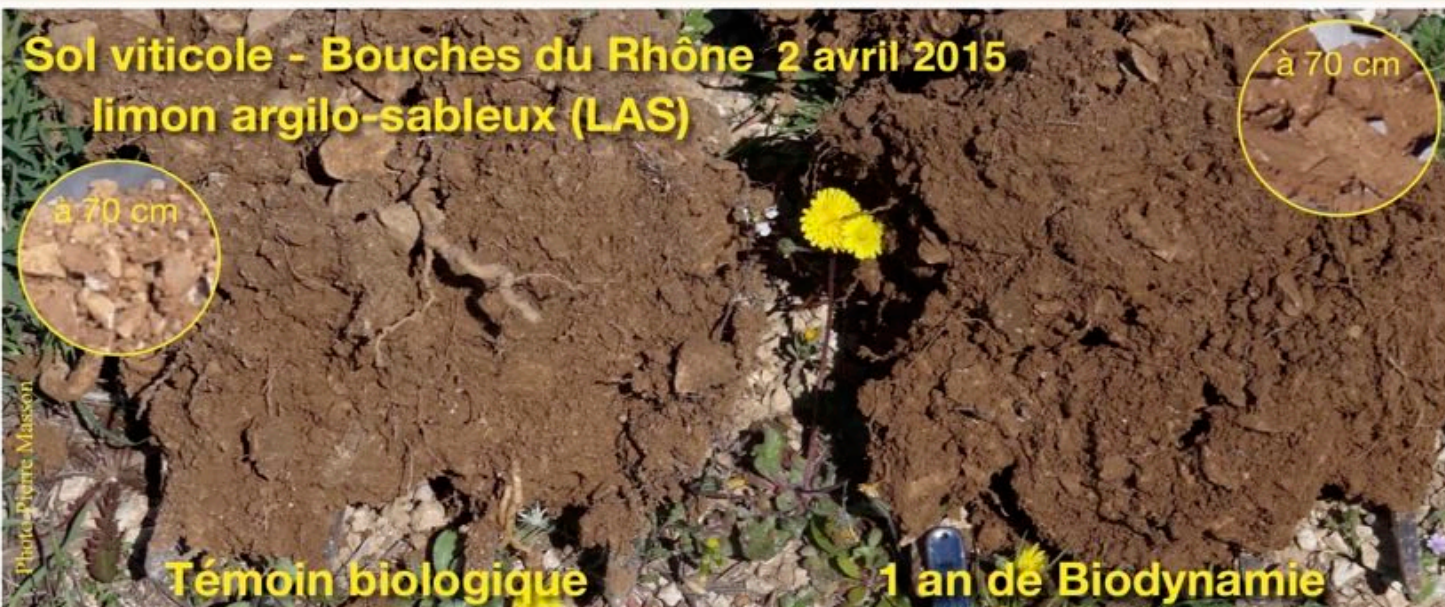
Comme le montrent si bien les expériences en viticulture, où elle facilite la conduite d'un vignoble en bio, mais aussi dans bien d'autres domaines, la biodynamie, accompagnée de bonnes pratiques agricoles, permet de **régénérer des sols dégradés en très peu de temps et avec très peu de moyens**. De plus, grâce à ses qualités environnementales et à l'augmentation impressionnante de la matière organique, elle agit sur la stabilité et la fertilité du sol et contribue de manière notable à la protection des ressources en eau et à la sécurité alimentaire.

Compte tenu de ces atouts et un bilan carbone-énergie hors pair, il semble urgent que cette agriculture soit mieux connue aussi bien par les agriculteurs, les conseillers et les chercheurs, que par la hiérarchie politique, administrative et le grand public. C'est dans ce but que le document [La Biodynamie, un chemin prometteur vers l'agriculture durable de demain](#) a été rédigé. Riche en photos, illustrations, références et liens internet, il parle des origines de la biodynamie, de la vision sur laquelle elle s'appuie, de quelques aspects importants et surtout de **résultats probants quant à la vie, la structure et la fertilité des sols, la vigueur et la santé des plantes, la qualité des produits**.



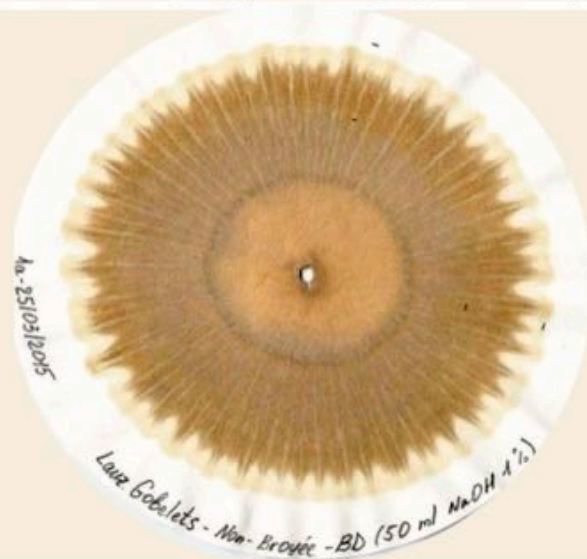
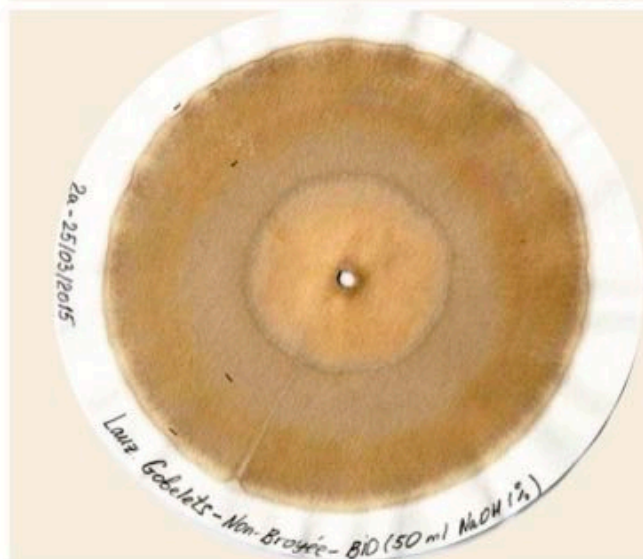


Evolution d'un sol en un an grâce aux préparations biodynamiques



- couleur brun plutôt claire
- structure moyenne
- faible développement racinaire
- peu d'arômes
- le sol mouillé colle aux doigts
- le sol sèche rapidement
- à 70 cm de profondeur le sol est sec
- matière organique : 2,96% *)
- pH_{KCL} 7,4 – N = 1,662 mg/g – C/N = 10,4
- P₂O₅ = 0,179 mg/g – K₂O = 0,184 mg/g
- MgO = 0,191 mg/g – CEC = 10,3 cmol+/kg
- biomasse microbienne : 264 mg/kg

- couleur brun foncé
- bonne structure grumeleuse
- bon développement racinaire
- arômes fins et floraux
- sol beaucoup moins collant
- le sol retient l'eau et sèche lentement
- sol humide et bien structuré à 70 cm
- MO 3,27% (+10% = +7 t C = +26 t CO₂)
- pH_{KCL} 7,3 – N = 1,741 mg/g (+5%) – C/N = 11
- P₂O₅ = 0,184 mg/g – K₂O = 0,229 mg/g (+25%)
- MgO = 0,244 mg/g (+28%) – CEC = 12,9 cmol+/kg (+25%)
- BM 347 mg/kg (+ 83 mg/kg = +31%)



Les morpho-chromatogrammes donnent des informations sur la qualité de matière organique ainsi que sur les forces de vie et d'organisation du sol. Comme les mesures quantitatives et les autres observations qualitatives, ils montrent clairement l'action positive des préparations biodynamiques.

Analyses quantitatives par Celestalab - Morphochromatogrammes et tests sensoriels par Pierre Masson

Extrait de : La Biodynamie, un chemin prometteur vers l'Agriculture Durable (www.vernoux.org/AgricultureBiodynamique.pdf)

