

DES ARBRES ET DES SOLS

ÉLÉMENTS-CLÉS DE FERTILITÉ



SOMMAIRE

La fabrique du sol

P. 3 FERTILE OU STÉRILE : LE DILEMME

- p. 5 Le pari du sol vivant, le potentiel des sols agricoles est nettement sous-valorisé
- p. 6 La matière organique : à la croisée des flux et des cycles fondamentaux
- p. 7 Séquestrer durablement du carbone en assurant "gîte et couvert" à la vie du sol

P. 8-13 LE SOL : UNE CONSTRUCTION FRAGILE QUI S'ENTRETIENT

- p. 8 50 % fluide, 50 % solide
- p. 9 Un sol vivant : cette maison habitée, ventilée, régulée, bien isolée
- p. 10 Les plantes sont l'énergie de la terre
- p. 10 L'animal et le végétal plus performants que le métal
- p. 11 Les artisans de la fertilité
- p. 12 Des symptômes qui ne sont pas une fatalité
- p. 13 Des sols qui fonctionnent...

P. 14-19 LE COUPLE SOL-PLANTE À L'ORIGINE DE LA FERTILITÉ

- p. 14 La libération des éléments minéraux
- p. 15 Fabriquer la fertilité
- p. 16 Le bois et sa lignine, à l'origine d'humus
- p. 17 C'est quoi l'agriculture du carbone ?

P. 18-27 LE GÉNIE VÉGÉTAL POUR DES SOLS UTILES ET PRODUCTIFS

- p. 18 Tenir compte de la dynamique des sols pour en retirer tous les bénéfices
- p. 19 Utiliser l'énergie solaire au maximum pour produire le plus de biomasse possible
- p. 20-22 Les avantages d'un sol toujours couvert
- p. 23 Penser le rendement à l'échelle du mètre carré
- p. 24-25 Le sol et la plante pour de l'eau disponible en qualité et quantité
- p. 26-27 Cultiver sur des sols vivants : seule solution pour une nourriture saine, suffisante, nutritive

P. 28-31 365 JOURS DANS LA VIE D'UN SOL



FERTILE OU STÉRILE : LE DILEMME

L'activité biologique du sol - pour l'essentiel invisible, et son économie - par définition souterraine, reste aujourd'hui l'un des domaines de la recherche les plus mystérieux et prometteur. Le "capital sol" est au fondement même de la vie à la surface de la terre ; cela en fait l'un des patrimoines les plus précieux qui devrait être un souci constant et faire l'objet de toutes nos attentions, lorsqu'on aménage les territoires et lorsqu'on cultive la terre. D'autant que si l'érosion, son principal ennemi, est un phénomène naturel, ce sont les activités humaines qui en sont la cause principale.

Les sols ne bénéficient d'aucune protection et subissent les plus grands outrages jusqu'à disparaître totalement de la surface, pour laisser place à des déserts minéraux... et humains. Toutes les civilisations passées qui se sont éteintes, se sont effondrées par excès et par imprudence, souvent par négligence et suite à la dégradation de leur environnement, après avoir dilapidé leur principale ressource : leur sol. Les dommages, quand ils ne sont pas criants comme la perte pure et simple de terre et l'apparition de la roche mère, peuvent être invisibles : la matière organique qui disparaît et la faune et flore du sol qui meurent se voient difficilement avant qu'il ne soit trop tard !

En supprimant la couverture végétale du sol par la déforestation, le surpâturage, la culture intensive, on l'expose à tous les dangers, au risque de perdre pour de longs siècles l'infime pellicule vivante sur laquelle repose notre société et notre survie, et qui a mis plusieurs millénaires à se mettre en place.

Si l'urbanisation et l'artificialisation sont responsables de la plus grande perte de surfaces fertiles (on parle de la perte d'une surface équivalente à celle d'un département français moyen tous les 7 ans pour la France), l'une des activités les plus destructrices du sol est l'agriculture en exposant ses sols, mis à nu et agressés par le passage des machines et l'application de produits chimiques, à une érosion inexorable.

Souvent coupable et toujours la première victime de cette situation (baisse de rendement, abandon de terres stériles, exploitations en faillite...), l'agriculture est pourtant la plus sûre des solutions pour reconquérir la fertilité et "produire des sols vivants", plus productifs et durables... Elle peut être garante d'une bonne gestion de l'eau, d'un climat acceptable, de la préservation de la biodiversité, de paysages accueillants et de qualité... tout en fournissant les aliments dont nous avons et aurons besoin. Et si la richesse était encore invisible ?



La charrue pour labourer en profondeur



Sol nu, travaillé, érodé et battant

© Association Française d'Agroforesterie (AFAF)



Erosion éolienne



Photo © AFAF



Une rivière polluée par de la terre



Tournesols et sécheresse



Le carabe, prédateur des principaux ravageurs des cultures



© Photo AFAF

Produire un maximum de biomasse pour "nourrir le sol"...

LE PARI DU "SOL VIVANT"

LE POTENTIEL DES SOLS AGRICOLES EST NETTEMENT SOUS-VALORISÉ

Un modèle agricole "positif", basé sur la logique du vivant et des interactions entre toutes les composantes de l'écosystème, est possible. On parle de produire 1,6 fois plus en France, alors que les rendements agricoles commencent à décliner. Avec un minimum d'intervention pour une moindre perturbation du milieu, un sol pourrait retrouver sa fertilité naturelle grâce à des pratiques de conservation et au génie végétal. Il s'agit de faire travailler au maximum les agents naturels dans leur grande diversité pour mobiliser les ressources disponibles sur place, nécessaires à une bonne productivité.

L'intensification des pratiques agricoles est passée par là. Tirés par des tracteurs toujours plus puissants, des outils retournent, cassent, écrasent la terre et éliminent les habitants qui s'y trouvent. Ce travail mécanique compte parmi les pires ennemis du sol, provoquant la perte de matière organique, un faible niveau de populations d'organismes vigoureux et diversifiés. La contamination, la pollution et l'artificialisation des terres agricoles sont les autres grandes menaces à prendre en compte prioritairement.

NOS SOLS AGRICOLES SONT SOUMIS À DES PRESSIONS TRÈS FORTES QUI LES METTENT EN DANGER

- 25 à 40 milliards de tonnes de terre sont perdues par an à l'échelle planétaire, engendrant des pertes en production céréalière de 7,6 milliards de tonnes (FAO, 2015)
- La surface agricole utile représente 54 % du territoire français, soit 29 millions d'hectares (la sylviculture 25 %) (Agreste, INSEE, 2012)
- L'agriculture française émet 21 % des gaz à effet de serre (CITEPA/MEDDE, 2014), alors qu'elle pourrait largement contribuer à compenser les émissions en totalité.
- 70 000 ha de terres agricoles ont été perdues en moyenne par an (d'après enquêtes Teruti-Lucas, Agreste primeur, 2015).
- 70 % des sols agricoles français sont déficitaires en matières organiques (Angers *et al.*, 2011)
- 18% des sols agricoles français sont concernés par un risque d'érosion (hydrique essentiellement) moyen à fort (Gis Sol, 2011)
- 1,5 tonnes de terre sont perdues en moyenne par hectare et par an, à cause de l'érosion hydrique. Or, toute perte de sol supérieure à 1 tonne/ha/an devrait être considérée comme irréversible sur une période de 50 à 100 ans (BRGM 2010, SoeS, 2013)
- Le ruissellement peut être réduit de moitié grâce à des systèmes de cultures en semis direct avec couverture végétale (SCV) (Scopel *et al.*, 2005).



Des "tâches" de fertilité... à la place d'anciennes haies



Les feuilles des arbres apportent de la matière organique au sol



Des turricules de vers de terre, le plein d'énergie

LE CARBONE, C'EST QUOI?

Avec l'oxygène, l'hydrogène et l'azote, le carbone est l'un des éléments chimiques fondamentaux à la vie. Il est la charpente de tous les organismes vivants et l'élément constitutif majeur des protéines, de l'ADN, des membranes des cellules, etc. Il est surtout "célèbre" sous sa forme gazeuse, le CO₂ ou dioxyde de carbone, présent en excès dans notre atmosphère. Le diamant et le graphite contenus dans le charbon en sont des formes cristallines pures. **Sur Terre, les substances contenant du carbone se forment et se décomposent, sont stockées et libérées : c'est ce qu'on appelle le cycle du carbone.**

LA MATIÈRE ORGANIQUE : À LA CROISÉE DES FLUX ET DES CYCLES FONDAMENTAUX

La matière organique des sols (MOS) se présente sous différentes formes : les organismes vivants et les substances qu'ils excrètent (exsudats racinaires et autres rhizodépôts, excréments des vers de terre ou lombrimix...), la matière morte issue des plantes (pailles, branches, feuilles, racines...) et des animaux, les produits issus du vivant transformés et retournés au sol (fumier, compost...).

Bien qu'elles ne représentent que quelques pourcents des sols, les matières organiques jouent des rôles extrêmement importants et sont essentielles à son bon fonctionnement et à celui des écosystèmes semi-naturels et cultivés.

> Elles sont à la base de presque toutes les propriétés physiques (drainage, portance, aération, régulation thermique, hydratation) et des services assurés par les sols.

> Elles nourrissent les microorganismes et la faune du sol ; ce sont eux qui produisent la colle qui assure la stabilité des agrégats du sol.

> Les matières organiques permettent le stockage du carbone, la construction et la stabilité de la structure des sols, la préservation de la biodiversité et la bonne gestion quantitative et qualitative de l'eau, dont sa rétention. Leur quantité au bon endroit, aussi bien que leur minéralisation (= dégradation) ou humification (= stockage) au bon moment sont des facteurs importants qui conditionnent tous ces services.

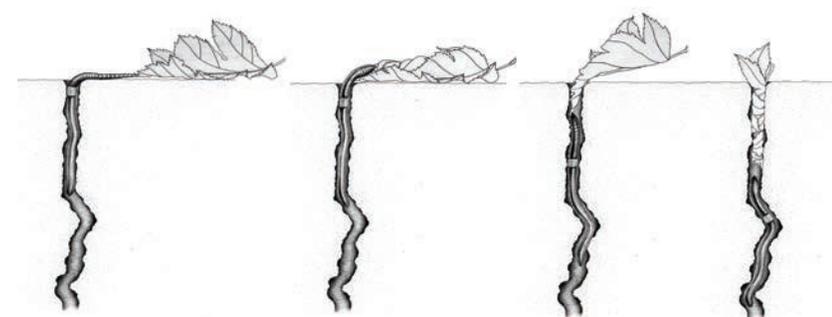


© Geneviève Michon

SÉQUESTER DURABLEMENT DU CARBONE EN ASSURANT "GÎTE ET COUVERT" À LA VIE DU SOL

La place du carbone est centrale en tant qu'élément principal de la nourriture des organismes vivants du sol : il est l'énergie des êtres vivants du sol. Dans les écosystèmes, les cycles du carbone et des autres éléments sont couplés et le sol en est la plaque tournante.

Pour séquestrer du carbone, deux solutions : augmenter les entrées, diminuer les sorties, et bien sûr faire les deux en même temps. Tout est véritablement question d'équilibre entre les entrées et les sorties de carbone. Le labour, comme la pluie, le gel et d'autres pressions du climat déstructurent les agrégats et augmentent l'aération des sols, deux facteurs favorisant la minéralisation des matières organiques (Citeau *et al.*, ed. Quae, 2008).



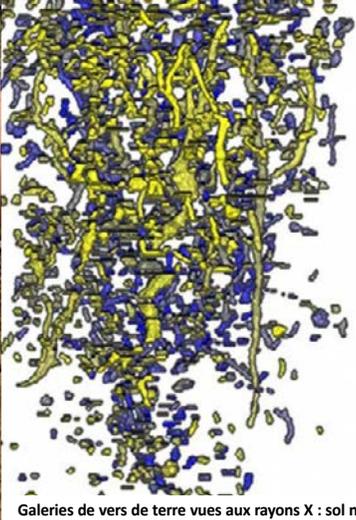
Les lombriciens peuvent accroître la colonisation racinaire par les mycorrhizes, renforçant ainsi la production végétale

Les déjections des vers de terre (turricules, mucus) stimulent la croissance des plantes en contribuant à la libération de vitamines, de protéines et de minéraux.

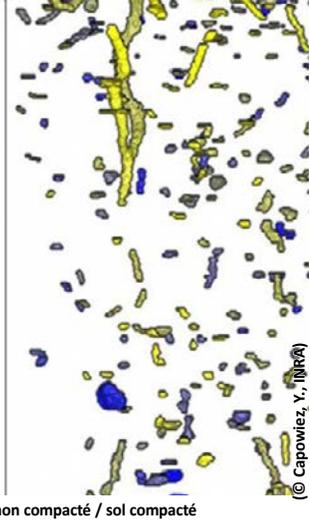
De 2 à 10 kg de turricules peuvent être produits par m² sur un sol fertile, ce qui correspond à la création de 5 à 25 mm de sol grumeleux et aéré (Girard *et al.*, 2011)



Racines profondes et peu denses du trèfle



Galleries de vers de terre vues aux rayons X : sol non compacté / sol compacté



(© Capowiez, Y., INRAE)



© Global Soil Biodiversity Atlas, 2016

LA DIVERSITÉ DES ORGANISMES VIVANTS DANS LE SOL EST IMPRESSIONNANTE.

Visibles à l'œil nu ou seulement au microscope, ils sont autant d'indicateurs de la qualité de nos sols. Taupes, crapauds, vers de terre, larves d'insectes, acariens, collemboles, protozoaires, bactéries, champignons, algues... la liste est immense.

LE SOL : UNE CONSTRUCTION FRAGILE QUI S'ENTRETIENT

50 % FLUIDE, 50% SOLIDE

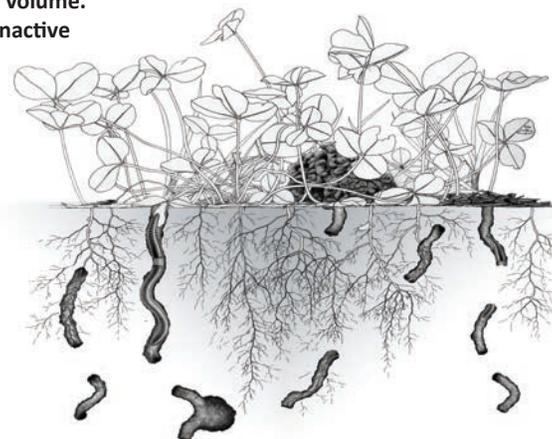
Le sol est un système écologique très complexe et riche, constitué d'éléments solides (minéraux et organiques), de liquides et de gaz.

Il est un mélange entre du vivant et de l'inerte, en constante évolution et réarrangement. À première vue, il n'est pas évident que le sol abrite une vie extraordinaire. Tous les êtres vivants se partagent la matière organique fraîche et se répartissent à la surface du sol et à toutes les profondeurs. En la transformant, ils la préparent pour les champignons et bactéries qui continuent ce travail de décomposition.

Ainsi, tout en créant leur propre milieu de vie, les organismes décomposeurs participent à la croissance des plantes en permettant la libre circulation et la régulation des gaz, de l'eau, des racines et en libérant les éléments biogènes qui engendrent ou permettent le développement de la vie !

On peut avancer qu'un sol fonctionnel contient de l'ordre de **25 % d'eau, 25% d'air, de 2 à 5% de matière organique et 45% de minéraux** (argiles, limons et sables en proportions variables). **Il est important de garder à l'esprit que les parties actives du sol, celles qui sont vivantes et contribuent effectivement au fonctionnement des écosystèmes (le biosol), sont un faible volume.**

L'autre partie où la vie est inactive constitue le résosol (Des vers de terre et des hommes, 2014, p 181).



Alors qu'en 1950, on dénombrait pas moins de 2 tonnes de vers de terre à l'hectare, aujourd'hui il n'y en a plus que 100 kg dans les sols agricoles français. Grâce à des méthodes innovantes, Marcel Bouché a pu démontrer qu'un kilo de vers de terre remue environ 270 kilos de terre par an : de véritables "charrues" naturelles.

UN SOL VIVANT : CETTE MAISON HABITÉE, VENTILÉE, RÉGULÉE, BIEN ISOLÉE

Le "squelette" d'un sol garantit sa fertilité, à condition de présenter une porosité suffisante ainsi qu'un développement et une stabilisation de ses agrégats. Dans cet assemblage des particules entre elles, la matière organique et le travail des organismes vivants jouent un rôle indispensable.

Il existe une diversité de sols et de climats propices au développement de l'agriculture, et il serait hasardeux de dire que les sols ne fonctionnent et ne produisent que dans certaines conditions bien précises. La preuve en est que les sols de Laponie fonctionnent, tout comme ceux de Tunisie, du Maroc, du Brésil... Pourtant, il est évident qu'une température trop basse ralentira l'activité biologique. Un sol nu, soumis directement à un soleil de plomb et une température très élevée, ne se portera pas très bien non plus, affectant son fonctionnement global (hydrodynamique, microbiologique...) et donc sa fertilité naturelle. Nous reviendrons sur cette notion essentielle...

Les vers de terre jouent un rôle important de perforation, d'aération et de labour naturel. **Plus besoin de retourner le sol, les vers de terre s'en chargent, sans gazole et depuis très longtemps !**

Leurs galeries, véritables infrastructures créées en coopération avec les racines et les micro-organismes, quand elles ne sont plus entretenues et consolidées par les excréments collantes, s'effondrent avec le temps.

Les vers de terre (on en dénombre près de 400 espèces rien qu'en Europe) créent de vastes réseaux de galeries et les développent tout au long de l'année. Ainsi, ce sont 400 mètres linéaires qui sont créés par mètre cube, et que les racines des plantes colonisent à plus de 90% ! Leur croissance s'en trouve facilitée.

(Bouché, 2014)



LES ÊTRES VIVANTS DU SOL sont encore très largement inconnus. On estime qu'à l'heure actuelle, seuls 10% des êtres vivants dans le sol sont décrits. Parmi eux, des millions de bactéries par gramme de sol, des collemboles, des araignées, des mille-pattes, des acariens, des vers de terre, des amibes. Outre la grande diversité rencontrée, c'est l'abondance de cette faune du sol qui surprend : la biomasse animale moyenne sous une prairie naturelle serait estimée à plus de 1,5 tonnes par hectare ! Autant de carbone qui sera relargué au sol après leur mort.



Atlas Européen de la biodiversité des sols, 2010



Un champignon mycorhizien (glomérormycète) sur des racines de lotier (Lotus japonicus). On voit bien les hyphes très fins issus de la germination des spores du champignon ; les racines mycorhizées apparaissent grosses et marrons.



De quoi une plante a-t-elle besoin ?

Processus long et complexe, la formation des sols dépend de nombreux facteurs : à la suite de réactions chimiques, physiques et biologiques, dépendantes du climat, de la topographie, des matériaux de départ et de la succession des végétaux à sa surface, de nombreuses couches de sol se mettent en place en plusieurs milliers d'années. Les pédologues mesurent qu'il faut parfois jusqu'à 1000 ans pour créer 1 cm de sol ! Or un orage violent peut emporter plusieurs tonnes de terre en quelques minutes seulement si le sol est laissé nu. On a vite fait de tout détruire !

LES PLANTES SONT L'ÉNERGIE DE LA TERRE

À l'exception des plantes et de quelques bactéries (dites autotrophes), tous les êtres vivants tirent leur énergie d'aliments organiques (ils sont dits hétérotrophes). Les végétaux sont toujours à la base de cette chaîne alimentaire. La photosynthèse est la clé de l'autonomie nutritive des plantes et de tout le reste. Fondée sur un pigment vert, la chlorophylle contenue dans les feuilles, elle est une réaction chimique fondamentale qui permet aux plantes de produire des sucres et autres substances dont elles ont besoin grâce au soleil, à l'eau et aux substances minérales.

Des échanges constants d'eau et de substances dissoutes s'établissent entre le sol et la plante. Tous les sols, à de rares exceptions près, seront en mesure de "digérer" plus ou moins rapidement la matière fraîche qui tombe à leur surface, pour finalement créer l'humus, cette substance souple, de couleur noire et parfumée. Mais l'humus n'alimente pas directement les plantes : il constitue un tampon et une réserve en nutriments qui sont libérés progressivement et en continu.

L'ANIMAL ET LE VÉGÉTAL PLUS PERFORMANTS QUE LE MÉTAL

Les bactéries jouent un rôle central quoiqu'indirect dans ce processus de décomposition, attirées par les composés sucrés sécrétés par les racines. Par leur respiration, elles rendent leur milieu plus acide, ce qui participe à l'attaque des minéraux du sol (altération chimique). Si la plupart des plantes cultivées n'ont pas la capacité de se développer sur des milieux hostiles et de prospecter le sol en profondeur, les arbres peuvent extraire les éléments minéraux dont ils ont besoin de la roche-mère elle-même. Cette action autant chimique que mécanique permet la libération des sels minéraux, et leur remontée jusque dans les feuilles par la sève, concourant à l'entretien de la fertilité naturelle des sols.

LES ARTISANS DE LA FERTILITÉ

LES LOMBRICIENS ET TOUTE LA FAUNE DU SOL

Les vers de terre jouent un rôle majeur pour la libération et le recyclage des éléments nutritifs nécessaires aux plantes qui les nourrissent en retour. Ils ingèrent et digèrent des débris végétaux en les mélangeant aux minéraux du sol (lombrimixage). Pour reprendre les termes de Marcel Bouché (Des vers de terre et des hommes, 2014), le lombrimix produit en crottes terreuses est une "brique anti-érosive" et également "une vache à lait" pour les plantes qui s'en nourrissent et les vers de terre qui reconsommeront ces crottes.

LES BACTÉRIES ET CHAMPIGNONS

Ils contribuent aussi à la biodégradation de la matière organique, qu'il s'agisse de débris végétaux et animaux ou de l'humus.

LES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS

Dans la nature, les racines des plantes (pour environ 80 % d'entre elles) sont associées à des champignons à bénéfice réciproque. Ces associations sont appelées des mycorhizes. En échange de sucres et de vitamines qu'ils ne peuvent pas synthétiser, les champignons fournissent aux plantes de nombreux services. Les filaments très fins des mycorhizes peuvent être vus comme le prolongement des racines. Ils permettent une absorption de l'eau plus importante grâce à une plus grande force de succion et une captation du phosphore. Les mycorhizes contribuent également à la santé et à la vitalité des plantes en les protégeant des stress physiques, chimiques et biologiques.

Certaines pratiques culturales peuvent favoriser le travail des artisans de la fertilité. D'autres au contraire ont tendance à leur être défavorables : application d'une dose trop importante d'engrais azotés et de pesticides (fongicides surtout et herbicides par des effets néfastes plus indirects), sols laissés nus, travaillés...



LES RHIZODÉPÔTS
: PROTECTEURS,
LIANTS,
CARBURANTS ET
COMMUNICANTS
On estime qu'entre
10 et 20% des
produits de la
photosynthèse
(du carbone
essentiellement)
sont dirigés
vers le système
souterrain, assurant
trois fonctions :
contribution à la
croissance racinaire,
à la nutrition du
cortège microbien et
un rôle de protection
physique des racines
(Revue agronomie,
écologie et
innovation, N°79,
2014).

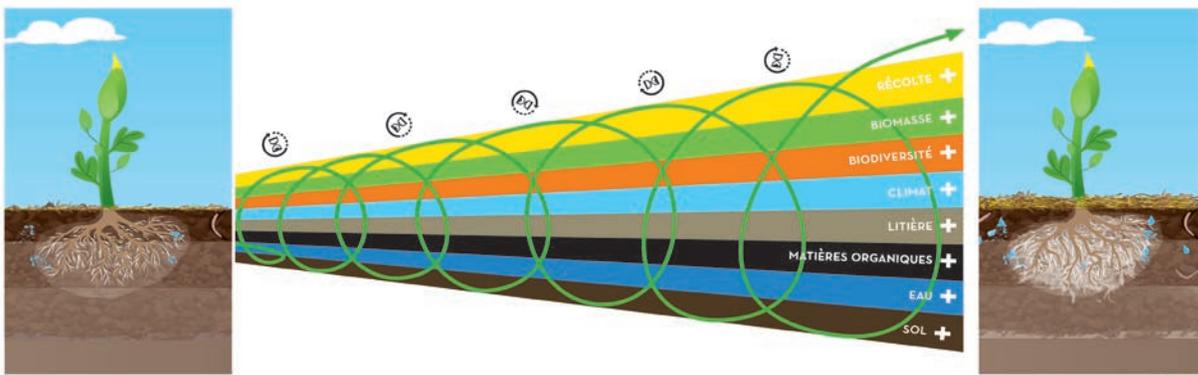


DES SYMPTÔMES QUI NE SONT PAS UNE FATALITÉ

Les menaces qui pèsent sur le sol sont nombreuses : érosion, salinisation, acidification, compaction, perte de biodiversité, etc. Qu'elle vienne de l'eau ou du vent, l'érosion est le problème numéro 1 en France. Stricto sensu, l'érosion due au passage des outils est faible en France (*comm. pers.* Claire Chenu). Par contre, elle favorise considérablement l'érosion hydrique. Différentes mesures sont mises en place pour l'enrayer mais restent insuffisantes et il est urgent de prendre le problème à bras le corps. L'érosion due à l'action de l'eau sur le sol prend de multiples formes : réseaux de griffes, de rigoles, de ravines, combinaisons d'érosions linéaires et en nappes. Les glissements de terrain par exemple sont déclenchés par un ensemble de facteurs ; la force de cohésion et la composition du terrain sont décisifs. Des taux de matières organiques élevés rendent les sols plus résistants à l'érosion.

UNE AUTRE VOIE EST POSSIBLE POUR NE PAS PERDRE NOS SOLS...

Les sols sont une ressource naturelle limitée, qui se renouvelle très lentement. L'aggrader (le contraire de le dégrader) passera par les plantes. En couvrant un sol de plantes un maximum du temps et en lui retournant beaucoup de matière organique morte, il est possible qu'un cercle vertueux se mette en place et que rapidement (quelques années), le sol devienne naturellement plus fertile. Il produira plus de biomasse, abritera plus de biodiversité, stockera plus de carbone et d'eau, sera favorable au développement de réseaux mycorhiziens, aura une épaisseur plus importante... La richesse appelle la richesse : **c'est la spirale d'aggradation.**



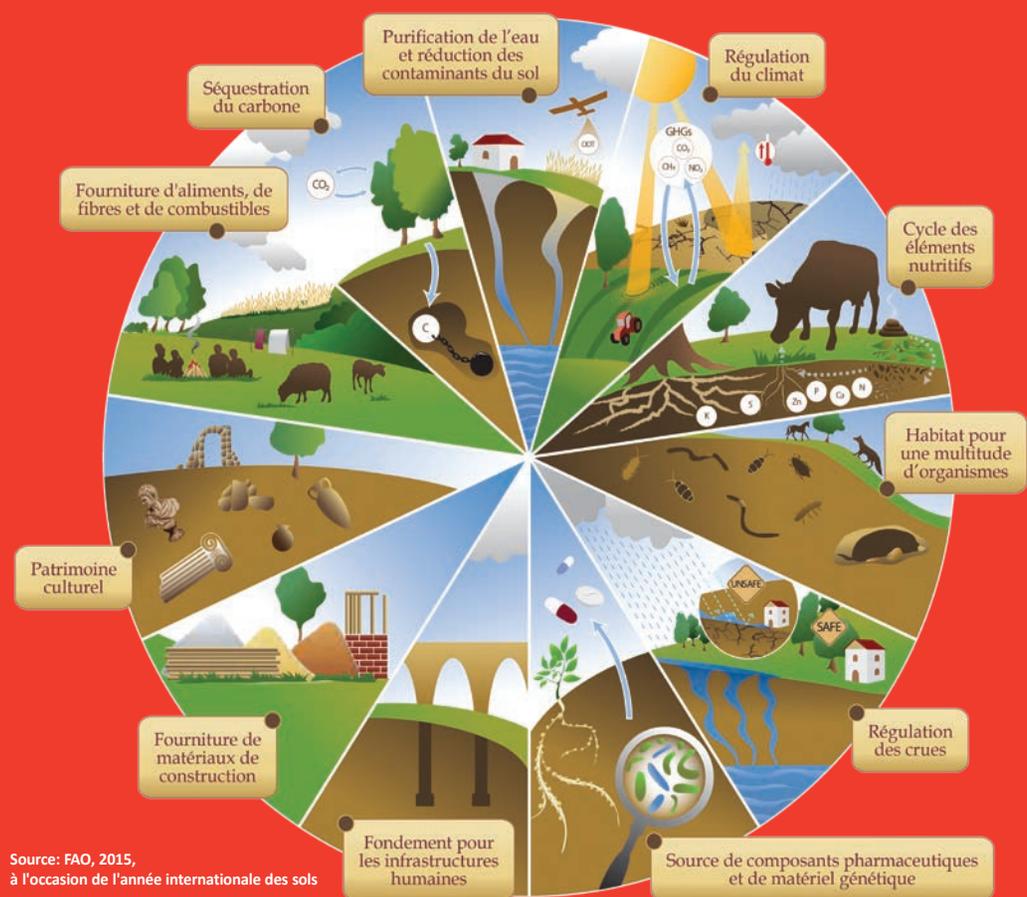
DES SOLS QUI FONCTIONNENT ...

Les trois fonctions principales des sols sont écologiques, socio-économiques et immatérielles (Ulrich Gisi et al., 1997). Un sol qui fonctionne joue des rôles innombrables et inestimables : on peut citer son rôle d'infiltration et de stockage de l'eau, de filtration des polluants et d'autres particules, de régulateur du climat, d'habitat pour la biodiversité, de support des productions agricoles et forestières et bien d'autres.

...ALLIÉS DES AGRICULTEURS

Un sol fonctionnel est avant tout un sol qui permet d'assurer la vitalité des plantes qui y poussent, sans autre intrant que l'énergie solaire qu'elles captent. Ce sol fournit l'eau et les nutriments nécessaires à la croissance des plantes (N-P-K-Ca-Mg ...). Il joue le rôle d'habitat des organismes du sol et de "digesteur" de la matière organique fraîche dont il est approvisionné. Ces fonctions commandent la fertilité. Il s'y établit un équilibre naturel entre pathogènes et parasites des plantes, nuisibles et auxiliaires des cultures, bien mis en valeur par les agriculteurs qui savent observer et se servir de tous ces bénéfices.

A titre d'exemple, un sol vivant et couvert pourra abriter des carabes (un coléoptère comme les coccinelles et les scarabées) qui parcourent le champ jusqu'aux principaux ravageurs dont ils raffolent, tels que la limace.



Source: FAO, 2015, à l'occasion de l'année internationale des sols



Un sol "mort" / un sol "vivant"



La partie visible des champignons : le carpophore (fruit)



Les filaments mycéliens, la partie végétative des champignons

LES CHAMPIGNONS, DES SUPER-CHIMISTES

Ils sont capables, en particulier les basidiomycètes, de biodégrader tout type de matière organique, dont la lignine, grâce à une série d'enzymes puissantes.

Des chercheurs étudient de près ces mécanismes en vue de pouvoir mieux dégrader les plastiques, de dépolluer les sols, de produire des carburants et bien d'autres services.

Les champignons et bactéries sont de formidables agents de détoxification. Mais la solution ne serait-elle pas au départ d'éviter l'intoxication?

LE COUPLE SOL-PLANTE À L'ORIGINE DE LA FERTILITÉ

LA LIBÉRATION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Au cours du processus de dégradation et de transformation de la matière organique en matière minérale par digestion, chacun a une tâche bien précise : la macro-faune (vers de terre et autres "gros" animaux de surface) fragmentent les morceaux grossiers en plus petites particules ; les champignons sécrètent des enzymes qui décomposent les matières organiques les plus "coriaces" (comme la lignine) tout au long du processus; les bactéries (hyperspécialisées pour certaines) s'attaquent aux liaisons des diverses molécules constituant les matières organiques. Toutes ces "attaques" permettent la libération des éléments minéraux que les plantes assimilent.

Une plante a besoin, en plus d'azote, d'une vingtaine d'éléments minéraux. Sur un sol pauvre en champignon, une plante poussera mais poussera moins bien. On le dit peu mais les engrais chimiques apportés à dose élevée déstabilisent très fortement la vie du sol, en changeant ses propriétés chimiques (pH essentiellement). Les phosphates et nitrates inhibent les symbioses et les pesticides (fongicides, herbicides, insecticides) tuent la vie.



FIXER GRATUITEMENT DE L'AZOTE

La fixation biologique de l'azote, avec la photosynthèse, est l'une des réactions biochimiques les plus importantes sur Terre. Elle permet de transformer l'azote de l'air, inerte et impossible à utiliser par les plantes et pourtant inépuisable, en azote assimilable. L'essentiel de l'azote accumulé dans les sols provient de la fixation par des bactéries, pour 80% d'entre elles en symbiose avec les végétaux (tels que dans les légumineuses) et 20% des bactéries libres, dont la contribution pour la fertilité pourrait être essentielle, à condition d'être sur des sols vivants (Orr *et al.*, 2011).

FABRIQUER LA FERTILITÉ

La fertilité naturelle est l'aptitude d'un sol à produire beaucoup de matière végétale, en recyclant rapidement ses éléments. Dans les sols cultivés, l'homme prend sa part (grains, fruits, fourrages...) mais doit laisser au sol celle qui permet d'entretenir la fertilité. Il doit compenser en apportant soit des engrais minéraux, soit des engrais organiques sous forme de composts, fumiers, engrais verts enfouis, litières forestières, purins, etc.

Le (lombri-)compost peut être un amendement organique précieux qui est aussi un excellent fertilisant pour la croissance des plantes. Ce produit très riche peut provenir de la valorisation de nos déchets (excréments, ordures ménagères, eaux usées, etc.) participant ainsi au recyclage de la matière et de l'énergie. Pourtant, les composts sont souvent de mauvaise qualité, ceci dû à des matériaux de départ déséquilibrés ou pauvres et des techniques inadaptées (*comm. pers.*, M. B. Bouché).

Aussi, il est primordial de mener une réflexion approfondie de la fertilité à long terme. La fertilité se joue aussi et surtout dans les parcelles, à toutes les échelles de temps et d'espace et d'abord à celle du mètre carré, grâce aux apports des couverts végétaux permanents et de l'arbre. Les deux pouvant être idéalement combinés car complémentaires, pour maximiser la fertilité. Une fertilité qui se réalise finalement dans une relation de couple (la fertilité ne peut en effet se définir autrement que par rapport à la plante) et qui fait ses preuves depuis plusieurs millions d'années : c'est le "couple sol-plante".

Il peut sembler paradoxal qu'une forêt puisse être luxuriante en l'absence d'intrant autre que l'énergie solaire. Et pourtant une forêt n'a pas besoin de compost... ni d'autres fertilisants pour exister. Pourquoi ? Parce que tout est recyclé, rien n'est perdu, l'azote et le carbone sont fixés par la vie, l'eau de pluie est économisée au maximum et il n'y a aucun déchet.

La fertilité naturelle d'une forêt résulte du maintien du milieu naturel dans des conditions qui permettent à la matière de se dégrader à une vitesse optimale, de sorte que les éléments nutritifs contenus dans les débris végétaux sont remis à la disposition et repris par les systèmes racinaires. Le sol forestier permet de recycler tous les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Ainsi, cultiver en 3 dimensions grâce à l'arbre peut être la solution pour une agriculture vertueuse...





LE BRF est un apport de carbone que seuls les champignons sont capables de dégrader



Trognes et branchages



Les tâches d'érosion révèlent que la roche est presque à nu

LE BOIS ET SA LIGNINE, À L'ORIGINE D'HUMUS

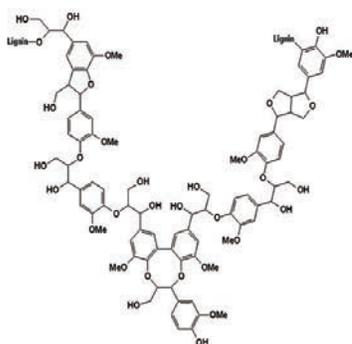


La lignine est une molécule de grande taille, dont la structure est complexe et ramifiée. Elle confère à tous les végétaux :

- une structure rigide
- une barrière étanche contre l'eau
- une protection contre la décomposition.

Le bois est une façon durable de stocker le dioxyde de carbone de l'air et de le convertir en "matière fertile". Les branches et racines mortes, comme d'autres amendements organiques, aideront à augmenter l'activité biologique, améliorer la structure et maintenir, voire augmenter l'humus des sols.

- La lignine, que l'on retrouve surtout dans les arbres et arbustes (plantes ligneuses) est la molécule caractéristique du bois. C'est de la matière organique très énergétique mais difficile à digérer pour les animaux. Le Bois Raméal Fragmenté (BRF), apport organique, facilite la remise en état d'un sol en alimentant les organismes vivants. Mais il n'est pas une source de fertilité à court terme, comme peuvent l'être des amendements du sol tels que les composts et fumiers. Cependant, certains composts ne sont pas de bons fertilisants : ils ont des rapports carbone/azote trop élevés, sont pauvres en phosphore...
- La cellulose des tiges et des branches coupées est une nourriture très appréciée par les vers de terre et autres "ingénieurs du sol". Une fois morts, les végétaux qui contiennent de la lignine se décomposent très lentement : une brindille ou une feuille de chêne peuvent mettre plusieurs années. En raison de sa complexité chimique, la lignine est en effet difficilement digérée par les micro-organismes, à l'exception de certains champignons (tels que les champignons de la pourriture blanche) qui la dégradent en présence d'oxygène. Cette décomposition lente des matières ligneuses permet de stabiliser le carbone qu'elles apportent au sol sous une forme organique. Le carbone organique ainsi stocké dans le sol se minéralisant au fil des années, on peut considérer l'humus comme une réserve de nutriments pour la plante.



C'EST QUOI L'AGRICULTURE DU CARBONE ?

En associant les arbres aux cultures, l'intensité de la photosynthèse est augmentée. L'association, tout au long de l'année, de cultures principales et intermédiaires classiques et d'espèces ligneuses de toutes tailles permet de gagner en efficacité sur de nombreux plans. La production alimentaire est maintenue et la fertilité du système est améliorée par un retour accru de carbone au sol. La valorisation d'une partie de la biomasse ligneuse produite (taille, élagage, recépage, émondage) permet d'augmenter la production d'énergies renouvelables.

En bref, c'est une agriculture qui produit beaucoup de biomasse, en recyclant rapidement ses éléments.

LE PROGRAMME "4 POUR 1000" : FAISABLE ? SUFFISANT ?

Le ministre de l'agriculture Stéphane Le Foll a lancé en 2015 un programme international de recherche afin d'améliorer les stocks de matière organique des sols de "4 pour 1000" par an dans le monde. L'objectif affiché étant la compensation de toutes les émissions provenant de l'utilisation de carbone fossile. Bonne idée : le sol est un puits de carbone potentiellement énorme et sous-exploité. Le carbone des sols, sous forme de matière organique, représente le plus grand réservoir de carbone en interaction avec l'atmosphère... Et l'agriculteur est au coeur de cette démarche.

Mais est-ce faisable ? Pour une couche de 30 cm de profondeur, avec un stock moyen de carbone de 50 tonnes /ha (valeur moyenne en France, Gis Sol 2013) et une densité apparente de 1,3 g /cm³, augmenter annuellement de "4 pour mille" les stocks de carbone de la planète représente une augmentation de 0,2 tonnes de carbone/ha/an. Or, même si localement augmenter de "4 pour mille" le stock est réaliste, cela ne compensera pas les émissions à l'échelle planétaire puisque les sols ne sont pas tous agricoles.

Cependant, l'agroforesterie, associée à d'autres pratiques telles que le semis direct strict en continu (SCV) et les cultures intercalaires et/ou intermédiaires à forte productivité, représente le meilleur espoir pour agir sur les sols agricoles. Ces pratiques pourraient stocker chacune respectivement 0,30, 0,15 et 0,25tC/ha/an de carbone en plus chaque année (Chenu *et al.*, 2014). Et il se pourrait bien qu'en associant ces pratiques, on tende à additionner les stockages.

Adapter les pratiques sur les sols cultivés est la meilleure piste pour stocker plus de carbone (n'oublions pas les bénéfices en terme de qualité des sols) car des conversions en prairies et en forêt sont quant à elles peu probables ni forcément souhaitables.



Si les arbres et les cultures sont associés, il est possible de réaliser une "économie nette" de 0,4 hectares pour produire la même quantité de biomasse (A.R. Graves *et al.*, 2010), sans compter les innombrables autres services rendus par l'agroforesterie, dont un stockage de carbone accru.





La production agricole est fortement dépendante de la météo et du climat. Sur un sol nu au printemps, le vent desséchant qui peut sévir prive la graine d'une humidité dans les quelques premiers centimètres du sol dont elle aurait fortement besoin pour pousser. L'absence de précipitations et des températures fraîches peuvent rendre d'autant plus difficile les levées.

LE GÉNIE VÉGÉTAL POUR DES SOLS UTILES ET PRODUCTIFS



LA VÉGÉTATION CLIMACIQUE désigne la végétation la plus adaptée à un climat donné, celle qui est la plus stable dans le temps, dans l'état final des successions écologiques (climax). Ainsi par exemple, le climat froid (températures moyennes sous 0°C) et la faible pluviométrie du Canada (et toute l'écorégion) expliquent la prédominance de la forêt boréale, car la sève des résineux résiste au gel. En zone tempérée où les précipitations dépassent 550 mm, ce sont les feuillus qui prennent le relais.

TENIR COMPTE DE LA DYNAMIQUE DES SOLS POUR EN RETIRER TOUS LES BÉNÉFICES

Les relations qui unissent les micro-organismes, les animaux du sol, les plantes et les agrégats sont complexes et ne peuvent pas être bafouées. Il faut apprendre à travailler avec elles, à les connaître et à redonner au sol la place qu'il mérite en respectant sa dynamique. L'agriculteur de demain saura appréhender et être à l'écoute de son sol pour garantir son autofertilité. Cela veut dire un sol toujours couvert et jamais travaillé, pour nourrir la biodiversité du sol et alimenter en continu le système.

On l'a vu, l'arbre et les couverts végétaux apportent aux cultures un ensemble de services directs et indirects leur permettant de se développer dans des conditions optimales :

- Plus de matière organique et plus de vie dans le sol pour une nutrition améliorée des plantes et une meilleure immunité
- Une faune auxiliaire plus abondante et plus diversifiée et donc une meilleure régulation naturelle des parasites
- Un microclimat "adouci" et donc moins de stress (hydrique, lié aux turbulences...)
- Une meilleure pollinisation et donc plus de fruits et de grains mieux conformés.

L'ARBRE, POMPE À NUTRIMENTS ET ASCENSEUR HYDRAULIQUE

Les associations ou mélanges entre des espèces cultivées qui occupent des strates du sol différentes permettent aux plantes d'être complémentaires dans l'accès aux ressources du sol, sans se faire concurrence. Il en est ainsi entre les cultures et les arbres agroforestiers. De même entre les plantes de couverture dans l'horizon supérieur du sol. Par ailleurs, il est prouvé que certaines associations de cultures produisent plus, par le phénomène de facilitation.

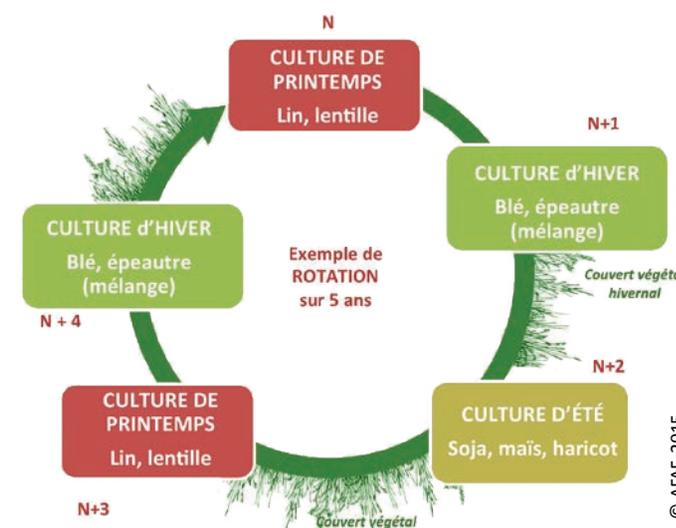


UTILISER L'ÉNERGIE SOLAIRE AU MAXIMUM POUR PRODUIRE LE PLUS DE BIOMASSE POSSIBLE

Les couverts végétaux herbacés sont utilisés par les agriculteurs pour maximiser le niveau de protection du sol, mais aussi son niveau de captation d'énergie solaire. L'usage de couverts végétaux regroupe des pratiques d'associations de plantes, de semis d'engrais verts d'intercultures, de cultures pièges à nitrates, de cultures dérobées... L'idée générale étant de ne jamais laisser le sol nu, parce qu'un sol nu ne produit rien et se dégrade.

Couvrir toute l'année permettra d'exporter la même quantité de grains pour la société, tout en augmentant les apports de paille et autres matières fraîches (racines incluses) au sol.

L'arbre représente une "culture" pérenne, stable dans les rotations culturales et participant efficacement à la captation de l'énergie solaire. Il est aussi le lieu d'étape, d'abri et d'alimentation d'une biodiversité associée abondante.



DIVERSIFIER DANS LE TEMPS ET L'ESPACE

Les successions des cultures dans le temps et le développement de mosaïques de cultures diversifiées dans l'espace permettent de répondre aux enjeux de l'agriculture durable. Des systèmes de culture pensés pour complexifier les rotations, sans sacrifier à la praticité et aux difficultés de trouver des débouchés, peuvent réduire les risques de développement des ravageurs, des maladies et des adventices ("mauvaises herbes").



Couverture végétale entre les rangs de vigne



Semis direct sous couvert végétal



Les couverts végétaux d'interculture, une ressource très appréciée des pollinisateurs

LES AVANTAGES D'UN SOL TOUJOURS COUVERT

L'une des clés d'un modèle agricole à la fois performant et respectueux de l'environnement est d'intensifier, tout au long de l'année, la couverture végétale des sols en jouant non seulement sur la complémentarité horizontale (association d'espèces au sein d'une même strate) mais aussi verticale (superposition de strates herbacées, arbustives et arborées). Cette agriculture en 3D permet de profiter de tous les effets des couvertures végétales : bioclimatiseurs biodégradables, pompes à nutriments à la base du recyclage de la fertilité, infiltration de l'eau décuplée, etc.

L'association étroite entre l'agriculture et l'écologie est au centre de l'agro-écologie, dont l'agroforesterie est l'une des déclinaisons les plus prometteuses. Il s'agit d'associer sur une même parcelle une production agricole, des arbres et des couverts végétaux.

SEMER COUVERT

Les semis directs sous couvert végétal sont des techniques de conservation du sol consistant à semer directement dans une culture vivante (couchée grâce au rouleau à l'avant du tracteur) ou dans un paillage issu d'une culture intermédiaire. Ils présentent des bénéfices importants sur les plans agronomique et environnemental.

En permaculture, le sol est toujours couvert et climatisé. Dans le langage courant, la permaculture désigne des systèmes agricoles "naturels" et durables, le plus souvent en maraîchage ou en horticulture. C'est un concept inspiré du fonctionnement de la nature qui ne connaît jamais de sol laissé à nu.

LES LIMACES, PROBLÈME ET SOLUTION ?

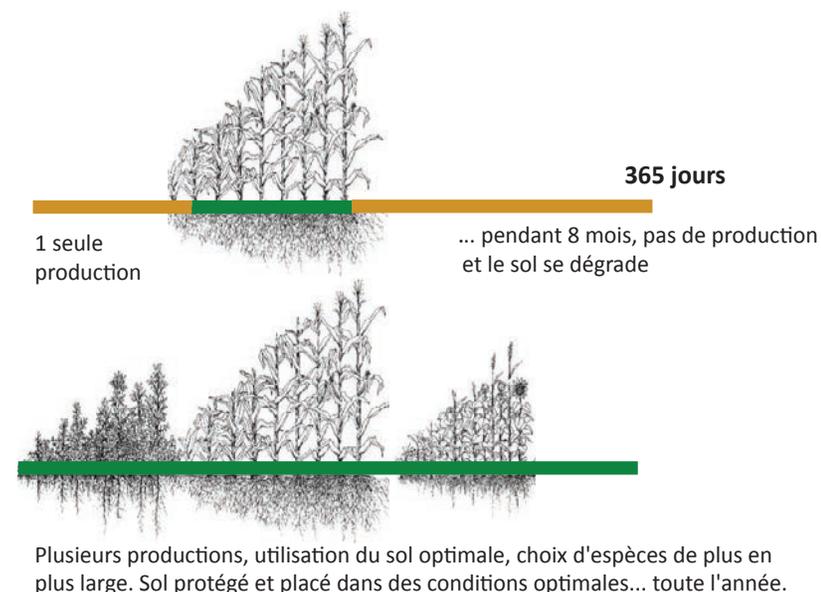
L'utilité des limaces en agriculture est peu perçue, puisque ce mollusque est surtout vu comme un ravageur qu'il faut éliminer. Pourtant, elles jouent un rôle pionnier dans l'écologie des milieux et sont un chaînon vital de la vie des sols et des écosystèmes. Elles participent au recyclage de la matière organique grâce notamment à leur rôle dans la multiplication des champignons capables de digérer la cellulose et la lignine, dans l'augmentation de la diversité des espèces de plantes en milieu prairial (Buschmann et al., 2005), dans la lutte contre le développement des pathogènes et des parasites en mangeant la matière en décomposition... Elles sont aussi une source de nourriture importante pour d'autres individus utiles au champ (oiseaux, carabes et autres coléoptères, mammifères...).

© Arvalis - institut du végétal

UN CAS CONCRET DE SUCCESSION DE CULTURES SUR 365 JOURS

La rotation d'un couvert estival (tournesol + sorgho), d'un méteil (féverole, vesce, pois, avoine) et d'une culture de printemps (maïs) permettent de produire jusqu'à 56 tonnes de matière sèche/ ha/ an. La biomasse aérienne et racinaire est comptabilisée. Un maïs seul est capable de produire environ 35 tonnes de MS/ha/an (14 tonnes de grains, 11 tonnes de tiges et 10 tonnes de racines et dépôts racinaires). Dans le même temps et sur la même surface, cet agriculteur produit donc maintenant presque 2,5 fois plus qu'il y a 14 ans... (chiffres Association Française d'Agroforesterie - AFAF, 2014).

Une grande partie de la biomasse peut donc retourner au sol, permettant ainsi de nourrir les êtres vivants qui le peuplent et d'entretenir la fertilité. Les échelles de temps à considérer pour reconstituer les stocks de carbone dans les sols sont importantes, mais l'agriculteur gersois qui pratique la rotation décrite a vu son taux de matière organique passer de 1,5 à 2,6% en à peine 10 ans.





Tuyau d'irrigation dans une parcelle labourée



La battance sur des boubènes (sol argilo-limoneux acide)

© AFAF - Association Française d'Agro-Photographie

LE SOL ET LA PLANTE POUR DE L'EAU DISPONIBLE EN QUANTITÉ ET QUALITÉ

Les haies, les arbres et les couverts végétaux permettent de mieux gérer l'écoulement des eaux de pluie, de son arrivée à sa sortie dans les cours d'eau et les nappes phréatiques. Dans les parcelles comme à l'échelle d'un bassin versant, l'objectif est triple : il s'agit de **fixer, freiner et filtrer l'eau : la règle des "3 F"**. Un changement de modèle de production grâce au génie du végétal pourra permettre de faire face aux enjeux liés à la ressource en eau, pour pallier la sécheresse comme l'excès d'eau.



Les coûts de la potabilisation de l'eau, suite aux traitements des pollutions d'origine agricole (nitrates et pesticides) seraient compris entre 800 et 2400 € par hectare et par an. Cela représenterait un coût annuel total pour les ménages français de 1000 à 1500 millions d'euros, directement répercuté sur la facture d'eau et les impôts (CGDD, 2011).

UNE EAU PROPRE GRÂCE AU VÉGÉTAL

Par ses fonctions de piège à nitrates et d'infiltration, l'arbre, associé à une couverture végétale permanente des sols agricoles, permet d'atteindre le bon état chimique et écologique des masses d'eau.

Les phénomènes chroniques d'érosion qui touchent nos terres agricoles labourées altèrent dangereusement leur potentiel de production, ainsi que la qualité des eaux de surfaces et souterraines. Le traitement des matières en suspension (particules de terre) et les résidus de pesticides retrouvés occasionnent des dépenses énormes pour la collectivité, qui pourrait en faire l'économie.

La couleur de l'eau de nos rivières témoigne de l'impact de nos pratiques agricoles sur la qualité des eaux. Cela mérite réflexion...

COMPARAISON D'ANALYSES DES EAUX



- > peu ou pas de nitrates,
- > pas de pesticides,
- > une biodiversité aquatique de la rivière et des zones humides associées (écrevisses, invertébrés, poissons...)

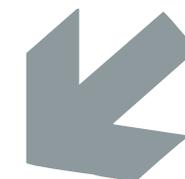
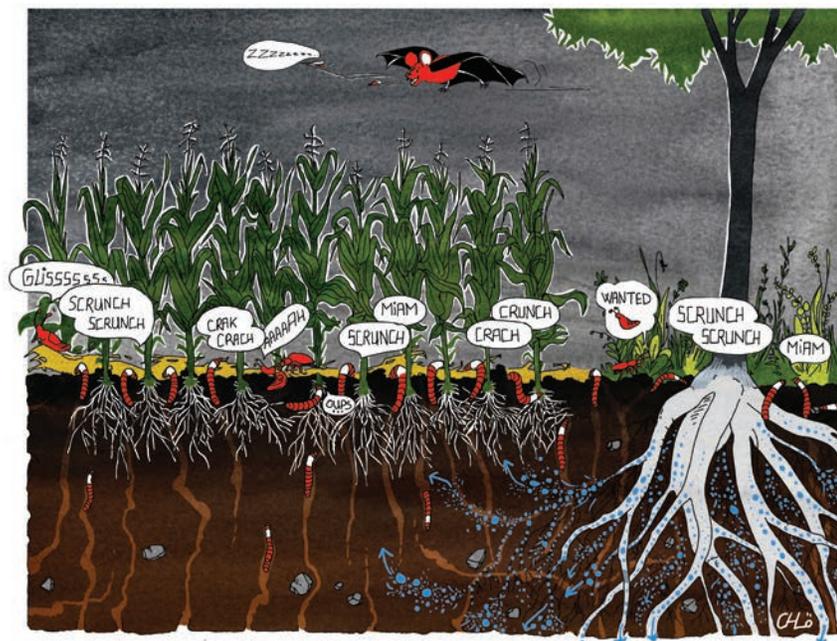
- > une concentration en nitrates proche du seuil réglementaire de 50 mg/ litre,
- > des centaines de molécules de pesticides (même les produits interdits qui continuent de contaminer les sols et sont lessivés)
- > peu ou pas de vie aquatique.

FAIRE POUSSER DES PLANTES POUR CONSERVER L'EAU SUR LE TERRITOIRE...

... ou comment maintenir de l'eau sur place dans un microcycle local.

On l'a vu, les matières organiques jouent un rôle majeur dans la capacité des sols à retenir l'eau. En favorisant une micro- et macroporosité plus importante, le tissu végétal qui en est à l'origine régule et augmente l'infiltration de l'eau, réduisant ainsi le ruissellement dû à l'imperméabilisation. En plus de ne pas entraîner de phénomènes d'érosion, ce volume d'eau sera stocké plus longtemps au champ et disponible pour les plantes cultivées.

Des vitesses de vent élevées augmentent également la transpiration des plantes et l'évaporation du sol, diminuant l'eau accessible pour les cultures. Des haies brise-vent, comme une couverture végétale herbacée, limitent ces phénomènes et seront particulièrement intéressants dans les zones où l'eau manque, en plus de tous les autres services rendus.



Du maïs qui pousse sur un sol vivant, et sous les arbres, a besoin d'être moins irrigué (gain de 30% possible, chiffres AFAF, 2015) qu'un "maïs conventionnel". Grâce à ses racines, l'arbre peut absorber l'eau disponible en profondeur le jour et la redistribuer aux cultures la nuit. C'est ce qui s'appelle le phénomène de l'ascenseur hydraulique. On constate souvent qu'au voisinage d'un arbre, la surface du sol est plus humide et l'herbe verte plus longtemps.



Assiette et tartine de produits agroforestiers



Parcelle agroforestière



Manger local

CULTIVER SUR DES SOLS VIVANTS : SEULE SOLUTION POUR UNE NOURRITURE SAINNE, SUFFISANTE, NUTRITIVE

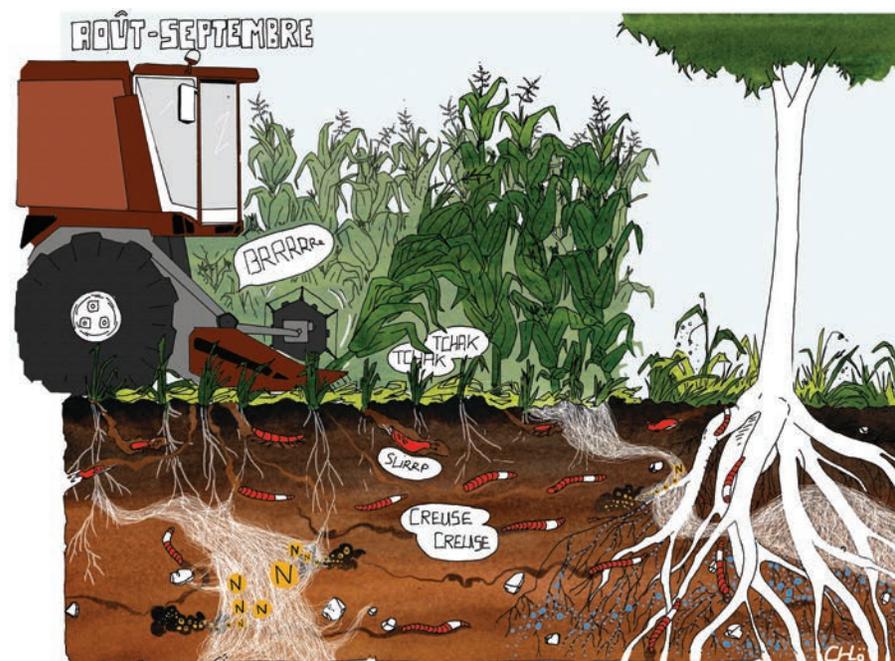
Actuellement, nos aliments sont pauvres en oligo-éléments, car on a fait jusqu'ici le choix de plantes cultivées/d'animaux à fort rendement, se développant rapidement hors-sol ou sur des sols travaillés, enrichis en 3 éléments (N, P, K). On a beaucoup exagéré l'importance des ratios N-P-K en agriculture, en oubliant que les plantes ont besoin de bien plus, pour être en bonne santé au champ et se gorger de dizaines d'éléments minéraux qu'on ne retrouve plus que dans les compléments alimentaires. La majorité de nos aliments répondent surtout à certains critères : pousser vite, résister au transport et à de longues périodes de stockage, la qualité/le goût n'étant pas une priorité.

La qualité de ce que nous mangeons dépend très directement de l'état du sol, des variétés et des pratiques agricoles. Les produits du terroir associés à des pratiques agricoles durables sont les produits que nous devrions privilégier au quotidien car ils permettent de tirer profit et d'exprimer toutes les potentialités et spécificités de ce terroir.

Au-delà de la notion de qualité gustative et nutritionnelle des produits, l'un des défis les plus importants qu'il nous appartient de relever est d'assurer la disponibilité et l'accès pour tous à des aliments sains en quantité : une agriculture basée sur des sols "autofertiles", qui mobilisent les multiples ressources gratuites et locales et dont la capacité de production ne sera ni dégradée ni conditionnée à l'usage massif des énergies fossiles, polluantes et coûteuses, sera un allié de taille.

Le sol est à la croisée de tous les enjeux planétaires. De ce qu'on choisit de mettre dans notre assiette dépendra l'avenir de l'agriculture et de nos territoires ! De quoi choisissons-nous de nous nourrir ?

Sensibiliser l'opinion publique aux avantages nutritionnels des légumineuses est primordial. En plus de contribuer à assurer la sécurité alimentaire, cette famille de plantes a la capacité de pourvoir les sols en azote et donc de contribuer à l'amélioration des rendements. En faisant la promotion auprès des consommateurs et des agriculteurs, il s'agit aussi de mieux exploiter les protéines issues des légumineuses (elles en sont riches) et d'en tirer parti pour gérer les associations et rotations de cultures, assurer l'autonomie alimentaire des élevages...



La qualité du grain est très dépendante de la qualité des sols. En particulier, alors que les agriculteurs conventionnels ont de plus en plus de mal à obtenir des taux en protéines satisfaisants, ceux qui ont fait le choix de l'agriculture de conservation et de l'agroforesterie tirent leur épingle du jeu aussi à ce niveau. Il y a fort à penser que les céréales agroforestières, cultivées sur des sols vivants, sont plus résistantes aux maladies et moins carencées. Cela leur permettrait de pouvoir concentrer l'azote (qui contrôle la teneur en protéines) et le carbone (remplissage du grain en amidon) de manière plus efficace dans leurs grains. La forte teneur en éléments minéraux, mieux valorisés et conservés lors de l'étape de transformation, serait aussi un autre atout des produits agroforestiers.

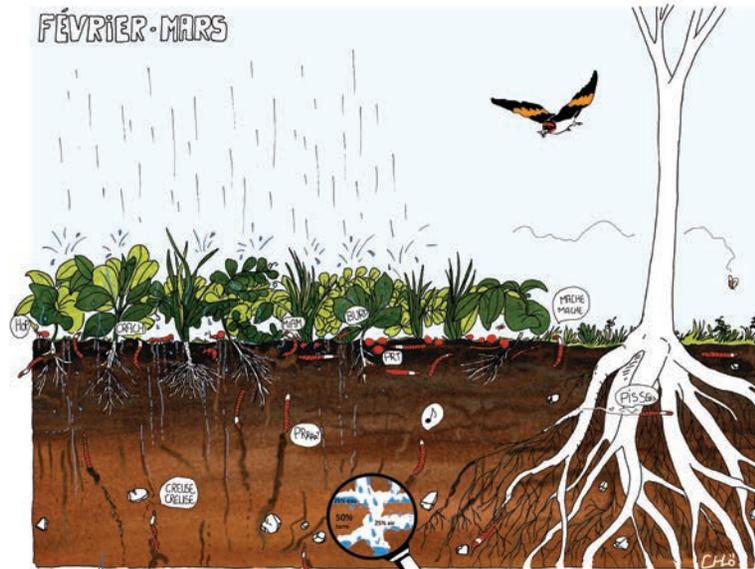
365 JOURS DANS LA VIE D'UN SOL VIVANT...

DÉCEMBRE-JANVIER

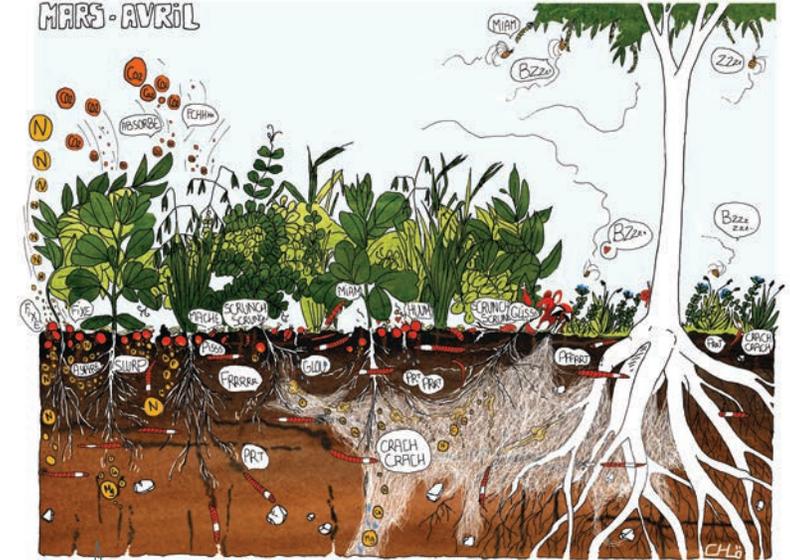
Le méteil ??
Un mélange de
céréales et de
légumineuses
(avoine tricale, orge, vesces
lévées, pois, trèfle)



FÉVRIER-MARS



MARS-AVRIL



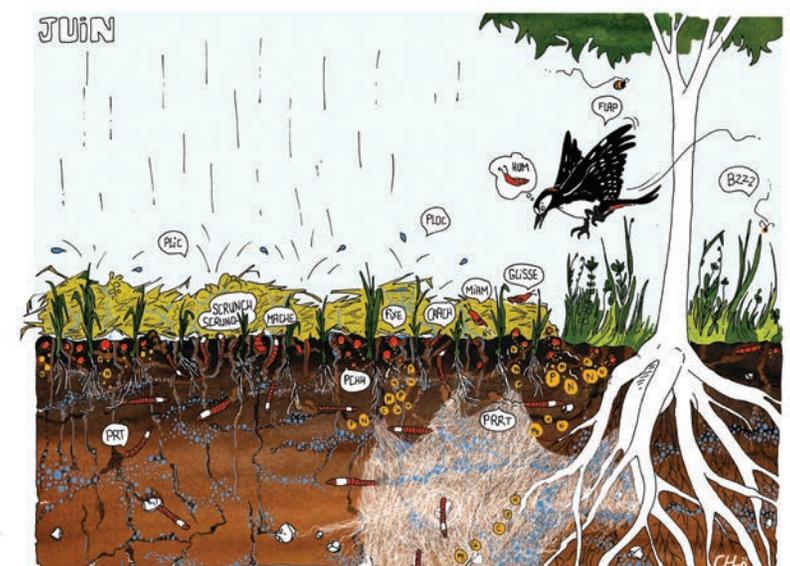
AVRIL - MAI

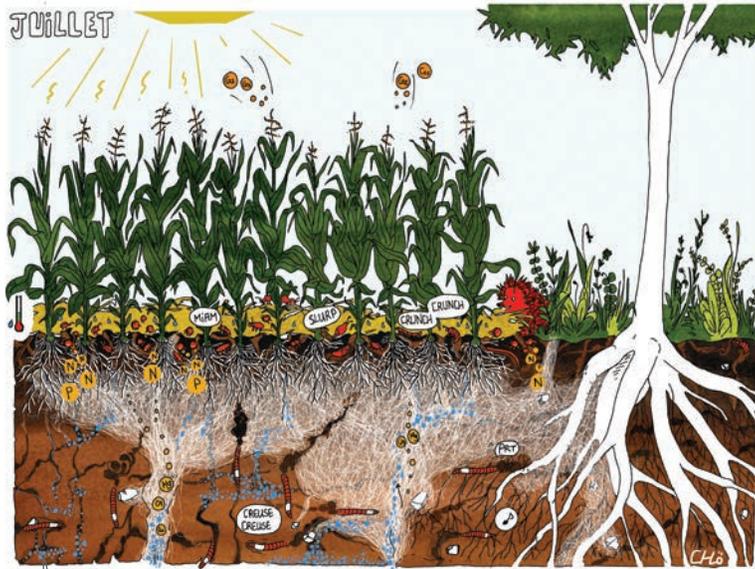


MAI

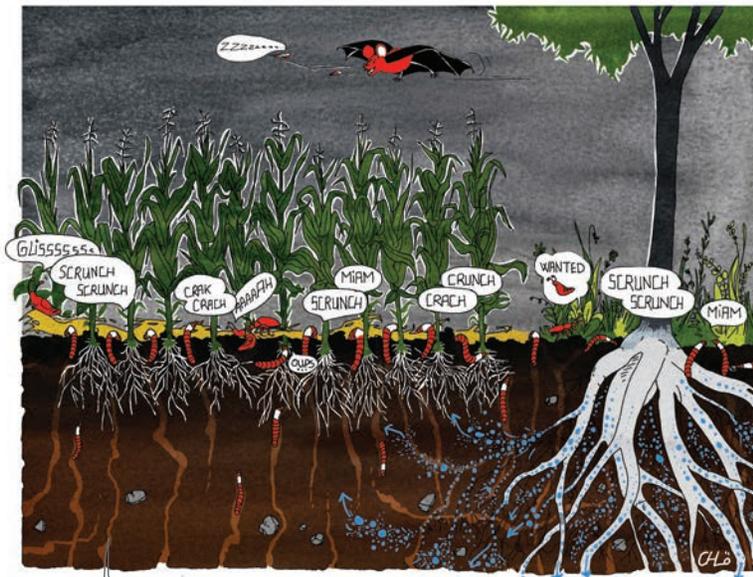


JUIN

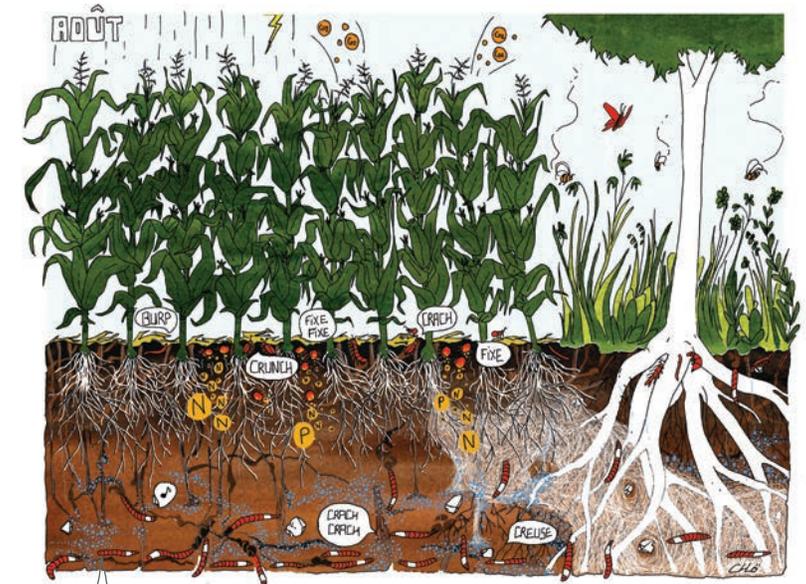




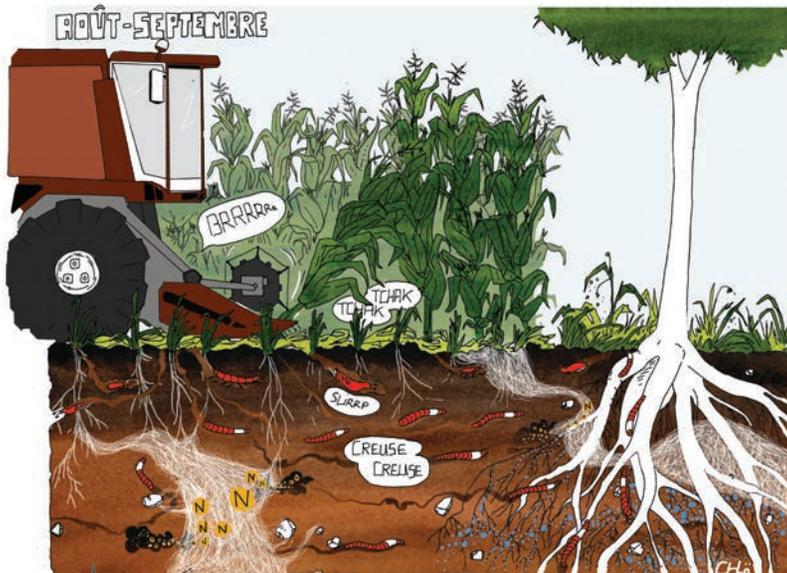
CETTE ANNÉE, C'EST ENCORE LA CANICULE. MAIS COMME TOUJOURS MA COUVERTURE DE LITIÈRE ME PROTÈGE ET MAINTIEN LA FRAÎCHEUR. JE GARDE DE L'EAU EN PROFONDEUR POUR LES JOURS PLUS SECS.



LA NUIT, JE NE DORS QUE D'UN ŒIL. IL Y A TOUTE UNE VIE NOCTURNE. LES VERS DE TERRE REMONTENT POUR S'ALIMENTER ET TOUTE LA FAUNE PART EN CHASSE. LES ARBRES ME RECHARGENT AUSSI EN EAU.



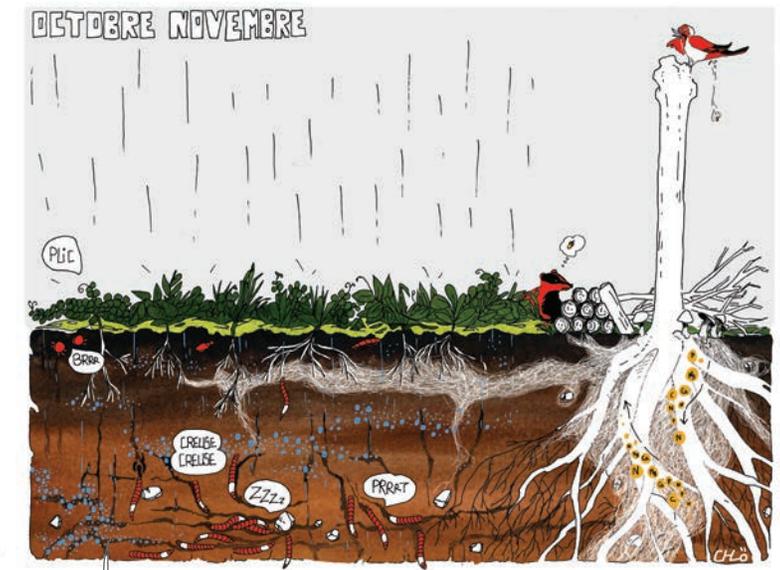
LE CHAMP DE MAÏS PROSPÈRE ET LES PARTIES EN DIFFICULTÉ REÇOIVENT DES PROFONDEURS L'AIDE NOURRICIÈRE DES CHAMPIGNONS.



POUR LA RÉCOLTE, ON ME COUPE LES CHEVEUX POUR RÉCUPÉRER LES ÉPIS DE MAÏS. MAIS LES FEUILLES SONT POUR MOI, ELLES ME PROTÈGERONT DU SOLEIL ET DES INTÉMPÉRIES ET NOURRIRONT TOUS MES HABITANTS.



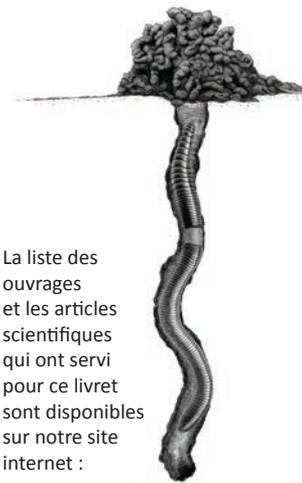
ILS SE NOURRISSENT AUSSI DES FEUILLES QUI TOMBENT ET DES JEUNES ET VIEILLES RACINES. LE SEMIS D'HIVER M'ALIMENTERA ET ME PROTÈGERA PENDANT LES PÉRIODES PLUS FROIDES.



L'ARBRE, LUI AUSSI, PASSE CHEZ LE COIFFEUR SE FAIRE COUPER LES BRANCHES. LA SOCIÉTÉ DU SOL COMMENCE À VIVRE AU RALENTI... MAIS CHAQUE JOUR, ELLE PRODUIT ET M'ENRICHIT, ME DIGÈRE ET RECYCLE MES ÉLÉMENTS. AINSI JE DEVIENS UNE TERRE ACCUEILLANTE ET FERTILE.

NOUS DÉPENDONS DES SOLS, ILS SONT NÉCESSAIRES À NOTRE SURVIE !

Épiderme de la Terre, milieux complexes, les sols restent encore l'une des grandes inconnues, au même titre que le sont encore les océans. Ils concernent tout le monde mais comme ils sont opaques, personne ne s'en soucie vraiment. Pourtant, ils sont à l'origine de ce que nous mangeons, ils sécurisent aussi nos ressources en eau et d'eux dépendent chaque jour davantage la régulation du changement climatique, la demande énergétique et la préservation de la biodiversité. Ils représentent un enjeu considérable pour l'avenir de nos sociétés. Les sols sont à la croisée de tous les enjeux mondiaux. En route vers l'agronomie...



La liste des ouvrages et les articles scientifiques qui ont servi pour ce livret sont disponibles sur notre site internet : arbrpaysage32.fr

Réalisé par



93 route de Pessan 32000 AUCH
tél. 05 62 60 12 69
contact@ap32.fr
www.arbrpaysage32.fr



Arbre & Paysage 32 est membre de
AGROFORESTERIE
association française
et de l'AFAC-Agroforesteries

Avec le soutien de

