

LA VIE DES SOLS : MIEUX LA COMPRENDRE MIEUX CULTIVER - FOCALISATION SUR L'UTILISATION DES BOIS RAMÉAUX FRAGMENTÉS - Gilles DOMENECH¹

RÉSUMÉ

Le sol, loin d'être le simple support de culture que considère la révolution verte est un système vivant, dynamique organisé et complexe. Comprendre cette organisation biologique est un préalable indispensable à la mise en place d'une agriculture productive et écologiquement intensive.

La vie des sols s'articule autour de trois grands groupes vivants : les bactéries, les champignons, les animaux du sol. Ces organismes remplissent un grand nombre de rôles d'importance écologique et agronomique majeurs tels que transformer les MO, structurer le sol et gérer les nutriments.

Les expériences menées de par le monde montrent que certaines pratiques permettent d'utiliser de façon optimale l'activité de cette vie souterraine pour cultiver en réduisant les intrants tout en améliorant la rentabilité économique des exploitations.

Parmi ces pratiques, citons notamment : les couverts végétaux, le travail simplifié, voire le semis direct, l'agroforesterie et les Bois Raméal Fragmenté (BRF).

Ces derniers consistent en l'utilisation de branchages broyées et utilisés frais en agriculture, sans compostage préalable. Leur expérimentation dans plusieurs pays tropicaux met en avant de nombreux avantages agronomiques.

TEXTE COMPLET

La situation agricole et écologique actuelle montre de grandes faiblesses : même si les niveaux de production sont encore élevés dans de nombreux pays du monde, les conséquences environnementales des modes de cultures sont de plus en plus préoccupantes et montrent les limites de nos systèmes de productions. Parmi ces conséquences problématiques, citons par exemple l'érosion (hydrique et éolienne), la salinisation des terres, la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques par les nitrates, les phosphates, les pesticides... A l'origine de ces problèmes, nos conceptions même du sol sont erronées : l'agronomie du XX^{ème} siècle le considère comme un simple support physique inerte que l'on peut « nourrir » à volonté avec des engrais solubles directement assimilables par les végétaux.

Pourtant l'observation des systèmes naturels, à la fois très stables et très productifs mettent en évidence que partout sur la planète les sols qui portent une végétation dense sont vivants et que plus la fertilité des terres agricoles est très souvent issue de la fertilité créée par une forêt, détruite pour les besoins de l'agriculture. C'est ainsi que parallèlement à la généralisation de la « révolution verte » un peu partout dans la ceinture tropicale, des agriculteurs et des agronomes ont cherché à concilier protection des sols vivants, avec production agricole.

Afin de mieux appréhender les pratiques qui permettent de cultiver avec la vie des sols, il est très instructif de comprendre la vie qu'ils contiennent et les rôles de celle-ci dans le maintien de la fertilité des terres. Je précise ici que le terme de « fertilité » est compris relativement aux espèces cultivées.

La vie des sols : mieux la comprendre pour mieux cultiver

Le sol est un milieu vivant extrêmement riche, en effet c'est là que se trouve la majorité des espèces

¹ EURL Terre en Sève, France, Email : terre.en.seve@gmail.com;

<http://www.terre-en-seve.fr>, <http://jardinonssolvivant.fr>, Larriouau, 32350 Ordan- Larroque, France

animales des surfaces continentales, c'est aussi là que sont recyclés toutes matières organiques provenant des végétaux, c'est également là qu'est fixé l'azote atmosphérique afin de le mettre à disposition du vivant. Les organismes du sol font partie de trois grand groupes : les bactéries, les champignons et les animaux. La vie du sol est responsable d'un grand nombre de rôles écologiques dont beaucoup ont une importance agronomiques essentielle, nous nous intéresserons ici à la transformation des matières organiques (MO), à la structuration du sol et à la gestion des nutriments.

1. Transformation des MO

Les végétaux injectent dans le sol toutes sortes de MO par l'intermédiaire de nombreux processus : mort des parties aériennes (feuilles, tiges, branches...), mort des racines, exsudats racinaires (sucres injectés directement dans le sol par les racines vivantes)... Ces MO sont alors consommés par différents organismes. C'est ainsi que les exsudats racinaires et la mort pluriannuelle des racines les plus fines font surtout vivre des populations de bactéries. Les tissus plus dur, comme les feuilles ou les tiges tendre, si elles sont également consommées par des bactéries, nourrissent surtout certains champignons et des petits animaux spécialisés dans les tissus végétaux tendres, comme les collembolles, certains insectes, ou encore les vers de terre. Quant aux tissus ligneux, les plus durs, ils nécessitent l'intervention d'animaux aux pièces buccales suffisamment puissantes tels que certains acariens, ou encore des petits crustacés (cloportes) et certains « mille pattes » (diplopodes) ou encore les larves de certains insectes, comme les termites, .

Les animaux fournissent également des quantités importantes de MO au sol, du fait de leurs déjections et de leurs cadavres. Ces MO sont alors consommées par des bactéries surtout, mais aussi des champignons, des insectes, des vers...

Tous ces organismes, appelés « détritivores » ou « saprotrophes » dans la littérature, sont responsables en milieu agricole de la transformation des résidus de culture, des feuilles tombées au sol, des fumiers apportés aux champs... Leur présence assure donc un recyclage très rapide des nutriments contenus dans toutes ces matières. En revanche, leur absence explique que dans certaines parcelles les pailles ne disparaissent pas ou très lentement et doivent donc être enfouies profondément ou retirées du champ dans les modes d'agriculture actuels.

2. Structuration du sol

L'activité incessante de ces animaux, qu'il s'agisse des détritivores précédemment évoqué ou de leurs nombreux prédateurs (insectes, araignées, acariens, « mille pattes » de l'ordre des chilopodes, petits mammifères...) a un impact fondamental sur l'organisation du sol. La grande majorité de ces organismes vivant en surface, celle ci se retrouve fortement aérée par le brassage permanent effectué notamment par les petits animaux (vers, collembolles, acariens, insectes, « mille pattes »...). d'autres animaux circulent entre la surface et les profondeurs du sol, ils sont donc responsable de création de tout un réseau de galerie qui aère le sol sur toute sa profondeur et facilite l'infiltration des eaux de pluie, il s'agit surtout des vers de terre, des termites, des fourmis et des mammifères terricoles.

Les champignons ont également un impact majeur sur la structure du sol, en effet leur mycélium forme un réseau dense de filaments qui emprisonne des particules de terre, favorisant et stabilisant ainsi une structure aérée. De plus, ils sécrètent souvent des composés collant ont un rôle majeur dans la stabilisation de la structure du sol. C'est notamment le cas des champignons mycorhiziens, qui vivent symbiose avec les végétaux (cf. ci-dessous) et qui sécrètent une molécule appelée glomaline, reconnue comme responsable en grande partie de la stabilité de la structure des sols.

Une structure aérée et stable couplée à tout un réseau de galerie est une caractéristique essentielle d'un sol fertile. En effet, l'aération de surface et les galeries facilitent l'infiltration de l'eau

et donc l'alimentation hydrique des cultures, ceci a pour conséquences, non seulement de réduire la nécessité d'irriguer, mais aussi de diminuer le ruissellement de surface et donc la sensibilité du sol à l'érosion ! De plus la stabilité de la structure en surface évite la formation de croûte de battance sous l'effet des pluies violentes et de l'irrigation, ce qui, là encore, est favorable à la réduction du ruissellement. L'aération du sol facilite également la circulation de l'air et donc de l'oxygène, ce qui est favorable à la bonne santé des racines de végétaux, racine dont le développement est aussi plus facile dans un sol aéré ! L'agriculture moderne a cherché à remplacer le travail de ses organismes par le travail de l'outil, mais les résultats sont souvent contraire aux attentes, car les tracteurs et les labours profonds compactent les sols en profondeur et l'aèrent à excès en surface, ce qui provoque une perte de matière organique, une forte évaporation de l'eau, la mort de nombreux organismes du sol et une structure de moins en moins stable, donc de plus en plus sensible à l'érosion (hydrique et éolienne), à la battance et de moins en moins capable d'infiltrer l'eau et de porter des cultures en bonne santé. Le travail structurant des organismes du sol est irremplaçable !

3. Gestion des nutriments

Non contents de se charger de la transformation des matières organiques en tout genre qui leur parviennent et de rendre le sol physiquement apte à porter des végétaux sains, les organismes du sol jouent également un rôle dans la fertilisation ! En effet les nutriments (N, P, K...) dont la plante a absolument besoin pour son développement et qu'elle trouve dans le sol sont gérés par toute une myriade d'organismes vivants. Je propose ici de nous pencher plus particulièrement sur l'importance des bactéries à tous les stades du cycle de l'azote et au rôle de certains champignons dans la nutrition phosphatée des végétaux.

L'azote est présent dans l'air à près de 80%, mais n'est pas accessible sous cette forme à la végétation. Étant donné que la fixation de cet azote dans les tissus vivants nécessite de grandes quantités d'énergie (à fournir ici sous forme de sucres), seules quelques bactéries très spécifiques sont capables de l'utiliser et toujours à cause de ce fort besoin en énergie, les plus efficaces d'entre elles le font en association avec des plantes, aptes à leur fournir massivement ces sucres indispensables. C'est ce que l'on observe notamment avec la symbiose entre les plantes de la famille des Fabacées (légumineuses) et les bactéries du genre *Rhizobium*. C'est ainsi qu'un couvert végétal de légumineuses peut fixer, plusieurs centaines de kg d'azote par hectare et est donc tout à fait susceptible de fournir à lui seul la totalité de l'azote nécessaire à la culture suivante.

Une fois incorporé aux MO par ces bactéries, l'azote est recyclé à travers l'ensemble du réseau trophique du sol, passant ainsi par les végétaux, les champignons, et les animaux qu'il abrite. Les tissus, cadavres et déjections de ces organismes sont alors consommés (entre autres) par des bactéries qui permettent la libération de l'azote qu'ils contiennent, facilitant ainsi sa mise à disposition pour les plantes. Notons au passage que la faune du sol fertilise en continu la culture par un apport constant de « fumier » formé *in situ* et qui met l'azote sous forme facilement minéralisable par les bactéries.

Certaines bactéries spécialisées sont également capables de faire passer l'azote d'une phase minérale à une autre, par exemple d'ammonium à nitrate. Dans des milieux engorgés en eau, elles sont également capables de transformer les nitrates en azote gazeux, évitant ainsi leur lessivage vers les cours d'eaux et les nappes phréatiques, mais rendant également cet azote durablement indisponible pour le vivant, jusqu'à ce qu'il soit à nouveau capté par une bactérie fixatrice d'azote atmosphérique (*Rhizobium* ou autre).

Le phosphore, ainsi que le zinc, ont la particularité d'être des éléments à la fois rares et peu disponibles dans les sols, rendant leur accès difficile pour les racines des végétaux. Pour se faciliter cette tâche, ils ont recours à une association avec des champignons, dit mycorhiziens, qui vivent en partie dans la racine, où ils pénètrent jusqu'à l'intérieur de certaines cellules, et en partie dans le sol où leur mycélium extrêmement fin est capable d'aller chercher le phosphore, le zinc et aussi l'eau,

permettant à la plante d'accéder à des ressources qui lui seraient sans cela inaccessibles. Parmi les plantes cultivées, à l'exception des Brassicacées (choux, colzas, radis...) et des Chénopodiacées (épinards, betteraves...), la quasi totalité forme ce type de symbiose.

Là encore, une bonne gestion de la vie du sol et notamment des bactéries fixatrices d'azote et des champignons mycorhiziens offre des possibilités de fertilisation gratuite et non polluantes !

Maintenant que nous avons passé en revue les principaux rôles de la vie contenue dans nos sols, il reste à comprendre comment cultiver tout en respectant cette vie tout en maintenant un niveau de production élevé. Ce qui revient à tirer bénéfice de la présence de ces organismes dans les systèmes de production.

Des pratiques agricoles basées sur la vie des sols

Parmi les pratiques agricoles modernes et traditionnelles recensées de par le monde, certaines parviennent très bien à associer respect de la vie des sols avec haut niveau de productivité. J'en met ici en avant quatre : les couverts végétaux, le travail simplifié, les agroforesteries et l'utilisation de Bois Raméaux Fragmentés (BRF).

1. Les couverts végétaux

Nous avons vu que les légumineuses fixent l'azote de l'air et donc que, utilisée comme couvert végétal, elle sont capables d'assurer la nutrition azotée de la culture qui suit, ce qui rejoint la thématique plus spécifique des « engrais verts ». Toutefois le rôle de la mise en place d'un couvert végétal vivant entre deux cultures offre de nombreux autres avantages agronomiques : protection physique du sol vis à vis des pluies et du rayonnement solaire, production de MO au sein même de la parcelle, piégeage des reliquats azotés, injection continue de carbone dans le sol qui nourrit les bactéries, champignons et animaux qui l'habitent, contrôle de l'enherbement... Ces pratiques de couverture de sol apparaissent de plus en plus nettement aujourd'hui comme un outil agronomique incontournable, capable d'effectuer à la fois la fertilisation minérale et organique des cultures et de protéger la vie du sol et tous les bienfaits qu'elle apporte !

2. Le travail simplifié

Le travail du sol, déjà évoqué pour son impact négatif sur la structure du sol et notamment sa stabilité est une des principales causes de destruction de la vie des sols. Cela se comprend aisément quand on voit que l'immense majorité des organismes vivent dans les 10 premiers centimètres du sol. Envoyer, par un labour cette vie à 20, 30 ou même 40cm de profondeur tue la plupart d'entre eux et détruit leur habitat. Depuis les années 30, la réflexion sur la suppression du labour a fait beaucoup de chemin et aujourd'hui on voit se développer sur tous les continents le semis direct sous couverts végétaux (SCV). Un des grands intérêts de cette pratique est qu'elle peut s'adapter à toutes les échelles. C'est ainsi qu'elle a été adoptée aussi bien dans les gigantesques exploitations d'Amérique du Sud que chez les petits maraîchers malgaches.

3. Les agroforesteries

L'association des arbres avec les cultures est une pratique plurimillénaire et est omniprésente dans les agricultures traditionnelles de l'ensemble de la ceinture tropicale. On la redécouvre aujourd'hui pour l'adapter aux grandes cultures modernes aussi bien en Europe qu'en Chine ou au Brésil. Les agroforesteries revêtent des formes extrêmement nombreuses, depuis de simples alignements d'arbres dans les champs, jusqu'aux agroforêts des zones équatoriales en passant par les différents types de bocages des pays tempérés et tropicaux et de nombreux autres systèmes, comme les parcs à karité, baobab ou acacia d'Afrique de l'Ouest. Outre le fait de multiplier les productions et donc les revenus des agriculteurs, ces pratiques présentent de nombreux avantages

environnementaux dont celui de nourrir la vie des sols grâce à la chute des feuilles et la mort pluriannuelle des racines les plus fines.

4. *L'utilisation de BRF*

Enfin et directement liée à la présence d'arbre dans l'agrosystème, les Bois Raméaux Fragmentés sont une manière d'utiliser directement la richesse des branches au profit des cultures. Il s'agit simplement de branches broyées et amenées au sol telles quelles, sans compostage préalable. Cette pratique, souvent considérée comme innovante, reprend en fait des pratiques traditionnelles de nombreux pays tempérés et tropicaux. La suite du texte détaille la définition et les propriétés de ce matériau.

Zoom sur les Bois Raméaux Fragmentés (BRF)

Les BRF sont simplement des broyâts de branches destinés à être appliqués au sol pour les amender. Les nombreuses sources de documentation sur le BRF amènent un certain nombre de restrictions sur l'utilisation de ces broyâts, par exemple que les branches doivent être sans feuilles, le broyage effectué avec des couteaux... La plupart de restrictions ne sont absolument pas justifiées et je ne retient ici que les précisions suivantes :

- les branches doivent être de petit diamètre car plus la branche est fine, plus elle est riche. La limite de diamètre des branches à broyer varie beaucoup suivant les auteurs, de 3 à 12 cm. En fait cela dépend surtout des possibilités techniques pour le broyage et du mode de valorisation des plus grosses sections. La limite est de toutes façons arbitraire car la teneur en nutriment, sucres et protéines diminue progressivement avec l'augmentation du diamètre des branches.
- Toutes les espèces d'arbres n'étant pas égales en terme de qualité des BRF obtenues, il est souhaitable de mélanger le plus possible les essences disponibles localement.
- Le BRF au sens strict est un produit frais, non composté, il peut toutefois être stocké en andain le moins haut possible (idéalement 1m, voire moins).

Le contexte technique d'utilisation des BRF est très importants. En effet, si parmi les quatre pratiques décrites précédemment, les trois premières peuvent être introduites séparément, l'utilisation de de BRF implique impérativement la suppression du labour. En effet, le labour enfouirai profondément cette matière la rendant inaccessible pour les organismes adaptés à sa transformation, en particulier les champignons. De plus compléter cette pratique avec la mise en place de couverts végétaux, la restitution systématique des résidus de culture et des systèmes agroforestiers est souhaitable pour diminuer les doses nécessaires et obtenir des effet complémentaires de ceux des BRF. Le BRF peut aussi bien être utilisé incorporé au sol qu'en mulch sur le sol, la technique d'application est à étudier au cas par cas suivant les conditions sol, de climat l'itinéraire cultural et les cultures envisagées.

Tant que le sol n'est pas hydromorphe, l'utilisation de BRF est envisageables sur toutes les cultures. Cette restriction limite toutefois son usage dans la culture du riz inondé, très répandue au Vietnam.

De par le monde, très nombreuses sont les initiatives visant à mettre en place des systèmes basées sur les BRF ou l'utilisation de branches non ou très grossièrement broyées. Toutefois, la recherche scientifique s'est peu penché sur la question Un article de synthèse paru récemment recense ces expériences (Barthès *et al.* 2010). Le tableau suivant indique les pays concernés par ces expériences et la culture utilisée :

Pays	Culture testée
Côte d'Ivoire	Maïs
Rep. Dominicaine	Maïs
VietNam	Riz
Kenya	Maïs
Hawaii	Taro
Nigeria	Ananas
Nigeria	Bananier
Senegal	Tomates
Niger	Mil

Les résultats de cette synthèse mettent en avant un certain nombre de propriétés du BRF validés statistiquement, le tableau suivant indique en deux colonnes les avantages et les inconvénients liés à l'utilisation de BRF :

Avantages	contraintes
Enrichit le sol en MO Stimule l'activité biologique et en particulier fongique Améliore la disponibilité des nutriments Effet favorable sur les propriétés physiques et hydriques du sol Améliore les rendements à partir de la deuxième année	Immobilisation d'azote et parfois de phosphore la première année Baisse des rendements la première année en sols sableux Effets pas clairement décisifs par rapport aux apports d'origine herbacée

Toutefois, à ces listes, il est possible d'ajouter d'autres caractéristiques qui pour le moment ne ressortent pas des expériences validées scientifiquement.

Parmi les avantages, il conviendrait d'ajouter la résolution de certains problèmes phytosanitaires, par exemple les problèmes de nématodes sur tomates au Sénégal, ou encore les réductions de maladies fongiques sur le blé en France.

Parmi les contraintes, il me semble important de citer aussi l'épandage mécanisé (avec tracteur puissant et épandeur à fumier) nécessite d'avoir des conditions de sol optimales afin de pas compacter le terrain de manière pénalisante pour la culture suivante. L'expérience montre également que le principal problème lié à l'utilisation de BRF est la disponibilité de la ressource. En effet, c'est là ce qui bloque souvent les initiatives des agriculteurs souhaitant utiliser le BRF dans leurs exploitations. Deux éléments de réponse à cela : tout d'abord, envisager l'utilisation de BRF de préférence dans des régions où la ressource est abondante et facilement accessible localement ou sinon la créer sur l'exploitation même, ce qui rejoint de plain pied la thématique de l'agroforesterie et les modèles d'exploitation tels que les traitent respectivement dans ce colloque mes collègues Serge Valet et Benoît Noël.

Bibliographie

Barthès, B., Manlay, R., Porte, O. 2010, *Effets de l'apport de bois raméal sur la plante et le sol : une revue des résultats expérimentaux*, Cahiers Agricultures n°19, Vol.4.

Ouvrage sur le sol et les BRF :

Asselineau, E. & Domenech, G. « de l'arbre au sol, les Bois Raméaux fragmentés », Ed. du Rouergue, 2007

Bourguignon, C. & Bourguignon, L. « Le sol, la terre et les champs » Ed. Sang de la terre, 2008 (3ème édition)

Fortin, J.A., Plenchette, C., Piché, Y. « Les mycorhizes, la nouvelle révolution verte », Ed. Multimonde, 2008

Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W. « Le sol vivant » Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2010 (3ème édition)

Lowenfield, J. & Lewis, W., « Collaborer avec les bactéries et autres micro-organismes du sol » Ed. Du Rouergue, 2010