

Le BRF, remettre l'arbre au centre de l'agriculture

Benoit NOEL¹

Résumé

Les modèles d'agriculture actuellement pratiqués à grande échelle sont soit liés à l'élevage, soit au pétrole. Si l'agriculture « chimique » peut être productive, elle est rarement considérée comme durable. D'un autre côté, la polyculture-élevage est un modèle nécessairement extensif. Nourrir l'humanité actuelle sans léser les générations futures suppose une agriculture intensive et durable.

Des concepts tels que le non-travail du sol, l'association des arbres et d'autres cultures, la fertilisation organique intensive ont inspiré plus d'une agriculture traditionnelle vivrière. Ces principes sont aujourd'hui également pratiqués à grande échelle, dans le contexte d'une agriculture mécanisée et moderne. Ici, le BRF constitue un lien physique entre l'agroforesterie et l'agriculture de conservation des sols.

Il y a là les prémices d'un nouveau modèle agricole, à la fois intensif et durable, basé sur l'arbre et le sol.

Nos essais ont abouti à quelques chiffres expérimentaux permettant de concevoir des modèles agricoles basés sur le BRF. Nous pouvons notamment prédire la production d'humus et mettre à profit l'immobilisation d'azote. D'autre part, de nombreux paramètres indiquent que le BRF est le meilleur amendement que l'on puisse trouver.

Très concrètement, une exploitation agricole consacrant une partie de sa superficie à la production de BRF pourra produire durablement bien plus d'aliments par unité de surface qu'une exploitation liée uniquement à l'élevage.

Le BRF est un outil qui peut être combinés à des légumineuses, à l'élevage ou au chimique afin d'accroître les performances agro-écologiques des systèmes de production.

Introduction

Le lien de l'arbre au sol - cette allégorie présentant le cycle naturel des éléments - a inspiré les réflexions qui menèrent à l'agriculture biologique. Pourtant, aujourd'hui encore, elle est loin de donner lieu à une réelle intégration de l'arbre au centre du modèle de production agro-biologique.

Le compostage, souvent mis sur un piédestal, est-il le meilleur moyen de concrétiser cette idée ? Si le compostage trouve son indéniable utilité dans la nécessaire gestion des déchets de production agricole, ce processus s'avère coûteux, fastidieux et insuffisamment efficace lorsqu'il s'agit de fonder entièrement la fertilisation organique.

Mais alors, comment faire de ce rêve une réalité ?

¹ Association AGGRA, Belgique

Mise en perspective des principaux modèles de production agraires

Les modèles de fertilisation sur lesquels se fondent l'agriculture pratiquée à grande échelle sont peu nombreux :

L'agrochimie : productive mais pour combien de temps ?

Le modèle agrochimique s'est fortement répandu ces 50 dernières années. Ce système est certes productif, mais pour combien de temps encore ? Il n'est, généralement, pas considéré comme durable, notamment en raison de ses externalités négatives.

Faisons un simple calcul de son aptitude à conserver l'humus en conditions tempérées, là où ce modèle à principalement été développé :

30 cm de sol limoneux pèse 4000 T/ha, si 1% de cette masse est de l'humus, cela représente donc 40T/ha ; donc, 2,5% d'humus représente ici 100 T/ha.

Rappelons qu'il est généralement admis que la limite d'instabilité des sols limoneux est 2% d'humus, en-dessous de cette limite l'érosion devient catastrophique.

Un sol travaillé en conditions tempérées perd par minéralisation 2% du stock d'humus/an (en conditions chaudes, il perd le double).

Un sol qui contient 2,5% d'humus perd donc 2T d'humus/ha.an

Or, l'apport des chaumes et engrais verts n'atteint pas 500 kg d'humus/an, il manque donc 1500 kg d'humus/ha.an.

Ces simples chiffres montrent pourquoi la grande majorité des sols de culture en agriculture conventionnelle déstockent massivement du carbone.

Cette situation dramatique entraîne, outre l'émission massive de CO₂, l'accroissement de la sensibilité à l'érosion, la diminution des réserves en nutriments utiles aux plantes, la disparition de la faune et de la flore de ces sols,...

La Polyculture-élevage : durable mais extensive

En vis-à-vis de l'agrochimie, nous avons l'ancien système de la polyculture-élevage. A l'état pur, il est encore pratiqué à grande échelle dans le cadre de l'agriculture biologique.

Ce modèle est généralement considéré comme durable, il présente le principal inconvénient d'être nécessairement extensif.

Faisons également un calcul basé sur l'humus :

Nous avons vu qu'il nous manquait 1500 kg d'humus/ha.an afin de maintenir un taux d'humus de 2,5%. Combien faudrait-il de fumier de vache pour produire cet humus ? Il faudra approximativement 25 T de fumier, or une vache produit entre 25 et 50 kg de fumier/j, soit 9 à 18 T/an. Les vaches passent une partie de leur vie aux prés, ce qui ne permet de collecter à l'étable que +/- 50% du fumier produit. Il faut donc entre 2,5 et 5 vaches pour produire assez d'humus pour un ha de culture. Mais une vache mange 25 à 50 kg d'aliments par jour, il faut entre 1 et 3 ha de cultures ou de prés pour nourrir une vache. Ces ordres de grandeur

expliquent qu'en Belgique, la superficie moyenne de prairie en agriculture biologique atteint 85% de la surface totale des exploitations.

D'autre part, l'azote présent dans 25 T de fumier représente 125 kg, ce qui ne couvre que la moitié des besoins des cultures dans les zones productives.

Ceci nous amène à deux constats :

Le premier constat est celui de la nécessaire extensivité de ce système qui comprend 85% d'herbes pour 15% de culture. En admettant un taux de conversion des protéines végétales (herbe) en protéines animale (viande, lait) de 10% chez les bovins, nous devons conclure que l'équivalent de moins d'un quart de la surface est potentiellement productrice d'aliments consommables par les humains.

A l'échelle planétaire, cette extensivité est-elle tolérable ? Elle signifie une pression accrue sur les biotopes naturels restants.

Deuxièmement, la carence en éléments fertilisants implique une faible productivité à l'hectare. Cette faible productivité était le propre de l'agriculture basée sur la polyculture-élevage telle que pratiquée en France jusqu'en 1850, la carence en engrais était une des causes principales de rendements 5 fois moindres qu'aujourd'hui.

Dans le cadre d'une mesure agri-environnementale, nous avons testé un protocole d'intervention minimale : pas de labour, pas de fertilisants, pas de produits phytosanitaires. Après 5 ans le résultat est flagrant, alors que, sur la parcelle contiguë, on récolte en moyenne 7 T de céréales/an, la parcelle avec intervention minimale ne donne plus lieu à des récoltes, la culture est fortement clairsemée, elle n'arrive pas à maturité et elle est envahie d'adventices.

Au Sénégal, en Casamance (sud du Pays) les agriculteurs sont réfractaires à l'engrais et à la mécanisation, les sacs d'engrais d'un ancien programme vietnamien sont abandonnés sur le bord de la route. La riziculture produit en moyenne 700 kg de riz/ha.an, le PAM intervient couramment pour nourrir la population locale.

Dans le même pays, dans la région de Saint Louis (nord du pays), les agriculteurs ne sont pas réfractaires à l'engrais et à la mécanisation. Là, on produit en moyenne plus de 12 000 kg de riz/ha.an, soit presque 20 fois plus.

Principe d'action des fertilisants organiques classiques

D'un point de vue général, les fertilisants organiques sont des concentrés d'éléments nutritifs obtenus par compostage et/ou par la digestion des herbivores qui concentrent la fertilité de grands espaces de prairies dans leurs déjections.

Chaque apport organique contient un ensemble d'oligoéléments prélevés par les plantes, il fournit également du carbone au sol. Les éléments P, K, Ca, Mg ne posent pas de problèmes particuliers.

La difficulté de la fertilisation organique consiste à gérer simultanément le carbone et l'azote. Le carbone participe à la formation d'humus, et l'humus stocke une partie de l'azote apporté dans le sol. Les apports considérés comme fertilisants sont suffisamment concentrés en nutriments pour réaliser un apport net qui intervient dans la fertilisation de la culture. En d'autres mots, la quantité d'humus qu'ils produisent ne permet pas de stocker tout l'azote qu'ils apportent, une partie de cet azote se libère donc dans la solution du sol où il est disponible pour les plantes.

Apport	N total	N libéré année 1	Humus formé
Fumier	5 kg/t	40,00%	50 kg/t
Lisier vache	3 kg/t	70,00%	10 kg/t
Lisier cochon	7 kg/m ³	70,00%	10 kg/t
Fientes de poules sur sciure	30 kg/t	90,00%	100 kg/t
Composte de ligneux	13 kg/t	10,00%	225 kg/t

Donc, 20 T/ha de fumier apportent 20t/ha X 5 kg/t = 100 kg de N/ha, mais seulement 40% X 100 kg/ha = 40 kg/ha seront disponibles et doivent être pris en compte dans la fertilisation de la culture.

Par contre, les 20 t/ha de fumier apportent aussi 20 X 50 kg/t = 1000 kg d'humus par ha qui se minéraliseront lentement et participeront à la fertilisation des années suivantes, rien n'est perdu.

L'humification est fonction d'un coefficient iso-humique K₂, le rendement en humus en quelque sorte, qui diffère selon la matière organique apportée et lie l'humus formé au carbone présent au départ dans cet apport organique. Pour les engrais verts, K₂ est de l'ordre de 5 à 10 %, pour les effluents d'élevage, il est de l'ordre de 25 %.

On le voit, les engrais organiques jouent à la fois le rôle de fertilisant et celui d'amendement organique. Ceci est souvent présenté comme un avantage, mais la gestion pratique de cette double caractéristique peut s'avérer délicate. Si nous utilisons uniquement fumier, lisiers et fientes afin de maintenir un taux d'humus, nous risquons d'apporter des quantités excessives d'éléments fertilisants conjointement. Ceci résulte en un gaspillage, une pollution de l'eau, voire en problèmes sur la culture.

Perspectives nouvelles autour de l'arbre et du sol

Des préceptes tels que l'importance de l'humus et de la vie des sols, le non-travail du sol, l'association arbre-culture font partie intégrante de nombreuses agricultures traditionnelles et ont été formalisés notamment dans la permaculture.

Un fait intéressant est la propagation et le développement actuel de ces mêmes idées dans le cadre d'une agriculture industrielle, à grande échelle, fortement mécanisée.

Ceci donne lieu à la renaissance d'une agroforesterie moderne, au développement des techniques sans labours et de semis directs et à un intérêt croissant pour le BRF.

Plus interpellant encore, malgré le fait que ces trois idées ont été redéveloppées séparément, les praticiens de l'agroforesterie, du BRF et du non-labour se rejoignent.

Le BRF fait maintenant partie des motivations des agriculteurs pour l'agro-foresterie, les praticiens du non-labour s'intéressent au BRF, les praticiens du BRF cherchent leur auto-suffisance dans l'agroforesterie et leur mécanisation dans les techniques sans labour et ainsi de suite.

Ces faits nous amènent à penser qu'un nouveau modèle agricole est en train d'émerger autour du lien entre l'arbre et le sol. Le BRF matérialise ce lien.

Apport du BRF

Schématiquement, le BRF, en rendant pleinement disponible l'apport de l'arbre à un système de production végétale, permet d'envisager l'auto-fertilité à l'échelle de la parcelle.

L'arbre, grâce à sa grande capacité à fixer le carbone de l'air et à son enracinement profond, permet la remontée d'oligo-éléments utiles aux plantes ainsi qu'un apport substantiel en humus. Des cultures qui peuvent être fixatrices d'azote, apportent le complément.

Les branches broyées peuvent être produites localement et apportées au sol de culture afin de maintenir ses capacités de production et de nourrir la vie du sol.

Parmi les nombreux rôles que joue la vie du sol, la gestion des nutriments a un impact direct sur la productivité et l'efficacité du système de production.

Les mécanismes biologiques qui gèrent la disponibilité pour les plantes des éléments nutritifs utiles sont bien connus. Un apport de BRF est le point de départ d'une chaîne trophique qui apporte des nutriments aux plantes de façon contrôlée et efficace. Le BRF mélangé aux premiers centimètres du sol est colonisé rapidement par des champignons saprophytes. Ces champignons rendent les éléments nutritifs présents dans le BRF biodisponibles. Ils sont aussi capables de capter dans la solution du sol les nutriments manquants. Le vieux mycélium est ensuite brouté par des micro-arthropodes dont les fèces et les cadavres rendent les nutriments accessibles aux bactéries du sol. Les bactéries dégradent ces matières rendant une partie des éléments nutritifs qu'elles contiennent disponibles pour les plantes. L'activité de l'ensemble des organismes vivants présents dans le sol génère aussi des molécules plus difficilement dégradables qui se condensent et forment la matière organique des sols, anciennement appelée humus.

La croissance des plantes est d'abord fonction de la disponibilité des éléments minéraux N, P, K, Ca, Mg,... Lorsque cette croissance exige ces éléments, les plantes excrètent des exsudats contenant des sucres. Ces sucres occasionnent un développement rapide de la flore bactérienne qui dégrade ensuite les molécules humiques et rendent les éléments nutritifs qu'elles contiennent disponibles. D'autre part, ces sucres déclenchent la production d'enzymes puissants par les champignons. Ces enzymes contribuent aussi à dégrader les macromolécules et à rendre les éléments nutritifs disponibles. Ce mécanisme connu sous le nom d'interactions rhyzosphériques est complété par le rôle des mycorhizes. Les mycorhizes transfèrent également des éléments nutritifs via le canal fongique.

L'ensemble de ces mécanismes reposent sur une source de nourriture – énergie qui peut idéalement être le BRF.

Mise en œuvre pratique du BRF

Le BRF peut aisément être produit et utilisé en agriculture. De nombreuses broyeuses de puissance et principe différents existent sur le marché. Le BRF produit peut être réparti en couche régulière de 0.5 à 5 cm sur le sol de culture au moyen d'un épandeur à fumier. Il peut ensuite être incorporé aux 10 premiers centimètres du sol au moyen d'un outil de déchaumage ou mieux, d'une fraise.

Le sol peut être semé et cultivé ensuite normalement. Les outils de non-labour permettent de travailler le sol sans enfuir le BRF en-dessous de la zone d'activité biologique. Ceci permet sa bonne décomposition en 18 mois en conditions tempérées et, en environ un an, en conditions chaudes.

Le suivi d'un bloc expérimental de 2 ha ayant reçu 3 apports de 150 à 250 m³/ha de BRF répartis sur 5 ans donne une bonne vision de son impact sur les qualités du sol de culture. Ce bloc est une terre limoneuse productive, cultivée en grande culture, en conditions tempérées.

Les analyses montrent que le BRF est, avant tout, un amendement.

Si le BRF apporte du potassium et du phosphore, les quantités amenées par le BRF sont insuffisantes pour satisfaire seuls les besoins des cultures. Par contre, le BRF apporte les éléments Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en quantités importantes et excédant les prélèvements des cultures. Ces deux éléments jouent un rôle capital dans les liens argilo-humiques. D'autre part, les apports de BRF ont induit une forte augmentation du carbone organique. Le « rendement » en humus du BRF a été calculé à 75 kg d'humus formé dans le sol par m³ de BRF apporté. Notons que cette augmentation de l'humus coïncide avec une augmentation identique de l'azote total correspondant à un stockage de cet élément dans la matière organique du sol.

Par ailleurs, la CEC a augmenté de 11% et le pH a été stabilisé. On peut expliquer ces derniers effets par la présence de groupements organiques sur l'humus formé, jouant un rôle tampon.

Durant 2 ans, l'effet d'un seul apport de BRF sur la vie du sol a été mesuré sur un autre bloc dans des conditions similaires. Les colonies viables de 3 catégories de micro-organismes ont été comptées sur milieux sélectifs.

On remarque une stimulation de l'ensemble des populations microbiennes qui persiste durant toute la durée de la biodégradation du BRF. Il faut remarquer que les populations de bactéries

et d'actinomycètes sont très fortement stimulées pendant les 6 premiers mois. Ensuite, l'effet se tasse mais persiste. Par contre, les populations fongiques sont très fortement stimulées durant toute la biodégradation du BRF. Ces populations représentent la plus importante biomasse du sol et elles ont été multipliée jusqu'à 11 fois.

Gestion de l'azote

L'expérience montre que le principale facteur d'échec dans l'utilisation agricole du BRF est une mauvaise gestion de la disponibilité de l'azote pour la culture.

L'azote est un élément capital pour tous les être vivants car il intervient dans la synthèse des protéines, les briques du vivant.

Le rendement d'une culture est directement proportionnel à la disponibilité de N jusqu'à des doses importantes de cet élément.

Lorsque l'on apporte du carbone, principal constituant de l'humus et aliment de la vie du sol, cette vie se développe et rentre potentiellement en concurrence avec les plantes pour N. C'est ce qu'on appelle la FAIM d'azote. Ensuite des quantités très importantes de N sont stockées dans l'humus produit par la vie du sol, ce qui est loin de solutionner le problème pour les plantes.

Par la suite, la minéralisation de l'humus alimentera les plantes.

Le BRF est un cas particulier, il apporte des quantités très importantes de carbone qui se transforment avec un coefficient très élevé en humus. Le coefficient iso-humique K2 du BRF est de 50 %, ce qui veut dire que la moitié du carbone qu'il contient va se transformer en humus.

Un m³ de BRF contient 1.8 kg d'azote, mais les 75 kg d'humus qu'il va former dans le sol contiennent 3 kg d'azote. Le processus d'humification du BRF prend environ 1 an en conditions chaudes, à ce terme, il aura fallu fournir 1.2 kg d'azote/m³ en provenance d'une autre source que le BRF, c'est un stockage qui se marque dans la croissance simultanée des paramètres C et N mesurés dans les analyses de sol.

Mais apporter cet azote en une fois risquerait d'excéder la capacité du sol, de la vie microbienne et des plantes à le capter. Ceci peut entraîner des pertes et des pollutions nitriques.

Afin d'éviter ce problème, il convient de calculer une fertilisation azotée complémentaire à l'apport de BRF, ceci en tenant compte de plusieurs paramètres : besoin de la culture, minéralisation de l'humus et réorganisation de l'azote.

La réorganisation de l'azote par la vie du sol est un phénomène connu qui induit un coefficient apparent d'utilisation de l'engrais de l'ordre de 75%. Dans les systèmes de culture modernes, on tient rarement compte de ce paramètre car tout cet azote qui est prélevé par la vie du sol sera restitué avant la fin du cycle de la culture et participera simplement plus tard au bilan de fertilisation.

En effet, les systèmes de production moderne déstockent généralement massivement de l'humus. Au mieux, ils fonctionnent à l'équilibre et toute la matière organique qui y est

apportée est alors intégralement minéralisée. L'humus n'augmente pas et donc le stockage d'azote dans la vie du sol n'est que temporaire.

Par contre, lorsque le BRF est utilisé afin de faire croître rapidement le taux d'humus, tout l'azote réorganisé par la vie du sol est ensuite stocké dans l'humus formé. Il doit donc être purement et simplement soustrait du bilan de fertilisation de la culture.

Toutefois, l'humus augmentant, l'apport de la minéralisation de l'humus au bilan de fertilisation augmente aussi, réduisant chaque année le besoin en engrais.

Un autre phénomène doit également être pris en compte : l'apport de BRF peut excéder largement les apports organiques habituels dans les systèmes de production modernes. Ceci joue sur le coefficient de réorganisation de l'azote qui excède les 25% habituellement mesurés.

En effet, comme on l'a vu, l'apport de BRF stimule et développe la vie du sol, principalement les champignons. Un apport plus important de BRF signifie une quantité plus importante de champignons et autres micro-organismes et une capacité plus importante à réorganiser l'azote.

Une loi a été établie empiriquement, au moyen de 5 dispositifs expérimentaux faisant varier les doses de BRF et d'azote :

N réorganisé par le BRF = 27% + 7.5%/cm de BRF sur le sol

Ainsi, si on apporte et mélange 100 m³/ha ou 1 cm de BRF sur le sol, la réorganisation sera de 34.5%, si on apporte 200 m³/ha, on réorganisera 42% de l'azote, avec 300 m³/ha on réorganisera 49.5% de l'azote,...

Nous avons appliqué cette loi à de nombreux dispositifs expérimentaux, les résultats ont été unanimes : les pertes ou APL (Azote Potentiellement Lessivable) ont été réduites à la limite de détection des méthodes de mesure. Il n'y a tout simplement pas d'azote minéral libre - lessivable dans un système de culture au BRF, malgré cela la culture atteint les rendements espérés.

Mise en œuvre de la méthode BRF

Un objectif humus

Le BRF offre la possibilité d'accroître très rapidement ou de maintenir les stock d'humus. Ceci permet de concevoir un système de fertilisation autour de l'humus et de l'auto-fertilité du sol. L'auto-fertilité est la capacité d'un sol riche à produire sans aucun apport. Le BRF permet de constituer cette richesse.

La première question devient donc : quel taux d'humus voulons-nous ? Et ensuite, vient la question : dans quel délais voulons nous atteindre cet objectif ?

Un m³ de BRF incorporé au sol, produira après un an 75 kg d'humus (37 kg de C) dans le sol. Il est mécaniquement très difficile d'incorporer plus de 500 m³/ha de BRF. Cette dose maximale permet donc d'augmenter en un an de approximativement 2% le taux d'humus des 15 premiers centimètres d'un sol limoneux.

L'objectif humus peut être fixé en fonction de l'auto-fertilité. On peut chercher à disposer d'une quantité d'humus telle que sa minéralisation suffit à couvrir les besoins des cultures. L'humus contient environ 50 kg de N/T, soit une richesse 10 fois supérieure au fumier de vache. En condition chaude, un sol cultivé peut minéraliser annuellement 5% du stock total d'humus de la couche arable.

Dans la pratique le délais avant d'atteindre cet objectif dépend des circonstances : taux d'humus initial, moyens financiers et disponibilité du BRF, objectifs de production,...

Une manière classique de procéder en agriculture consiste à apporter régulièrement une dose fixe d'apports organiques. Cette dose correspond à un certain équilibre à fixer. Au départ les apports contribuent à augmenter le stock d'humus, mais au fur et à mesure que le stock d'humus augmente, la minéralisation augmente également. Ceci nous amène à un équilibre correspondant à la dose qui est apportée à intervalles réguliers.

Gérer l'azote

Sur la première culture, il convient de corriger la fertilisation en fonction de la réorganisation :

La fertilisation compensée se calcul comme suit : N à apporter (comprenant la minéralisation, la fraction disponible des apports ou engrais, les reliquats) = Besoin des cultures/ (1-réorganisation (%)).

Donc, avec 100 m³ de BRF, pour fournir 100 kg d'N à une culture, il faut en apporter $100\text{kg}/(1-34.5\%) = 153 \text{ kg}$ de N qui peuvent provenir de la minéralisation ou de la part disponible de l'azote du fumier par exemple.

Pour la deuxième culture, on fera plus simplement un bilan sur base de la quantité d'azote stockée dans l'humus. Le besoin est de 1.2 kg N/m³ de BRF apporté. Donc, pour 100m³/ha, on aura besoin d'avoir apporté 120 kg de N supplémentaire, or, en première année, on avait apporté 153 kg de N pour en fournir 100 kg à la culture, on avait donc déjà fourni au BRF 53 kg de N supplémentaire, en deuxième année il faudra donc apporter $120 \text{ kg} - 53 \text{ kg} = 67 \text{ kg}$ de N supplémentaires à la fertilisation nécessaire à la culture.

Mais cet apport de 67 kg supplémentaires risquerait d'excéder légèrement la capacité de réorganisation de l'azote s'il était apporté en une fois. Le mieux est donc de fractionner ce complément en deux doses.

La méthode simple en pratique

En pratique, il est facile de travailler avec des apports de 300 m³/ha de BRF ou 3 cm. Cette dose induit une réorganisation de 50% de l'engrais. D'autre part, une couche de 3 cm de BRF peut aussi jouer un premier rôle de mulch.

Cette dose peut être répétée à un intervalle qui dépendra de l'objectif humus à atteindre. Dans un système de culture intensif, comprenant trois cultures par an en condition chaude, viser un taux d'humus de 6% est un bon objectif. La minéralisation annuelle de cet humus fournira environ 200 kg d'azote/ha à chaque culture.

La dose de BRF correspondante est 150 m³/ha.an, nous choisirons d'apporter 300 m³ de BRF tous les deux ans.

Le BRF, épandu en surface, peut d'abord servir de mulch, il peut protéger toute culture à repiquer (courges, tomates, salades,...) en limitant l'évapo-transpiration du sol et en gênant les adventices notamment.

Cette première culture sous mulch est à fertiliser normalement car il n'y a pas de réorganisation de l'azote induite par le BRF tant qu'il n'est pas mélangé au sol.

Après la récolte, les résidus de culture et le BRF sont ensuite directement incorporés aux 10 premières centimètres du sol. Le sol restera ensuite relativement propre car les adventices seront gênées par la faim d'azote induite par le BRF.

Dans le sol mélangé au BRF, on peut ensuite semer normalement la deuxième culture. Le BRF n'induit aucune phytotoxicité. Une fois mélangées au sol, des doses jusqu'à 500 m³/ha peuvent être suffisamment incorporées pour ne gêner en rien les semoirs classiques.

Une double fertilisation sera ensuite appliquée sur la ligne de semis. L'application sur la ligne de semis uniquement permet de favoriser la culture au détriment des adventices.

Afin de n'occasionner aucune perte, cette fertilisation doit être calculée en tenant compte des prélèvements réels de la culture et de la minéralisation de l'humus. Prenons l'exemple d'un sol limoneux contenant 2.5% d'humus et dont on cultive 30 cm. Le stock d'humus est de l'ordre de 100 T/ha. Si la minéralisation annuelle est de 5%, elle occasionne la libération de 200 kg d'azote/ha.an qui se répartissent sur 3 cultures, soit environ 70 kg de N/culture.

Si la culture prélève 150 kg d'azote/ha, afin qu'elle puisse disposer de cette quantité dans un sol amendé au moyen de 300 m³/ha de BRF, il faudra apporter 300 kg de N/ha pour contre-balancer la réorganisation de 50%. 70 kg sont déjà disponibles suite à la minéralisation de l'humus, il faut donc apporter 230 kg de N/ha sous forme d'engrais.

Dans la pratique, les agriculteurs sur-fertilisent souvent afin de compenser les pertes par lessivage. Dans ce cas la dose habituelle de fertilisant peut très bien convenir sans autre compensation.

Une autre option consiste à cultiver une légumineuse sans autre apport de fertilisant. La légumineuse bénéficiera alors d'un avantage certain par rapport aux adventices qui seront gênées par la faim d'azote. D'autres part, la capacité fixatrice d'azote de la légumineuse pourra fournir tout ou partie de l'azote nécessaire à la formation de l'humus.

La troisième culture de la première année procède de la même manière que la deuxième.

Ensuite, en deuxième année, le sol est cultivé normalement, il peut notamment être travaillé plus profond afin de cultiver des racines.

Simulation

On peut calculer l'évolution d'un tel système au cours du temps. Le taux d'humus croît progressivement. Ici, en considérant un apport de 300 m³ de BRF/ha tous les deux ans et un taux d'humus initial proche d'un sol minéral, il faut 60 ans pour retrouver le nouvel équilibre, vers 3% de C (ou 6% d'humus).

En calculant la sur-fertilisation globale sur les 6 cultures de la rotation de deux ans, on constate que cette sur-fertilisation n'excède que légèrement les 100 % au départ. Il faut, en

effet, tenir compte de la minéralisation de l'humus et du fait que seulement 2 des 6 cultures sont à sur-fertiliser.

Par après, le besoin en fertilisation décroît à mesure que le taux d'humus augmente. La minéralisation d'une quantité croissante d'humus fournit une quantité croissante d'azote à la culture. A l'équilibre, la fertilisation est réduite à un tiers des besoins de la culture, les deux autres tiers restants sont fournis par la dégradation du BRF (300 m³ contiennent 540 kg de N).

Il peut être parlant de traduire ce besoin en fertilisation en effluents de poules. Une poule produit annuellement 1kg d'azote dans ses déjections.

Afin de fertiliser 1 ha de cultures intensives menées sur le sol initial pauvre en humus, il faut 21 T de fientes. Ceci correspond à la production d'un élevage de 705 poules consommant annuellement 35 T d'aliments. Ces chiffres montrent les limites de l'élevage comme présenté au début de cet article.

Toutefois, arrivé à l'équilibre, à 6% d'humus, il ne faut plus que 245 poules, consommant 12 tonnes d'aliments et produisant 7 tonnes de fientes.

Comment produire le BRF ?

Les quantités de matières organiques à apporter au sol sont souvent sous-estimées. la capacité à produire des quantité suffisante d'humus de tel ou tel système est souvent surestimée. En conséquence, les taux d'humus décroissent sur la plupart des terres de culture. Les engrais verts et résidus de culture se convertissent en humus avec un coefficient iso-humique de l'ordre de 5% seulement. Le processus de compostage est fastidieux, couteux et il entraîne des pertes importantes d'humus.

Comparativement, le BRF incorporé au sol sans compostage permet d'apporter deux fois plus d'humus que lorsque la même matière suit le processus de compostage.

Malgré cette grande efficacité, il faut des surfaces de production ligneuse importantes. Couper quelques branches sur des arbres présents sur la parcelle ne peut suffire à maintenir le taux d'humus d'un système aussi intensif que celui envisagé ici. D'autre part, la collecte dans la nature de branches se révèle souvent peu praticable pour plusieurs raisons : absence de milieu forestier à proximité, transport trop importants, droit du sol, protection de la nature,...

Dans la pratique on doit souvent créer des banques de biomasse autour et dans la parcelle.

Un rapide calcul aide à se convaincre de cette réalité : sur un ha, un verger d'arbres dispersés sur la parcelle peut produire 5m³ de BRF/an, les brise-vents peuvent produire 15 m³/an et, afin de fournir les 150 m³/ha.an de BRF nécessaires, il faudra aménager 2-3 ha de taillis productifs à proximité.

Ces taillis peuvent être aménagés sur des terres difficilement cultivables. Les arbres à utiliser peuvent être choisis parmi les essences locales à croissance relativement rapide, capable de bien repartir de la souche, ne présentant pas trop d'épines.

On peut planter les arbres à des densités autour de 2500 arbres/ha et récolter des branches de 2-3 cm de diamètre tous les 2-3 ans en recépant l'arbre à quelques dizaines de centimètres du sol.

Des essences fixatrices d'azote peuvent être associées à d'autres, plus productives. Ceci afin de créer des milieux globalement plus productifs.

Lorsqu'il existe une brousse dont les arbres sont régulièrement exploités, ils finissent par constituer des souches bien implantées et très productives. On aura tout intérêt à conserver ces souches et éventuellement à densifier la brousse par des plantations additionnelles des mêmes espèces.

Bibliographie

Noël, B., *L'arbre, avenir de l'agriculture wallonne ?* In *Imagine demain le monde*, n° 74, pp ; 8-15, **2009**.

Nitrawal, *Eau-nitrate, informations et conseils techniques pour la gestion durable de l'azote*, 2ème édition, pp 162, **2007**.

Noël, B., *Itinéraires techniques du bois raméal fragmenté*, In *Les Actes du Colloque international de Lyon : Les rémanents en foresterie et en agriculture, les branches, un matériau d'avenir*, ed. Lavoisier, **2007**.

Noël, B., *Bois raméal fragmenté et azote du sol*, In *Les Actes du Colloque international de Lyon : Les rémanents en foresterie et en agriculture, les branches, un matériau d'avenir*, ed. Lavoisier, **2007**.

Noël, B., *Bois raméal fragmenté, carbone, vie du sol et érosion*, In *Les Actes du Colloque international de Lyon : Les rémanents en foresterie et en agriculture, les branches, un matériau d'avenir*, ed. Lavoisier, **2007**.

Noël, B., *Rapport final du projet : Mise en œuvre de la technique du Bois Raméal Fragmenté (BRF) en agriculture wallonne*. Centre des Technologies Agronomiques - Strée, Belgique, pp. 168, **2006**.

Noël, B. et Archambeaud, M., « *Le bois raméal fragmenté* » un outil pour doper les sols en matière organique, *Techniques Culturelles Simplifiées*, n°37, 4pp., **2006**.

Werquin, R. *L'impacte du BRF et des pratiques culturales sur les communautés édaphiques*, mémoire présenté pour l'obtention du titre de Bachelier en agronomie, Haute Ecole Provinciale du Hainaut Occidental, Belgique, p. 45., **2006**.

Tanguy, M., *Amélioration de quelques propriétés physique du sol par apport de Bois Raméal Fragmenté*, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme des Techniques Agricoles Approfondies, Institut National d'Agriculture, Angers, France, p. 71., **2006**.

Tissaux J-C., *Les bois raméaux fragmentés - Caractérisation et processus d'humification*, travail de fin d'étude, Faculté de Foresterie et de Géomatique, Université Laval, Québec, Canada, **1996**.

Larochelle, L., *L'impact du bois raméal fragmenté sur la dynamique de la mésofaune du sol*, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de M. sc., Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, pp. 56, **1994**.

N'Dayegamiye, A. and Angers, D.A., *Organique matter characteristics and water-stable aggregation of sandy loam soil after 9 years of wood-residue applications*, pp. 115-122, In Canadian Journal of Soil Science, n°73, **1993**.

Soltner D., *Les bases de la production végétale*, tome 1, édition 18, Le Sol, pp.467, éditeur Le Clos Lorelle; Sainte-Gemmes-sur-Loir, Angers, France, **1990**.

Beauchemin, S. et N'Dayegamiye, A. et Laverdière, M., Effet d'amendements ligneux sur la disponibilité d'azote dans un sol sableux cultivé en pomme de terre, pp. 89-95, In Canadian Journal of Soil Science, n°72, **1992** (a).

Beauchemin, S. et N'Dayegamiye, A. et Laverdière, M., *Effet d'amendements ligneux frais et humifiés s s s s s ssur la production de pommes de terre et sur la disponibilité de l'azote en sol sableux*. In Canadian Journal of Soil Science, n°70, pp. 555-564, **1990**.

Mustin, M., *Le compost, gestion de la matière organique*. François Dubusc (éd), **1987**.

N'Dayegamiye, A. et Dubé, A., *L'effet de l'incorporation de matières ligneuses sur l'évolution des propriétés chimiques du sol et sur la croissance des plantes*, In Canadian Journal of Soil Science, n°66, pp. 623-631, **1986**.

Guay, E. et Lapointe, R.A. et Lachance, L., *Observations sur l'emploi de résidus forestiers et de lisiers chez trois agriculteurs : Carrier, Fournier et Marcoux*. Rapports techniques n°1 pp. 34 et n°2 pp. 41, Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, 1981 et **1982**.

Dommergue, S.Y. et Mangenot, F., *Ecologie microbienne du sol*. Masson & Cie, Paris, pp. 796, **1970**.