

Manuel de référence

Potentiels et techniques de redressement et d'entretien de la fertilité
des sols par les Bois Raméaux Fragmentés (BRF)

Rédacteur : David SANCHEZ
e-mail : cjpm@dts.mg

Comité Jean Pain Madagascar
B.P. 1285
Fianarantsoa 301
Madagascar
tél. +261 20 75 504 03

Site web : www.users.skynet.be/BRFinfo

Document établi sur base des publications diffusées par
le Groupe de coordination sur les bois raméaux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Université Laval
Québec G1K7P4
QUEBEC

Site web : <http://forestgeomat.for.laval.ca/brf>

Résumé

La perte de fertilité et la dérive des sols agricoles est un problème majeur à Madagascar car la production diminue dangereusement pour ne bientôt plus suffire à une population grandissante au rythme d'une démographie qualifiée de galopante par les spécialistes.

L'utilisation de matières organiques (fumiers, compost, ...) pour fertiliser les terres agricoles est une pratique traditionnelle qui a fait ses preuves. Malheureusement, le volume et la qualité des fertilisants produits est souvent très largement en dessous des besoins pour maintenir une productivité raisonnable sur l'ensemble des surfaces des exploitations de base.

Ce manuel propose des alternatives pour redresser et entretenir la fertilité des sols agricoles à partir de matériaux jusqu'ici peu employés dans ce domaine : les branchages préalablement broyés, provenant des broussailles, des résidus de la foresterie ou bien de surfaces / aménagements plantés à cet effet. On appelle ce matériau le Bois Raméal Fragmenté (BRF).

Quantités d'essais, d'analyses et d'expériences ont prouvé que ces matériaux, riches en lignine, étaient les précurseurs d'un humus stable, garant des équilibres biologiques et chimiques des sols pour une productivité soutenue et une agriculture durable.

Le BRF est ainsi employé dans les différents itinéraires techniques présentés dans ce manuel : le compostage, le mulching et l'incorporation directe.

Il faut garder à l'esprit que produire les quantités adéquates de BRF est un travail considérable qu'il est difficile d'envisager sans mécanisation si l'on veut réellement répondre au problème de l'agriculture (et pas seulement pour un petit jardin). Pour cette raison, le Comité Jean Pain Madagascar, qui expérimente ces techniques depuis plusieurs années dans la région de Fianarantsoa - Madagascar, a étudié et construit des broyeurs adaptés au contexte, capables de produire la quantité de BRF nécessaire pour assurer le traitement d'au moins 15 hectares.

Ces techniques à base de BRF ne doivent pas être juste reléguées au rôle d'une fertilisation des sols agricoles mais orientent et motivent leurs utilisateurs vers une meilleure gestion et la protection de l'environnement. En effet la méthode est tributaire de la disponibilité de branchages, en grandes quantités, à proximité du lieu d'utilisation. Ainsi, les utilisateurs convaincus organisent automatiquement leur terroir pour une productivité maximale de matériaux de base pour la fabrication de BRF. La forêt s'en trouve mieux gérée, mieux protégée du feu; les surfaces cultivables sont aménagées pour lutter contre l'érosion par des haies en courbe de niveau hautement productives en branchages, des surfaces inutilisées auparavant sont repeuplées d'arbres et d'arbustes; elles sont appelées «banques de biomasse végétale».

Les techniques de fertilisation organique à base de BRF décrites dans ce manuel apportent également une alternative à l'utilisation d'engrais chimiques qui ont trop souvent prouvé qu'ils n'étaient pas adaptés aux sols tropicaux. Ceux-ci apportent des résultats immédiats mais malheureusement trompeurs car ils vident rapidement le sol de ses substances vitales sans lui apporter les moyens de reconstituer un équilibre.

Dans un pays où une meilleure productivité est une question de survie; les méthodes de fertilisation à base de BRF permettent d'envisager un réel développement de l'agriculture dans une optique respectueuse de l'environnement.

Mots clés : BRF, fertilisation organique, compost, mulching, banque de biomasse végétale, environnement, mécanisation, agriculture durable, Madagascar, Comité Jean Pain

Sommaire

<i>Résumé</i>	2
<i>Sommaire</i>	3
<i>1. L'arbre : source de fertilité</i>	4
1.1. Introduction.....	4
1.2. L'humus, une nécessité en agriculture.....	5
1.3. Quelles matières organiques pour entretenir l'humus en agriculture ?	5
1.4. La forêt, une ressource en matériel végétal ligneux.....	5
<i>2. De l'arbre généreux à l'agriculture : les Bois Raméaux Fragmentés (BRF)</i>	7
2.1. Les BRF pour transférer la fertilité de la forêt vers l'agriculture.....	7
2.2. Paramètres de qualité des BRF.....	7
2.3. Différents systèmes pérennes de production de biomasse ligneuse	8
<i>3. Les BRF en incorporation directe</i>	11
3.1. Un mode de pensée nouveau	11
3.2. Le principe fondamental	12
3.3. La technique d'application.....	12
3.4. Questions fréquemment posées sur l'incorporation directe des BRF	13

1. L'arbre : source de fertilité

1.1. Introduction

Au préalable, il est utile de préciser ce que l'on entend par fertilité d'un sol car bien des conceptions à ce propos sont erronées car elles sont principalement centrées sur l'aspect économique de l'agriculture. Ainsi, bien souvent, une terre est considérée comme fertile quand le rendement immédiat atteint un bon niveau. On oublie les aspects de durabilité et d'équilibre entre les différents minéraux que le sol met à la disposition des plantes (un sol équilibré pour des plantes et une production saines).

Ainsi, on définira plutôt la fertilité d'un sol agricole comme sa capacité à fournir aux plantes une nourriture équilibrée, d'une façon durable, pour des rendements satisfaisants.

Un fait essentiel : la majorité des bonnes terres agricoles cultivées de nos jours de par le monde étaient autrefois peuplées de forêts.

Avant que les scientifiques n'expliquent les processus complexes de pédogenèse mis en œuvre dans les forêts, l'homme avait déjà observé que les terres les plus fertiles et durables étaient toujours gagnées sur la forêt. À Madagascar, la pratique du tavy (brûlis) sur forêt est un exemple de la bonne observation des paysans : ils savent que ce sont les meilleures terres cultivables.

La disparition de la forêt entraîne, dans un premier temps, une abondance de fertilité et de productivité. Ce phénomène est lié au fait que tout le système humique est métabolisé, restituant ainsi les nutriments engagés dans des cycles complexes. Cependant, après quelques années (en conditions tropicales) ou quelques décennies (en climat tempéré), tout s'effondre car les agrégats d'humus, faisant l'objet d'une prédation de la part des micro-organismes ont une vie relativement brève. Ils doivent être constamment renouvelés.

Ainsi, le maintien d'une fertilité durable (indéfiniment) d'une terre de culture est conditionné par la nécessité de restituer au sol des matières organiques, à l'instar de la forêt qui recycle en permanence les matériaux qu'elle produit (feuilles, petits branchages, racines), alimentant ainsi le système édaphique (humique).

De par le monde, d'innombrables techniques sont appliquées dans le premier but de maintenir le niveau de productivité à un seuil jugé rentable. On a malheureusement souvent omis de penser à la durabilité du système en oubliant que la fertilité d'un sol était étroitement liée à son taux d'humus. Ainsi, sur beaucoup de terres, on a épuisé le stock d'humus et la production a chuté catastrophiquement sans que l'on ait trouvé de parade efficace avec toute la panoplie d'amendements chimiques.

Il faut se rendre à l'évidence que malgré toutes les recherches, l'homme est loin d'avoir trouvé des systèmes aussi efficaces et pérennes que ceux que la Nature met en œuvre depuis la nuit des temps.

1.2. L'humus, une nécessité en agriculture

L'agriculture est consommatrice de fertilité du fait de l'exportation des produits. Le bilan de fertilité est alors négatif¹ et si rien n'est fait pour reconstituer le stock d'humus, la terre n'offre plus les caractéristiques adéquates à un bon développement des plantes. Bien que la fraction minérale du sol soit toujours présente, les plantes n'y trouvent plus tout ce dont elles ont besoin car le système est « en panne » faute d'humus.

Dans certains cas, le phénomène devient pratiquement irréversible car les propriétés chimiques du sol minéral se transforment.

L'agriculture productive et durable n'est donc concevable qu'en restituant au sol les éléments nécessaires à l'entretien de l'humus.

Dans les écosystèmes naturels tels que les forêts, les matières organiques de base permettant la création de l'humus sont principalement végétales². C'est donc par leur apport au sol que l'on peut prétendre entretenir le système édaphique et par là, la fertilité d'une terre de culture d'une façon durable.

1.3. Quelles matières organiques pour entretenir l'humus en agriculture ?

Sur l'observation que la vaste majorité des terres agricoles est d'origine forestière et, plus spécifiquement, issue de la forêt feuillue, des scientifiques ont montré depuis longtemps que la lignine était le matériau végétal précurseur de l'humus le plus stable et le plus durable (humus à longue durée de vie).

Des études plus récentes axées sur les caractéristiques biologiques fondamentales des sols confirment ces résultats et démontrent clairement le rôle de la lignine dans la formation de l'humus : c'est la « nourriture de base » de toutes les chaînes trophiques qui conjuguent leurs actions pour la formation d'agrégats composés des fractions humiques et fulviques.

Les matières végétales ligneuses se trouvent donc être des matériaux de choix pour l'entretien de la vie du sol et de sa fertilité.

Bien que les fumiers de ferme soient de bons fertilisants, il n'apportent qu'une faible fraction de lignine (paille) et les humus qu'ils génèrent sont beaucoup moins stables ; on les appelle humus à courte durée de vie. L'apport de tels matériaux ne peut assurer la création massive des humus à longue durée de vie, garants d'une stabilité à long terme.

1.4. La forêt, une ressource en matériel végétal ligneux

L'arbre étant le végétal le plus productif en matières ligneuses, la forêt devient la ressource idéale pour peu que le fait d'en prélever une partie régulièrement ne compromette pas sa pérennité.

¹ Le bilan est parfois nul et permet des rendements modestes mais durables (semble-t-il) sans aucune fertilisation proprement dite. Le système est stable du fait de la restitution de matière organique par les plantes (déchets de cultures, système racinaire), de leur capacité à puiser dans la fraction minérale du sol et à parfois pouvoir fixer l'azote de l'air. Il existe également très souvent, sur ces systèmes stables, un apport de minéraux venant de l'amont par érosion.

² Les matières organiques animales (corps, déjections) ont toujours une origine végétale en début de chaîne trophique.

Quelques observations permettent d'affirmer que les systèmes forestiers sont tout à fait adaptés à une telle utilisation :

Les végétaux sont capables de stocker l'énergie qu'ils captent, sous forme de matières organiques vivantes. La mort de celles-ci puis leur transformation permet de conserver une partie de cette énergie dans le sol sous forme d'humus lui-même consommé par les végétaux après minéralisation.

Si les végétaux ne se nourrissaient qu'au travers de l'humus, le système serait stable, mais le bilan serait nul. Ce n'est pas le cas car ils sont habilités à puiser et extraire une partie des éléments qui leur sont nécessaires dans la partie minérale du sol et dans l'air.

Ainsi, même une forêt très particulière comme celle d'Amazonie qui se développe sur des terres particulièrement pauvres et qui s'auto-fertilise à 90% par ses propres déchets (le système racinaire qui est en constant recyclage et la biomasse épigée qui constitue la litière) puise une partie de ses besoins dans le sol minéral. Même si cette fraction est faible, elle permet d'avoir un bilan positif et une augmentation du taux d'humus et de terre végétale fertile. On peut supposer qu'à très long terme, le sol, sous ces forêts d'Amazonie, deviendra une terre riche.

Un autre exemple de système à bilan positif est la jachère qui améliore le niveau de fertilité du sol. Les végétaux qui se sont développés pendant un certain temps remettent à la disposition des cultures, en se décomposant, les minéraux qu'ils ont extrait du sol.

En observant les végétaux et leurs systèmes, on peut s'apercevoir que l'arbre et plus généralement la forêt a toutes les caractéristiques pour que le bilan soit positif voire très positif.

On peut noter :

- Un système racinaire puissant (partie hypogée = 75 %) explorant des horizons profonds et remontant à la surface des minéraux en grandes quantités (solubilisés par les sécrétions racinaires, l'action des micro et macro organismes, la micorhization, ...).
- Une surface de captage de l'énergie solaire très importante par rapport à la surface occupée au sol.
- Une quantité de biomasse produite par unité de surface très importante.
- Une durée de vie de plusieurs dizaines d'années voir plusieurs centaines.
- Souvent une capacité à fixer l'azote de l'air par rhizobium
- Une capacité à conserver la fertilité dans le sol qu'elle occupe (protection du sol contre le soleil, le lessivage et l'érosion).

Aucun autre système que la forêt n'aligne autant de caractéristiques favorables à un bilan de fertilité positif.

Il est donc possible de prélever la fertilité nécessaire à l'agriculture dans la forêt en ménageant la ressource pour que le bilan reste positif.

Des études restent à mener, en fonction des espèces, des climats et de bien d'autres paramètres pour évaluer les taux et fréquences de prélèvement permettant de ne pas compromettre l'avenir de la ressource.

La forêt, entité séparée de l'agriculture dans la conception actuelle, doit devenir un élément incontournable dans la gestion de la fertilité au niveau du terroir, elle offre de la fertilité, c'est un système végétal généreux.

2. De l'arbre généreux à l'agriculture : les Bois Raméaux Fragmentés (BRF)

2.1. Les BRF pour transférer la fertilité de la forêt vers l'agriculture

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que l'arbre feuillu (dicotylédones) était le végétal le plus généreux et qu'il pouvait être une véritable source de fertilité adaptée et durable pour l'agriculture.

Les scientifiques ont démontré que c'était dans les rameaux de moins de 7 cm de diamètre que la concentration de nutriments étaient la plus forte et que l'équilibre entre ceux-ci était le meilleur.

Ces branches sont riches en lignine peu polymérisée et en polysaccharides (sucres), des éléments essentiels à la constitution d'un stock d'humus stable, seul capable de rétablir rapidement les cycles naturels de la fertilité des sols.

Des matières vivantes que sont les branchages à l'humus, des phénomènes naturels complexes, mettant en action quantité d'acteurs, vont permettre au sol d'intégrer ces éléments, essentiels au maintien de sa fertilité.

De part leur résistance naturelle et leur protection (écorce) les branchages doivent être réduits en petits copeaux (quelques cm³) pour permettre à tous les agents décomposeurs d'investir le matériau. On multiplie les portes d'entrée pour activer les décompositions. Sans cette opération de fragmentation, les branches pourraient mettre plusieurs années pour se décomposer. Les rameaux sont fragmentés à l'aide d'un broyeur mécanique à moteur.

Pour désigner ce broyat de branchages permettant de transférer de la fertilité de la forêt vers l'agriculture, on emploie le terme³ : **Bois Raméaux Fragmentés (BRF)**.

2.2. Paramètres de qualité des BRF

- Diversité :

L'observation de la nature montre que la diversité des végétaux (et des animaux) présent dans un écosystème est un facteur d'équilibre et de pérennité. Il semble alors évident que la qualité du BRF soit conditionnée par la diversité des espèces le constituant. L'une apportera ce qu'il manque à l'autre. Beaucoup d'études et de recherches sont encore à mener pour identifier les espèces les mieux adaptées à la production de BRF en fonction du climat, du sol et des cultures envisagées.

- Espèces feuillues (dicotylédones) :

Diverses études ont montré que la lignine des résineux ne présentait pas la même structure que celle des feuillus, qu'elle ne se transformait pas de la même manière en humus. Il est très différent de celui des feuillus et peu adapté à l'agriculture. Sans complètement les

³ Ce terme a été établi par le Professeur Gilles Lemieux – Université LAVAL – QUÉBEC qui dirige depuis près de 20 années des recherches sur les caractéristiques biologiques fondamentales des sols et la pédogenèse.

mettre de côté, on préférera n'incorporer que 20 % au maximum de résineux dans les BRF.

2.3. Différents systèmes pérennes de production de biomasse ligneuse

Forêt plantée gérée en futaie

Une telle forêt a pour but la production de bois d'œuvre, de charbon et de bois de feu. Sans diminuer la production principale de la forêt, il est possible de récupérer des matériaux de haute qualité pour fertiliser les sols agricoles :

- Le houppier lors de l'abattage (d'habitude laissé à pourrir à même le sol ou brûlé)
- Les déchets d'élagage
- Les déchets lors de la confection des coupe-feu
- Les broussailles spontanées ou les arbustes plantés se développant sous le couvert

Remarque : En restituant une partie de ces matériaux au sol de la forêt, on améliore sa productivité.

Forêt plantée gérée en taillis sous futaie ou en taillis seul

Le taillis qui se développe à la base de chaque tronc (ou sur les souches pour le taillis seul) est régulièrement exploité pour les perches et le charbon. La partie des branches non charbonnable ou transformable en perche peut être valorisée pour la fertilisation des sols agricoles.

On peut également gérer le taillis uniquement pour la production de biomasse ligneuse exportable vers l'agriculture (perches de petites sections coupées fréquemment).

Remarque : En restituant une partie du taillis au sol de la forêt, on améliore sa productivité.

Forêt naturelle gérée

La forêt naturelle doit absolument être protégée car elle abrite une grande partie de la biodiversité. On peut cependant y prélever des produits sans la mettre en danger (bois d'œuvre, bois de chauffe, fruits, pharmacopée, feuillage pour le bétail, ...). L'organisation de la gestion de la forêt peut également permettre de produire de grandes quantités de biomasse ligneuse exportables vers l'agriculture :

- les houppiers lors de l'exploitation du bois d'œuvre
- biomasse coupée lors de la constitution et l'entretien de coupe-feux (indispensables dans certaines zones à risque).
- Biomasse coupée lors des éclaircissements et les débroussaillages (effets très bénéfiques sur la productivité de la forêt et sa protection contre le feu).

Friche broussailleuse gérée

Dans pratiquement tous les terroirs, il existe des terres inutilisées pour l'agriculture. Elles sont souvent peuplées de broussailles spontanées rarement exploitées pour autre chose que la pharmacopée, la cueillette et un peu de bois de feu.

Peuplées d'une grande diversité d'espèces ligneuses, on peut aisément venir régulièrement prélever de grandes quantités de biomasse ligneuse exportables vers l'agriculture. La ressource ne nécessite aucun entretien mais doit être exploitée avec prudence pour que sa diversité soit conservée. Ainsi, l'agriculteur prendra soin de toujours laisser des sujets porte graine et de ne jamais pratiquer des coupe « à blanc » pour ne jamais laisser le sol découvert (précaution contre l'érosion).

Les bords des routes et chemins sont assimilables à ce système. Leur exploitation est, en plus, utile à l'entretien de ces voies d'accès (cantonage productif).

Haies vives arbustives ou arborées sur l'exploitation

En plus de pouvoir produire de grandes quantités de biomasse végétale ligneuse, les haies vives, judicieusement plantées sur l'exploitation agricole, lui apporte de multiples avantages :

- Délimitation des parcelles et de l'exploitation
- Coupe-vent, création de microclimats favorables
- Protection contre l'érosion (haies plantées en courbe de niveau)
- Profilage naturel progressif des pentes en banquettes (haies plantées en courbe de niveau)
- Meilleur bilan hydrique des parcelles et du terroir en général.
- Fixation symbiotique de l'azote de l'air (en fonction des espèces)
- Ombrage pour des cultures sensibles
- Production de fourrage, fruits, fleurs butinées par les abeilles, ...

Les haies sont plantées avec des espèces choisies en fonction du but principal recherché. Leur taille régulière produit de grandes quantités de branchages utilisables pour la fertilisation des sols agricoles.

Les haies peuvent être exploitées sans restitution proprement dite car elles profitent de la fertilisation des cultures de proximité (amont).

Banque de biomasse végétale plantée

Dans la majorité des terroirs, il existe des surfaces inutilisées pour l'agriculture ou l'on peut planter des arbres et des arbustes destinés principalement à la production de branchages utilisables pour la fertilisation des sols agricoles. On les appelle banques de biomasse végétales.

En choisissant judicieusement les espèces plantées, elles peuvent également produire du fourrage ou du miel (espèces mellifères).

Dans toutes les exploitations, et à plus forte raison celles qui ne disposent pas de surfaces forestières, l'élément banque de biomasse végétale est indispensable pour produire suffisamment de biomasse végétale destinés à l'entretien de la fertilité des sols agricoles.

Pour qu'elle soit pérenne, l'exploitation d'une banque de biomasse doit être réfléchi en fonction des capacités du sol sur lequel elle est installée. Une partie de la biomasse produite sur la surface doit obligatoirement lui être restituée pour son auto-fertilisation.

Jachère arbustive plantée

La jachère permet d'installer un écosystème généreux en fertilité. Le fait de semer des espèces diverses au moment de la mise en jachère permet d'accélérer le processus de régénération de la fertilité du sol. Au moment de la remise en culture, l'ensemble de la biomasse qui s'est développée sur la parcelle est restituée au sol. Les espèces ligneuses apportent de meilleurs résultats bien que le travail d'abattage et de déssouchage soit lourd.

Jachère arbustive spontanée longue

Le principe est d'utiliser les capacités naturelles de régénération de la fertilité des sols (système utilisé depuis l'installation de l'agriculture à Madagascar). La méthode a l'inconvénient de mobiliser la parcelle pendant un temps assez long (plusieurs années) mais a l'avantage de ne demander aucun travail ni investissement avant la remise en culture. On laisse simplement la végétation se développer spontanément quand on estime que le sol n'est plus assez fertile pour l'agriculture. Au moment de la remise en culture, l'ensemble de la biomasse qui s'est développée sur la parcelle est restituée au sol après broyage.

Le système est normalement pérenne mais ne peut concerner une agriculture intensive car le temps de repos des parcelles est supérieur à son temps de culture.

La méthode comporte également des risques car la végétation spontanée peut mettre du temps à se réinstaller si le sol est épuisé. Le sol non couvert pendant un certain temps peut accélérer les phénomènes d'érosion et compromettre ou retarder la régénération du sol.

Seuls les agriculteurs installés sur des terroirs disposant d'assez de surfaces cultivables peuvent se permettre de mettre en œuvre cette méthode.

3. Les BRF en incorporation directe

3.1. Un mode de pensée nouveau

Le point de départ a été un essai, datant de plus de 30 ans, où l'on a incorporé directement, sur sol agricole des BRF frais. Contrairement à ce que les principes de fertilisation connus à l'époque pouvaient laisser supposer comme résultats négatifs, ceux-ci furent très intéressants dès la première culture. On fût alors bien obligé d'admettre que l'on était devant un phénomène différent de ceux que l'on connaissait en matière de fertilisation dont il fallait étudier les principes et les potentiels.

Le Professeur Gilles Lemieux ainsi que d'autres scientifiques se sont attelés à la tâche et ont, depuis, établi des bases scientifiques solides apportant des explications aux principes naturels mis en œuvre dans ce phénomène que l'on compare à de la pédogenèse plutôt qu'à la fertilisation.

Le modèle est celui de la forêt qui recycle en permanence sa partie hypogée (racines = 70 % de l'arbre) ainsi que la partie épigée (30 %) qui tombe au sol et se décompose. Tous ces matériaux, à forte proportion ligneuse, procurent l'énergie nécessaire au maintien de la biodiversité absolument nécessaire à la régie des nutriments et de l'eau.

Les mécanismes sont loin d'être tous expliqués mais les scientifiques ont prouvé qu'ils étaient très différents et beaucoup plus performants que ceux que l'on utilise au travers des techniques de fertilisation connues.

Il faut réviser le principe comme quoi fertiliser c'est apporter les nutriments nécessaires à la plante. Les études ont montré qu'il fallait plutôt apporter l'énergie (le carburant) nécessaire pour augmenter ou maintenir une vie intense, diversifiée et équilibrée dans le sol, régissant les nutriments en les immobilisant ou en les relâchant dans la solution du sol lorsque le besoin s'en fait sentir pour la croissance et le maintien de l'écosystème épigé.

Lors des différentes études, par exemple, on a montré que les forêts ne souffraient jamais d'une carence en phosphore alors que c'est très souvent un facteur limitant en agriculture dont on essaie de limiter les effets, tant bien que mal, par des apports minéraux.

L'étude de la dynamique biologique engendrée par l'incorporation de BRF dans le sol a permis de dégager les principes d'humification liés à la pédogenèse très différents de ceux, mieux connus, que l'on a observés dans les tas de compost. L'humification par décomposition en tas sort le principe de son contexte car les matériaux s'humifient sans liaison avec le sol : c'est une simple dégradation des matières organiques. L'humus – compost est ensuite incorporé au sol, plutôt comme un fertilisant, mais au prix de beaucoup de pertes (diminution du tas, émission de chaleur).

Avec l'incorporation de BRF, on parle plutôt « d'aggradation » (le contraire de dégradation) de la pédogenèse, car l'humification s'effectue en liaison directe avec le sol, gage d'équilibre et de durabilité de l'humus mais aussi d'une meilleure utilisation de l'énergie apportée.

Les excellents résultats obtenus en incorporant des BRF frais aux sols agricoles et les explications que les chercheurs ont pu apporter aux phénomènes, viennent nous rappeler que les terres agricoles étaient d'origine forestière. L'agriculture moderne a semble-t-il omis de

s'intéresser au sujet principal : comment entretenir les caractéristiques des sols forestiers sur les sols agricoles puisque l'on sait pertinemment qu'ils garantissent les meilleurs résultats. Ne se serait-on pas trompé de piste en prônant une fertilisation uniquement orientée vers les plantes en reléguant le sol presque uniquement au rôle de substrat ?

3.2. Le principe fondamental

La lignine contenue dans les BRF, à l'instar de celle présente dans les sols forestiers, est la nourriture de base permettant à toutes les chaînes trophiques (alimentaires) de s'établir et de réguler tous les mécanismes de cyclage des nutriments et de l'eau.

Les BRF, incorporés au sol, sont très rapidement investis principalement par des champignons basidiomycètes qui tissent très rapidement leurs hyphes (filaments blancs) dans le sol. Ces champignons, présents dans toutes les forêts du monde, sont pratiquement les seuls organismes à avoir les capacités de décomposer la lignine par la sécrétion d'enzymes appropriés. Les filaments blancs qu'ils développent servent de nourriture à quantité d'autres micro-organismes et permettent l'installation d'une grande biodiversité. Toutes les chaînes trophiques conjuguent leurs actions pour la formation d'agrégats composés des fractions humiques et fulviques.

Les BRF incorporés au sol apportent des nutriments et l'énergie nécessaire aux multiples formes de vie qui le régulent. Les plantes, se développant alors dans un milieu équilibré et vivant, activent les processus biologiques nécessaires à la mise en disposition des nutriments qui leur sont nécessaires (exsudats racinaires, rhizosphère).

L'incorporation de BRF rétablit des cycles forestiers dans un sol agricole et permet l'installation de mécanismes difficiles à mesurer, mais bien réels, qui établissent des équilibres qui se répètent sans cesse et qui confèrent au sol des caractéristiques favorables à l'installation d'une agriculture durable.

3.3. La technique d'application

Sur sol préalablement labouré, il faut incorporer 200 m³ de BRF frais dans les 10 premiers centimètres du sol (les basidiomycètes sont aérobies).

Dans un sol fortement dégradé, il est préférable de laisser les mécanismes s'installer avant de planter la spéculation envisagée. Il est conseillé de planter, immédiatement après l'incorporation des BRF, une végétation couvrante (patate douce, graminées, ...) pour protéger le sol et créer un microclimat favorable au développement des micro-organismes. Les exsudats racinaires de cette végétation favorisent l'installation des mécanismes de régénération du sol.

On conseille de laisser la culture de couverture pendant une saison des pluies complète. La chaleur et l'humidité constante de cette période est propice au développement de tous les micro-organismes intervenant dans le processus d'aggradation du sol.

Dans une sol non dégradé et abritant une biodiversité suffisante, on installera la culture quelques semaines après l'incorporation pour laisser le temps aux basidiomycètes d'investir les BRF et aux mécanismes de démarrer. Le sol ayant déjà des capacités d'échange suffisantes, la culture profitera immédiatement de l'amélioration du sol procurée par les BRF.

Les résultats que l'on a observé partout dans le monde :

- Le couleur du sol devient plus sombre (brunissement)
- La cohésion des particules du sol devient meilleure (structure grumeleuse), réduisant les risques de lessivage.
- La capacité de rétention en eau du sol augmente (souvent doublée) limitant les besoins d'arrosage et permettant d'allonger la période de culture en zone à saison des pluies suivie d'une saison sèche.
- Les rendements augmentent dès la première culture mais sont maximums la deuxième année pour revenir enfin au niveau de départ après 5 années (ce qui impose un apport régulier de BRF pour maintenir un niveau de production intéressant)
- La qualité des récoltes augmente : meilleur taux de matière sèche
- Une stabilisation du rapport C/N entre 20 et 40.
- Une correction du pH du sol vers la neutralité
- Diminution des maladies et parasites sur les cultures
- Meilleure résistance des plantes au froid et à la sécheresse
- Modification importante de la flore adventice et de son agressivité.
- Biodiversité en augmentation = vie du sol intense (pas visible à l'œil nu mais parfaitement mesurable)
- Meilleure capacité à la chélation du fer réduisant les possibilités d'intoxication du sol par le fer ainsi que les blocages d'autres minéraux.

Ce qu'il ne faut pas faire :

- incorporer trop profondément. La décomposition des fragments de bois raméal est effectuée par des organismes aérobies. Si les BRF se retrouvent trop en profondeur, les êtres vivants décomposeurs n'y ont pas accès car ils n'y trouvent pas l'air qui leur est nécessaire
- Incorporer dans une terre détrempée. Les basidiomycètes ne peuvent se développer et les conditions sont plutôt anaérobies.
- Incorporer dans une terre desséchée. Les organismes décomposeurs ont besoin d'eau.

3.4. Questions fréquemment posées sur l'incorporation directe des BRF

Pour ne pas rendre le document trop théorique, il nous a paru utile de traiter la suite du sujet *BRF en incorporation directe* sous la forme de Questions Fréquemment Posées (FAQ en anglais).

3.4.1 Pourquoi ne rencontre-t-on pas de faim d'azote à l'incorporation des BRF dans le sol ?

La faim d'azote est la conséquence de l'incorporation dans le sol d'un matériau dont le rapport C/N est élevé (>50). Les micro-organismes puisent alors dans le sol l'azote dont ils ont besoin pour le décomposer au détriment des plantes qui souffrent alors de cette immobilisation. Par exemple, l'application de paille directement dans le sol provoque souvent une faim d'azote provoquant une dépression de la végétation car l'azote dont elle a besoin n'est pas disponible.

Les BRF ont aussi un rapport C/N élevé ; on pourrait donc s'attendre à observer ce problème de faim d'azote. Toutes les expériences montrent qu'il est en fait très rare et très passager (2 mois maximum en climat tempéré et beaucoup moins en climat tropical). L'explication se trouve dans le fait que la lignine est attaquée presque exclusivement par les basidiomycètes qui ont des capacités de cyclage de l'azote exceptionnelles. Ces champignons consomment un peu d'azote qu'ils recyclent en permanence pour assurer leur développement.

Un autre phénomène entre en jeu également : l'incorporation des BRF entretient et régule la vie des bactéries capables de capter l'azote de l'air (azotobacter). La quantité d'azote disponible dans le sol est régulé en fonction des besoins.

3.4.2 Bien que les BRF soient riches en nutriments, leur analyse chimique nous montre que les éléments principaux (N, P et K) ne sont pas obligatoirement présents en quantités suffisantes pour prétendre redresser la fertilité de sols carencés. Comment obtient-on alors de tels résultats ?

C'est pour cette raison que l'on préfère ne pas parler de fertilisant quand on parle de BRF. Les BRF apportent plus au sol que ce qu'ils contiennent chimiquement. On a déjà insisté, dans les paragraphes précédents, sur le fait que les BRF n'apportent pas directement les nutriments nécessaires aux plantes mais permettent plutôt de « nourrir la vie du sol ». Tous les niveaux de vie (végétaux et animaux dans le sol et au dessus) interviennent dans le processus vital qui préside à la mise en disponibilité des nutriments d'origine chimique, minéral, biochimique nécessitant l'acquisition et l'émission d'énergie. Ainsi cette vie, en permanent remaniement et stimulée par les plantes qui se développent dans le sol qu'elle occupe, permet, par exemple, de débloquent des éléments du sol minéral ou de capter l'azote de l'air.

C'est la raison pour laquelle on parle d'aggradation et de pédogenèse.

3.4.3. Quelle est l'évolution dans le temps des copeaux de BRF incorporés au sol ?

En présence de basidiomycètes, les copeaux sont rapidement investis (quelques jours) et des filaments blancs se développent à partir de ceux-ci. Après quelques semaines (en condition humide et chaude) les copeaux deviennent friables et disparaissent après quelques mois. S'il fait plus froid ou trop sec, les mécanismes sont plus lents.

Si après 2 ou 3 mois, la plupart des copeaux sont toujours indemnes, il est fort probable que les basidiomycètes ne soient pas présent en assez grand nombre. Il est alors nécessaire de les inoculer au sol (voir question suivante 3.4.4.).

D'autres raisons, surtout observées suite au non respect de la méthode, peuvent induire une mauvaise ou une trop lente décomposition des BRF : enfouissement trop profond et excès d'humidité.

3.4.4. Les basidiomycètes, champignons indispensables au démarrage de la décomposition des BRF, semblent présents dans tous les sols forestiers du monde mais qu'en est-il des terres réservées à l'agriculture depuis très longtemps ?

La plupart des sols agricoles ont perdu leurs caractéristiques forestières et on se heurte parfois à une absence de basidiomycètes. Si on incorpore des BRF sur de tels sols, il est fort probable que leur transformation ne s'opère pas immédiatement car ce sont principalement ces champignons qui se chargent de transformer la lignine. Les BRF ont toutes les chances d'apporter des basidiomycètes car les branches, lors de leur récolte, ont obligatoirement été quelque peu en contact avec le sol forestier. Cependant, la diffusion des champignons est assez lente et le phénomène ne s'établit que progressivement.

Pour accélérer l'investissement des champignons, les concepteurs de la méthode ont proposé d'inoculer le sol par les basidiomycètes en apportant de petites quantité de litières forestières au moment de l'incorporation des BRF. Cette opération n'est nécessaire que lors de la première application.

Une autre méthode testée, qui a déjà fait ses preuves (CJPM), est d'incorporer au sol, en même temps que les BRF frais, 1/20 de leur volume en compost de BRF. Celui-ci permet d'apporter des nutriments directement assimilables et une grande variété de souches de micro-

organismes dont les basidiomycètes (on a observé que la couche externe des tas de compost de BRF était investie de basidiomycètes car les conditions sont différentes de celles du cœur où se développent plutôt des bactéries thermophiles et des champignons inférieurs).

Le compost est un véritable catalyseur favorisant l'installation des mécanismes dans les sols dégradés caractérisés par une très faible biodiversité (sols morts).

3.4.5. Les basidiomycètes et autres micro-organismes qui se développent suite à l'incorporation des BRF peuvent-ils être pathogènes pour les cultures ?

La plupart des problèmes qui surviennent en agriculture sont dus à des déséquilibres. L'incorporation directe de BRF est une méthode qui a fait ses preuves en matière d'équilibrage de la vie, des nutriments et de l'eau dans le sol. On a d'ailleurs remarqué une diminution notable des ravageurs et maladies des cultures sur des sols traités aux BRF. L'observation de la forêt naturelle nous montre que la biodiversité qu'elle engendre lui permet de maintenir les ravageurs et maladies à un niveau suffisamment faible pour qu'il n'y ait pas réellement d'incidence sur la vie de l'écosystème.

3.4.6. Peut-on envisager d'utiliser des engrais chimiques en même temps que les BRF ?

Non. Ce sont deux itinéraires incompatibles. L'application des BRF cherche à établir des équilibres biologiques dans le sol pour lui permettre de nourrir correctement les plantes tandis que les engrais chimiques agissent directement au niveau des nutriments nécessaires aux plantes. L'application d'engrais chimiques favorisera le développement de certaines catégories de micro-organismes au détriment d'une plus grande biodiversité, condition d'établissement des mécanismes qui régissent les nutriments et l'eau dans la méthode d'incorporation directe des BRF. Cherchant à équilibrer la chimie du sol, les engrais NPK déséquilibrent sa biologie.

3.4.7. Peut-on envisager de combiner les applications de BRF et de compost ?

Contrairement aux engrais chimiques NPK qui apportent seulement quelques nutriments, un compost de qualité est constitué d'une quantité impressionnante de produits et de micro-organismes très bien équilibrés (on peut cultiver sur compost pur). Son apport en combinaison avec les BRF ne présentent aucun risque de déséquilibre car les mécanismes mis en jeu sont similaires.

Cette combinaison est recommandée pour une première application de BRF sur un sol dégradé. Cela permet d'obtenir une certaine fertilité immédiatement et d'accélérer l'installation des mécanismes autour des BRF (voir QFP n° 3.4.4.).

Sur un sol déjà redressé et équilibré au moyen des BRF, l'application de compost peut trouver son utilité pour atteindre un niveau de fertilité maximum plus rapidement et plus élevé (voir QFP n° 3.4.13.).

3.4.8. Comment incorporer les BRF sur une culture pérenne déjà installée ?

Incorporer les BRF dans les 10 premiers centimètres de sol ne doit pas causer de difficulté si ce n'est les précautions pour ne pas blesser les racines. Il est possible que l'on ne puisse pas incorporer très près des pieds cultivés ; l'effet sera un peu moins rapide mais tout aussi bon après quelques temps.

3.4.9. Les copeaux de scierie sont-ils utilisables comme BRF ?

Non. Ils sont issus du tronc que l'on appelle bois caulinaire qui est pauvre en nutriment. De plus, la lignine qui les compose est fortement polymérisée et sa dégradation est très difficile (protection naturelle contre la dégradation du tronc qui supporte l'ensemble de la plante pour de très longues périodes parfois).

Pour valoriser ces déchets, on préférera forcer leur décomposition dans un tas de compost en n'en introduisant que 20 % du volume au maximum.

3.4.10. Quels sont les différences entre les BRF incorporés frais et l'application de compost ?

Les découvreurs de la méthode insistent sur le fait que les BRF incorporés frais ne sont pas des fertilisants comme les composts mais plutôt un matériau permettant l'installation de mécanismes de pédogenèse.

Le compostage peut être décrit comme le forçage de l'humification de matières organiques en dehors du sol. Celle-ci s'effectue au prix d'une grande débauche d'énergie (échauffement) et d'une perte en masse et volume importante (diminution des tas). Cette énergie perdue ne profite pas au mécanismes de la fertilité et d'humification comme dans le cas de l'incorporation des BRF.

Il faut différencier les composts de BRF et ceux fabriqués à partir de matériaux non ligneux.

Le premier est constitué principalement d'humus stable et les autres d'humus instable.

Les composts de matériaux non ligneux, humifiés en compost, sont rapidement minéralisés à leur incorporation et ils doivent être considérés comme des fertilisants immédiats n'ayant que peu d'effets à long terme (pas de constitution de stock d'humus).

Les composts de BRF, sont également des fertilisants immédiats mais ont un effet à long terme beaucoup plus marqué. Ils augmentent le stock d'humus stable dans le sol et ont un effet structurant.

Tous les composts, lors de leur incorporation au sol, apportent une grande variété de micro-organismes très utiles au fonctionnement des mécanismes de la fertilité.

	forces	faiblesses
Composts en général	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilisant immédiat • Contient des micro-organismes en grandes quantités (apporte de la vie au sol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin en eau considérable pour la fabrication • Nécessite un travail considérable • Humification forcée en dehors des conditions du sol
Compost de non ligneux	<ul style="list-style-type: none"> • Humification rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilisation peu durable (humus instable) • Fertilisation parfois déséquilibrée • Très peu d'effet structurant • Très peu d'augmentation du stock d'humus
Compost de BRF	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilisation durable et équilibrée • Effet structurant • Augmentation du stock d'humus 	<ul style="list-style-type: none"> • Humification lente (compost annuel)
BRF incorporés frais	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilisation durable et équilibrée • Humus très stable car « fabriqué » dans les conditions du sol. • Biodiversité exceptionnelle et adaptée au sol quand les mécanismes ont démarré • Effet structurant • Pas de besoin en eau autre que l'humidité du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet fertilisant non immédiat. • N'apporte pas obligatoirement les micro-organismes nécessaires au démarrage des mécanismes (principalement basidiomycètes)

3.4.11. Quelles sont les doses d'entretien et les fréquences d'application quand on a redressé le sol au début à la dose de 200 m³ par hectare ?

Bien que les effets positifs des BRF s'observent pendant 5 années (d'une façon dégressive obligatoirement), il est nécessaire d'appliquer des doses d'entretien pour maintenir un niveau de production intéressant.

Il manque encore des données précises en ce qui concerne les fréquences d'application et leur dosage en fonction des spéculations, des climats et des espèces végétales utilisées dans la fabrication des BRF.

Nous conseillons cependant la méthode suivante qui doit permettre au cultivateur observateur de déterminer les paramètres adéquats.

Après le redressement de départ (200 m³ / Ha), et pendant les 5 années suivantes, appliquer 75 m³ / Ha tous les ans pour accroître le taux d'humus dans le sol.

Deux cas se présentent alors :

- Les rendements sont en constante augmentation pendant les 6 années (1 année = redressement, 5 années = entretien). On peut alors affirmer que cette dose est suffisante car elle permet l'augmentation du niveau de fertilité malgré les exportations imputables aux cultures. En continuant à la même dose et à la même fréquence, on atteindra le niveau productif maximum après quelques années. On pourra alors réduire la dose d'entretien ou la fréquence d'application en prenant garde de bien rester au niveau maximum de fertilité acquis.
N.B. Quand on est sûr d'être dans ce cas de figure, augmenter les doses d'entretien permet d'atteindre plus rapidement le niveau maximum de fertilité.
- Les rendements ont augmenté après le redressement de départ (250 m3) mais sont restés pratiquement stationnaires par la suite malgré les doses d'entretien annuelles. Il semble alors que l'on puisse réduire les doses d'entretien ou leur fréquence sans pour autant diminuer le niveau de fertilité.

3.4.12. Peut-on appliquer des BRF frais sur une rizière ?

Directement avant la riziculture, non. En effet, pour amorcer les mécanismes, le sol doit être humide et aéré ; condition que l'on ne retrouve pas en rizière au moment de leur mise en culture (immersion).

Par contre, les rizières que l'on peut assécher par drainage et qui sont propices aux cultures de contre-saison se prêtent aussi bien que les autres sols à l'application de BRF. On les incorporera dès que le drainage est suffisant et avant la culture de contre-saison. On veillera à entretenir les meilleures conditions pour le bon développement des basidiomycètes (humidité sans excès, couverture du sol pour créer un micro-climat).

La riziculture suivante profitera de l'amélioration de la fertilité.

3.4.13 La méthode des BRF incorporés frais semble universelle ; peut-on en conclure qu'il est inutile de fabriquer des composts ?

Bien que la méthode des BRF incorporés frais apportent de multiples avantages, elle ne permet pas de répondre à tous les cas de figure. On pourrait citer :

- Rizières que l'on ne peut pas drainer assez et ne permettant donc pas un développement normal des basidiomycètes ;
- Sols dégradés à biodiversité très réduite où les BRF ne sont pas attaqués (ou trop lentement).

Le compost permet de répondre efficacement à ces contraintes.

De plus, le compostage permet de valoriser des matières organiques différentes des bois raméaux, qu'il est utile et même indispensable de recycler dans une optique de gestion de la fertilité au niveau de l'exploitation agricole (déchets de culture, herbacées, déjections animales, ...).

On a également remarqué que l'utilisation de compost sur des sols traités aux BRF permet d'atteindre un niveau de fertilité supérieur et par conséquent de meilleurs rendements. L'agriculteur qui combine les applications de BRF et de compost doit prendre le soin de vérifier la rentabilité du principe.

3.4.14. Peut-on utiliser des matériaux morts (branches séchés par exemple) pour la fabrication de BRF ?

Non. Les essais ont montré que les matériaux morts ne donnaient pas de bons BRF. On l'explique par la fragilité de certains produits contenus dans le bois raméal vivant (enzymes, acides aminés, protéines).

Cependant, il est possible d'incorporer 20 % de matériaux morts dans la confection de BRF sans en réduire la qualité d'une façon notable.