

CENTRE DES TECHNOLOGIES AGRONOMIQUES

STREE - MODAVE
BELGIQUE



LE BOIS RAMEAL FRAGMENTE

collection " L'Agriculture de demain "

Plus de carbone pour nos sols

& Un outil pour une agriculture durable
respectueuse de l'environnement

B. NOEL - 2005

Tout ou partie de ce guide peut être reproduit à des fins non commerciales de diffusion de l'information, pour autant que la source soit clairement identifiable.

Un glossaire définit les termes spécifiques en fin d'ouvrage.

LE BOIS RAMEAL FRAGMENTE - BRF	04
CONCEPT SOUS-JACENT A LA METHODE	07
<ul style="list-style-type: none"> → La métabolisation du BRF par la vie du sol → BRF et dynamique de l'azote 	
UNE RESSOURCE ABONDANTE EN WALLONIE	11
<ul style="list-style-type: none"> → De plus en plus de copeaux de déchets verts → Quand l'or brun part en fumée → Et le compostage? 	
UNE RESSOURCE DE QUALITE	15
<ul style="list-style-type: none"> → Savoir choisir les rameaux les plus fertiles → Un produit propre → Qualités et apport en nutriments 	
METTRE EN OEUVRE LE BRF	18
<ul style="list-style-type: none"> → Composter le BRF directement dans le sol → Petit détour par l'étable → Sur le passage des bêtes → Un mulch protecteur pour l'implantation d'une haie 	
BRF, AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT	22
<ul style="list-style-type: none"> → Plus de carbone pour nos sols → Constituer une banque à Nitrates pour les plantes → Eponge humique pour lutter contre la sécheresse → Biostimulation → Rendements et gestion des nutriments → Diminution des maladies → Une complémentarité idéale: les légumineuses fixent l'azote de l'air et le BRF fixe l'azote du sol 	
CONCLUSIONS	34
GLOSSAIRE	35
BIBLIOGRAPHIE	37



Le bois raméal fragmenté ou plus communément appelé BRF, est un amendement ligneux constitué de jeunes branches ou rameaux ayant, au maximum, 7 cm de diamètre. Ces rameaux sont broyés et incorporés immédiatement dans les premiers centimètres du sol. Cette méthode d'épandage direct est

complémentaire aux techniques culturales simplifiées (de non-labour).

Un nouveau concept en Région Wallonne

L'épandage direct de BRF a débuté dans les années 70 au Canada. Afin d'utiliser l'immense stock de déchets forestiers produits lors des élagages pratiqués sous les lignes à haute tension, des essais sont réalisés chez des agriculteurs soucieux d'augmenter le taux d'humus de leurs terres. Suite à l'incorporation superficielle de grandes quantités de résidus ligneux, des résultats aussi surprenants que spectaculaires sont observés tant sur les propriétés du sol que sur les cultures elles-mêmes : les sols traités résistent à la sécheresse et aux ravageurs, la fertilité du sol est restaurée et les années suivantes, les rendements sont nettement supérieurs à ceux observés sur les parcelles non traitées.

Plusieurs études scientifiques sont alors menées, principalement au Canada. Une étude, utilisant le BRF sur des sols forestiers dégradés, montre l'impact différent des essences sur la régénération forestière. Des études sur sols agricoles chiffrent l'immobilisation de l'azote par le BRF, l'impact positif sur la pédofaune, sur les rendements, sur l'humification,...



Dans les années 80, le Professeur Gilles LEMIEUX, de l'université de Laval – Québec crée le terme Bois Raméal Fragmenté ou B.R.F., il initie le groupe de coordination des Bois Raméaux qui diffusera l'information via plus de 200 publications et 4 colloques.

Le BRF s'exporte alors dans divers pays de régions tempérées (Ukraine) et tropicales (Madagascar, Sénégal, République Dominicaine,...).

En Ukraine, une expérience scientifique teste différentes essences de BRF sur la culture de céréales.

Au Sénégal, on observe une diminution drastique des problèmes de nématodes en culture maraîchère, dans la cuvette des Niayes.

En République Dominicaine, les paysans s'approprient la méthode et la rebaptisent « astillas verde » aiguilles vertes.

A Madagascar, une ONG - le CJPM, développe un concept global basé sur le BRF: fabrication locale de broyeurs (plus de 100 broyeurs en service), diffusion de l'information par une revue agricole, création d'entreprises de broyage produisant



du BRF, création de « banques de biomasse » sous forme de haies ou de bosquets, développement de plusieurs itinéraires techniques pour le BRF : épandage direct, compostage, mulch, utilisation en litière animale.

Au cours des années 90, des contacts se développent entre une ASBL belge, le Comité Jean Pain et le professeur Lemieux. En 1996, une première étude scientifique est réalisée en laboratoire à l'UCL par B. NOEL. Elle compare l'apport au sol du BRF et son compost.

Plusieurs travaux de fin d'études touchant le BRF seront ensuite réalisés en Belgique.

Cette première approche a suscité l'intérêt d'agriculteurs, de scientifiques ainsi que des pouvoirs publics, soulevant par la même occasion de nombreuses questions.

Afin de répondre à ces questions et de développer en Wallonie une expertise sur le BRF, en 2002, le Centre des Technologies Agronomiques de Strée (CTA) épand, pour la première fois, du BRF. La Région Wallonne, désireuse de faire le point sur cette technique prometteuse et d'aboutir à un guide de bonnes pratiques décide ensuite de subsidier le projet BRF du CTA. Ce projet original et novateur vise à la création d'une filière de valorisation tout en poursuivant des objectifs d'agriculture durable en intégrant les paramètres agronomiques, techniques (machinisme) et économiques.

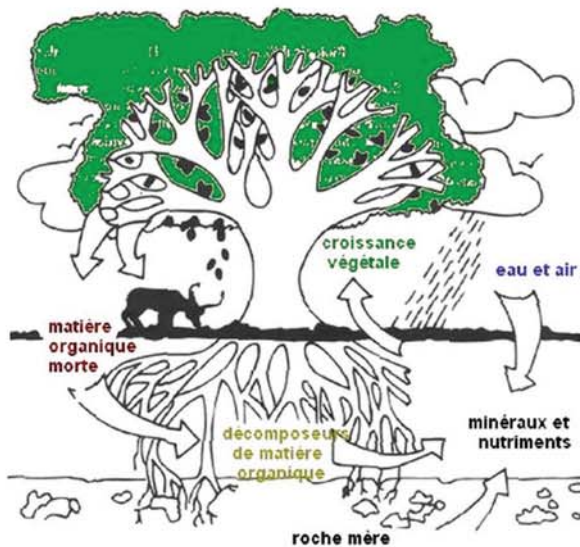


Capitalisant son expérience, le CTA s'impose alors comme centre de référence pour le BRF : 2002 : réalisation d'un premier test d'épandage; 2003 : suivi d'un essai sur maïs fourrager (0, 24 ha); saison 2004 : plus de 4 ha d'essais sont mis en œuvre sur les cultures de maïs, orge, ortie, prairie de fauche et jachère, un test en litière

d'élevage et en stabilisation de sol sont également réalisés ; saison 2005 : plus de 7 ha d'essais sont programmés (3 inter-cultures avant betteraves, maïs, froment d'hiver, jachère, pomme de terre, ortie, luzerne), un essai quantitatif en litière pour bovins est suivi ainsi qu'un test en stabilisation de sol sur le passage des bêtes, 7 km de haies sont également implantés sous un mulch comparant plusieurs BRF.

Face aux défis actuels de gestion durable des sols et de maîtrise de la pollution, l'épandage direct de BRF se révèle être un outil de premier ordre pour la Wallonie.

Les forêts feuillues sont des **écosystèmes autosuffisants**, favorables à la biodiversité et efficace dans la gestion de l'énergie et des nutriments.



L'apport du BRF se base sur une série de mécanismes biologiques et biochimiques d'origine forestière. Les mécanismes sont au profit de l'agriculture afin de restaurer les sols dans leur logique originelle.

Les premiers stades de ces mécanismes font intervenir des micro-organismes capables de dégrader le BRF et de le rendre accessible aux autres organismes du sol.

Parmi eux, les champignons sont les principaux décomposeurs du bois raméal. Ces organismes aérobies possèdent des enzymes spécifiques capables de dégrader les composants du bois. Ils peuvent se nourrir de ressources au rapport carbone sur azote (C/N) élevé. Les champignons forment des mycéliums, c'est-à-dire un réseau de filaments blancs dans le sol, il s'agit d'un véritable pont entre les copeaux de bois et le sol, rendant, in fine, les nutriments des rameaux disponibles aux plantes.

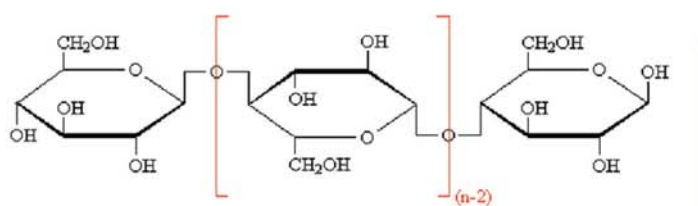
Si l'engrais nourrit les plantes qui sont capables de fixer le carbone de l'air (autotrophes), il ne permet pas le développement des organismes du sol (hétérotrophes). Ces micro-organismes ont besoin pour vivre d'une source de carbone.

Or, ces organismes jouent des rôles essentiels : ils constituent la structure du sol (champignons, bactéries), ils favorisent l'aération et la circulation de l'eau en creusant des galeries (pédofaune), ils permettent une bonne gestion des nutriments (mycorhizes, rhizosphère), ils aident les plantes à lutter contre les maladies.

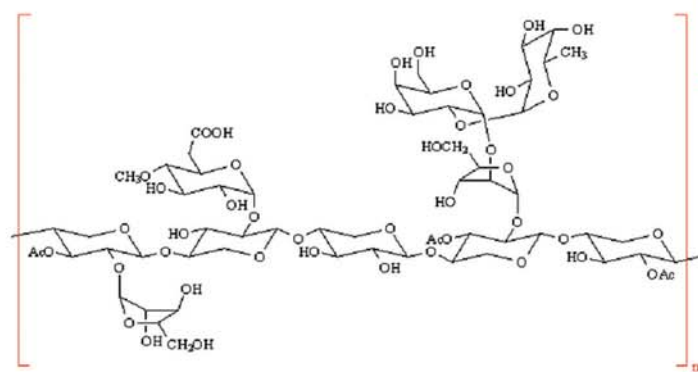
Donc, l'engrais nourrit les plantes, par contre le BRF alimente la vie du sol qui nourrit les plantes

La métabolisation du BRF par la vie du sol

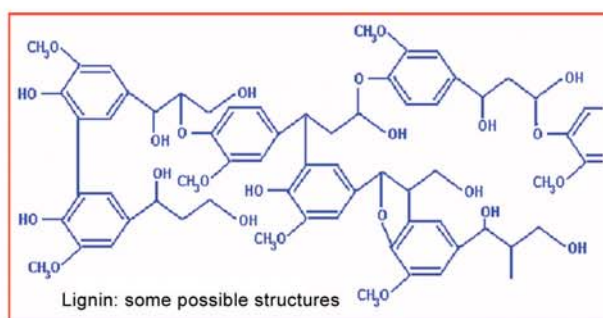
- Les mycéliums, (filaments blancs) des champignons, envahissent le BRF et s'y développent en consommant les éléments non structuraux du bois (**métabolisme primaire**).
- Lorsqu'il n'y a plus d'azote libre, les champignons attaquent la lignine par des enzymes extra-cellulaires (**métabolisme secondaire**), exposant ainsi les autres constituants du bois (cellulose, hémicellulose).
- La dégradation des composants du bois produit des molécules assimilables par les bactéries.
- La faune du sol intervient alors en broutant les champignons et en brassant la matière organique, les déjections de la pédofaune nourrissent aussi les bactéries.



Cellulose



Hemicellulose



Lignin: some possible structures

- Le BRF : → Stimule et structure l'activité biologique du sol en y apportant l'énergie nécessaire à un ensemble hiérarchisé d'organismes,
- Fournit par des filières biologiques les nutriments indispensables à la croissance des plantes,
 - Améliore la structure physique du sol.

BRF et dynamique de l'azote

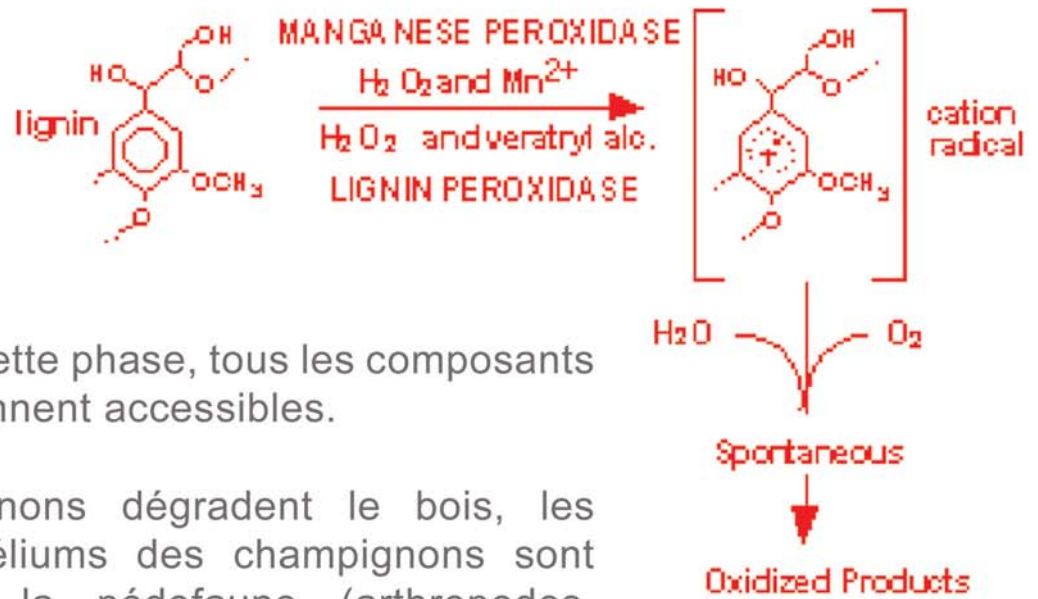
Le BRF est un amendement (améliorant de la structure du sol). Il aide aussi à réduire les pertes en azote. Il stimule l'activité biologique des sols d'une façon différente des classiques lisiers, fumiers et composts de ferme. Ces mécanismes biologiques interféreront avec la dynamique de l'azote : pendant le premier stade on constituera un stock d'azote « mis en banque ». Une partie servira à fabriquer de l'humus, le reste sera libéré progressivement au profit des plantes en minimisant les pertes et pollutions.

1ère phase de dégradation du BRF:

Au cours du métabolisme primaire, les champignons construisent leurs protéines et se développent. Durant cette phase, après le premier apport de BRF, ils **immobilisent l'azote** du sol. Si il n'est pas compensé, ce phénomène peut gêner la culture.

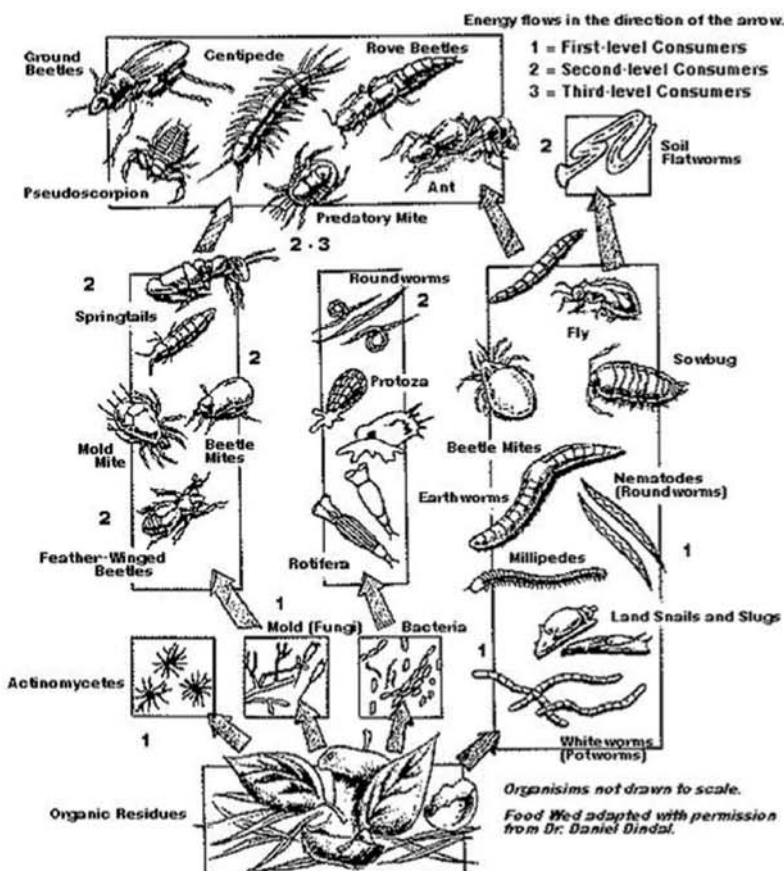
2ème phase de dégradation du BRF:

Le métabolisme primaire est une phase transitoire, après un an, lorsque l'azote devient rare, s'enclenche le métabolisme secondaire.



Au cours de cette phase, tous les composants du bois deviennent accessibles.

Les champignons dégradent le bois, les anciens mycéliums des champignons sont broutés par la pédofaune (arthropodes, acariens, lombrics) dont les excréments nourrissent les bactéries qui mettent les nutriments à la disposition des plantes.



Après la 1ère année, le cycle est initié, l'effet « activateur biologique » du BRF entraîne une plus grande disponibilité des nutriments essentiels et de l'azote pour les plantes.

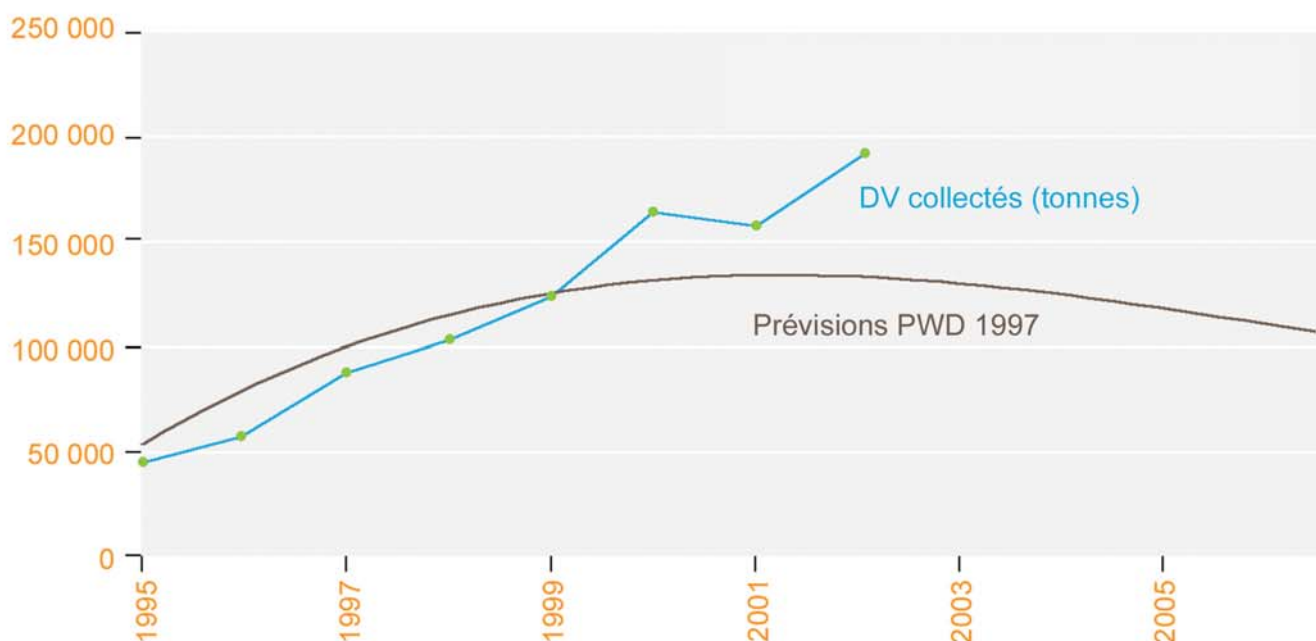
Paradoxalement on ne trouve plus d'azote libre dans le sol mais les plantes n'en manquent pas.

On observe aussi un effet positif sur la culture et une augmentation des rendements dans de nombreux cas.

De plus en plus de copeaux de déchets verts

Les quantités de déchets verts (DV) collectés en Wallonie dépassent toutes les prévisions, parmi ces matières une grande partie est constituée de rameaux

Evolution des DV collectés en Wallonie



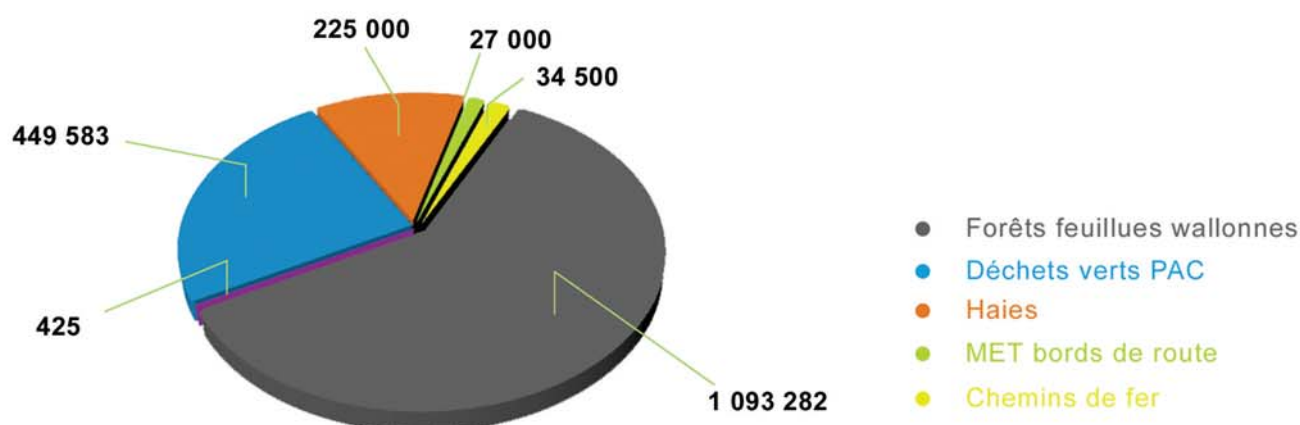
Plus on collecte de déchets verts , plus on en trouve. Cet état de fait n'est pas sans poser problème aux gestionnaires de cette ressource. En effet, les riverains voient généralement d'un mauvais oeil l'extension ou la création de dalles de compostage. Or le BRF est très peu biométhanisable, seulement 5% peut être transformé en méthane. Parmi les solutions alternatives nous trouvons : le compostage à domicile, la valorisation énergétique (difficile pour des matières humides) et la valorisation directe en agriculture sous forme de BRF.

Les sources de BRF sont multiples :

- Les collectes de déchets verts qui proviennent des particuliers ou de l'entretien des espaces communaux.
- L'élagage des bords de routes ou voies ferrées et le débroussaillage de sites privés par des sociétés spécialisées.
- L'entretien des parcs naturels et l'exploitation des domaines forestiers.
- L'entretien des haies, bocages, vergers implantés sur terres agricoles.
- La production via les taillis à courte rotation (TCR)

Afin d'évaluer cette ressource, nous avons compilé les résultats d'un rapport récent : L'inventaire ERBE 2003. Les données de ce rapport rendent compte de la situation en 2000.

Potentiel de production de BRF wallon (m³)



L'évaluation du potentiel forestier représente la part de résidus annuellement broyés, brûlés ou laissés sur place (hors production de bois).

Les taillis à courtes rotation (TCR) ne se développent pas pour l'instant en Wallonie, ce mode de production revient encore relativement cher (10 à 15 €/m³). Les quantités produites sont actuellement minimales (évaluées à 425 m³/an). Selon une projection (Jossart et al., 1999), le potentiel du TCR pourrait atteindre 1.525.000 m³/an de BRF en Wallonie.

Bien sûr, ces évaluations restent grossières, elles ne tiennent pas compte de sources sur lesquelles il existe peu de données. Par exemple les communes et les sociétés d'élagage qui entretiennent des espaces privés ne sont pas référencées.

Le total des sources de BRF représente, en Wallonie, 2 000 000 m³/an, en tenant compte des sources non référencées.

Une part seulement de ce potentiel sera accessible. En effet, il n'est pas toujours possible de sortir les résidus d'exploitation forestière; les déchets verts des parcs à conteneurs (PAC) contiennent des proportions de résineux et de tontes de pelouses; une partie des haies est exploitée en bois de feu,...

En considérant la moitié de cette ressource comme réellement exploitable, **nous obtenons suffisamment de BRF pour entretenir la fertilité et l'humification de 25 000 ha en Wallonie.**

Quand l'or brun part en fumée



Les haies champêtres sont des remparts contre le vent et l'érosion, des refuges pour les oiseaux et les pollinisateurs, elles agrémentent le paysage.

Dans le cadre des MAE (Mesures Agri-Environnementales), les agriculteurs qui désirent entretenir une haie peuvent recevoir des primes jusqu'à 60€/200m par an. La longueur de haies présentes

en Wallonie est estimée à 15 000 km (Walot & Rouxhet, 2000). Nous estimons la productivité moyenne d'une haie à 3 tonnes de matières

sèches par hectare et par an (Chevallier & Bazin, 1985). Ce qui représente 225 000 m³ de BRF par an en Wallonie, uniquement pour les haies champêtres ! Brûler cette biomasse revient à libérer dans l'atmosphère 62 000 T de CO₂ par an.

Valoriser ce BRF en champs devient une option accessible aux agriculteurs qui, faute de solution, brûlaient souvent cette biomasse sur place, en pure perte.

L'incorporation directe du produit de ces haies permettrait de fixer tous les ans, un tiers de ce carbone dans le sol, soit l'équivalent de 20 000 T de CO₂.

Et le compostage?

Le compostage est un excellent mode de gestion des matières organiques, c'est la principale voie actuelle de valorisation des déchets verts collectés dans les parcs à conteneurs.

Le compostage présente essentiellement deux inconvénients :

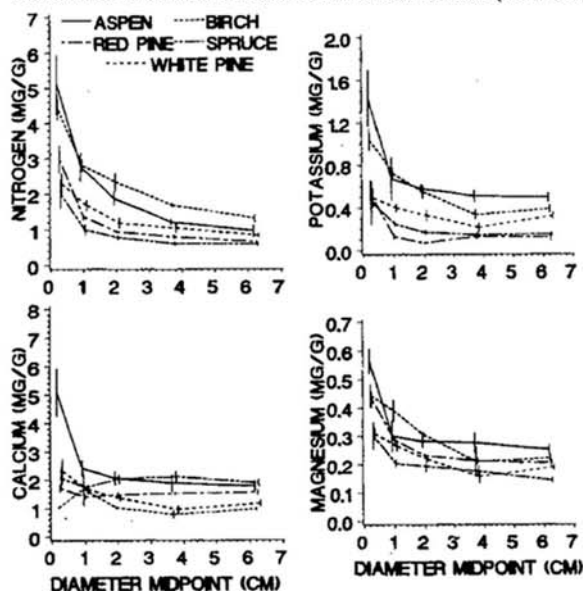
- Un coût important
- Des nuisances pour le voisinage des plateformes



Site d'IPPALE

Savoir choisir les rameaux les plus fertiles

concentration en nutriment en fonction du diamètre des branches (Hendrikson)

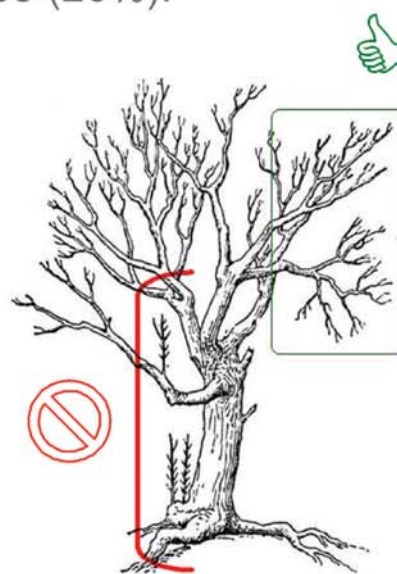


Le bois raméal est composé de cellulose, d'hémicellulose et de lignine tout comme le bois du tronc et des branches principales. Toutefois, les rameaux sont plus riches en protéines, acides aminés, sucres et minéraux (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium,...) nécessaires à la croissance des plantes. La lignine est moins polymérisée et plus facilement dégradable dans les jeunes rameaux.

Nos expériences montrent que le BRF disponible en Wallonie a généralement un C/N < 50, le bois de tronc par contre a un C/N > 50. Nous pouvons, donc, dire que les copeaux d'élagage sont dix fois plus riches que les copeaux de menuiserie.

L'amendement BRF doit, de préférence, être composé en majorité d'essences feuillues. La lignine des résineux peut en effet engendrer certaines inhibitions au niveau des processus de dégradation. Une faible proportion de conifères est toutefois tolérée (20%).

- ❗ **Pas de palettes ou de copeaux de scierie, peu de sapin, pas trop de grosses branches (diamètre >7 cm)**



Un produit propre

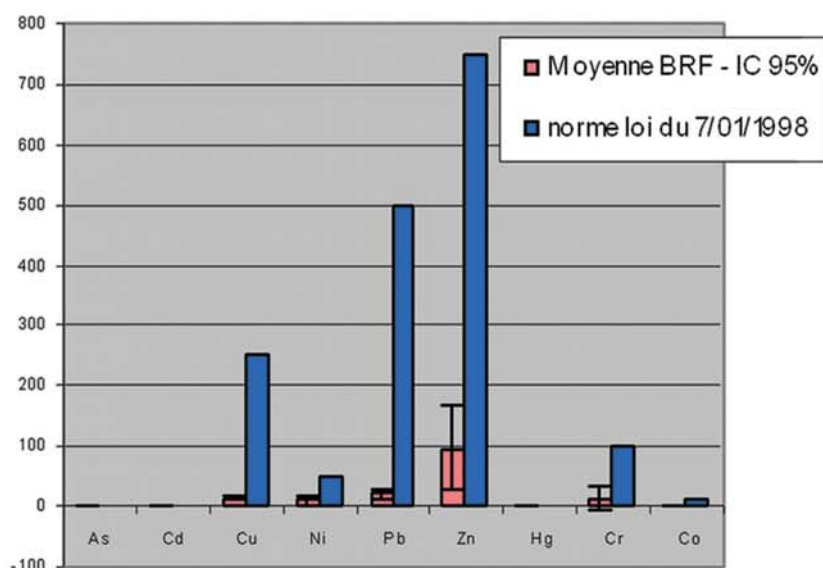
Par définition, le BRF est un produit naturel, propre.

Il entre naturellement dans le cycle forestier, alimentant le sol, puis les plantes.

Toutefois, le passé industriel de nos régions implique des concentrations de métaux lourds dans les sols. Ces éléments sont toujours présents à de faibles concentrations, ils peuvent être captés par les plantes et le BRF peut donc en contenir.

Actuellement, l'essentiel des rameaux collectés en Wallonie sont compostés et retournent au sol sous cette forme. Le compostage, par perte de carbone et d'eau a pour effet de concentrer les métaux lourds. Nous ne nous étonnerons donc pas que les composts soient plus riches en métaux lourds que le BRF.

Métaux lourds



Nous avons fait analyser par un laboratoire indépendant du BRF représentant un échantillonnage de ce qui est disponible en Wallonie. En l'absence d'une loi spécifique définissant l'utilisation de BRF en agriculture (le BRF figure nommément dans les travaux préparatoires de la future réglementation), nous avons comparé les valeurs mesurées à différentes normes.

	Moyenne BRF	Compost de DV	Norme VLACO	Amendement organique mélange	Projet de loi	Communication DGRNE	Décret boues
As ppm/MS	2,0	5,22				20	
Cd ppm/MS	0,7	1,5	2,5	2,5	1	1,5	10
Cu ppm/MS	14,0	47	90	205	50	100	600
Ni ppm/MS	9,9	13	20	50	20	50	100
Pb ppm/MS	22,6	94	120	500	80	100	500
Zn ppm/MS	97,6	39	300	750	200	400	2000
Hg ppm/MS	0,1	2,58	1	2,5	0,5	1	10
Cr ppm/MS	13,7	38	70	100	50	70	500
Co ppm/MS	1,6	3,6		10		40	

Nous constatons que le BRF est systématiquement en-dessous des normes.

Qualités et apport en nutriments

Caractéristiques	BRF
Masse volumique (kg/m ³)	350
% MS sur poids frais	60%
Masse volumique sec (kg/m ³)	200
Capacité d'absorption (kg/m ³)	350
C/N	40
Matières organiques/MS	85%
pH eau	6,5
Conductivité µS/cm à 20°C	400
Carbone kg/m ³	75
Azote kg/m ³	1,8
kg P/m ³	0,4
kg K /m ³	0,7
kg CA/m ³	5
kg Mg/m ³	1

Le BRF contient une palette assez complète de nutriments utiles tant aux organismes du sol qu'aux plantes, ces éléments sont fixés dans la matrice du bois. Ils se libèreront lentement alimentant le sol. Ils sont comme des « sucres lents » pour la nutrition des plantes.

Le principal apport du BRF est le carbone dont nous reparlerons ultérieurement, mais les nutriments sont aussi à prendre en compte, ils permettent un rééquilibrage du sol à moindre coût :

BRF	kg/m ³ de BRF
N	1,8
P2O5	1,8
K2O	1,7
CaO	7,0
MgO	1,7

Composter directement le BRF dans le sol

L'épandage direct ou compostage de surface du BRF est une technique originale qui présente l'avantage de stimuler très fortement la vie du sol. De toutes les techniques actuelles, c'est celle qui permet d'apporter la plus grande quantité de carbone aux sols agricoles.

Concrètement :

- **Faire attention à ne pas tasser le sol**

Épandre de préférence à la fin de l'été, après récolte, sur chaume, perpendiculairement au sens habituel de travail.



- **Épandre une couche régulière**

Le BRF s'épand facilement au moyen d'un épandeur à fumier classique. Il faut veiller à travailler le plus régulièrement possible afin d'éviter un cumul local de copeaux qui immobiliseraient l'azote au détriment de la culture.

- **Ajouter de l'azote, le BRF = une banque à nitrates**

Le BRF a la propriété de fixer l'azote dans la zone d'activité des racines, cet azote sera lentement libéré au profit de la culture. Ainsi, 100 m³/ha de BRF fixent 33% de l'azote libre, le reste sera disponible pour la première culture. Pour qu'il n'y ait pas de pertes et que la culture ne manque pas d'azote, il faut que les besoins de la culture soient égaux à 67% de l'azote disponible dans le sol. Une autre façon d'apporter de l'azote consiste à semer une légumineuse comme le trèfle, le poidis, la luzerne en complément du BRF.

→ Incorporer dans 10 cm

Pour qu'il se décompose, le BRF doit être mélangé aux 10 premiers centimètres du sol. L'idéal pour réaliser cette opération est d'utiliser un outil animé à axe horizontal (fraise à couteaux droits) que l'on peut combiner avec des dents de décompaction afin d'effacer les traces d'épandage.



→ Ne plus labourer

« Il ne sert à rien d'enrichir la surface si c'est pour aller tout mettre dans le fond par après ». D'autre part, les organismes qui décomposent le BRF sont aérobies, ils ne sont pas actifs dans les profondeurs du sol.

Petit détour par l'étable

Le BRF est également une litière animale de premier ordre. Il a été testé et donne de très bons résultats sur bovins et sur porcins.

Le bois du BRF possède un pouvoir absorbant important, il peut absorber jusqu'à 350 litres / m³. Comparativement à la paille ou à la sciure, il se tasse



beaucoup moins, ce qui permet aux déjections animales de continuer à être absorbées par les interstices sans que la litière devienne boueuse. Le BRF peut, donc, être utilisé en remplacement de la paille ou en complément.

Pour des vaches laitières par exemple, nous pouvons constituer une couche de BRF absorbante au fond de l'étable et pailler au dessus en alternant la paille et le BRF.

A l'étable, un m³ de BRF donne un résultat équivalent à 40 kg de paille.

La litière de BRF peut, ensuite, suivre le même itinéraire que les fumiers traditionnels tout en bénéficiant de l'effet humificateur et de l'apport en nutriments de cet amendement de premier choix.

Sur le passage des bêtes



Entre l'étable et les prés, le passage des bêtes est une zone hautement perturbée, le sol y est défoncé et contaminé par les déjections.

Lorsqu'il pleut, le passage peut devenir un véritable borbier, ce qui n'est pas sans risque sanitaire pour le bétail.

Ces zones sont responsables de fortes infiltrations de nitrates et de pollutions des nappes phréatiques.

Le BRF permet de stabiliser ces zones et de retenir les nitrates. Après quelques années, nous obtiendrons un compost très riche que nous pourrions racler et épandre sur les champs.



Un mulch protecteur pour l'implantation d'une haie

Planter une haie champêtre de plusieurs kilomètres, ce n'est pas évident. Mieux vaut s'assurer de la bonne reprise des plants et éviter une fois pour toute un fastidieux désherbage.

Le BRF peut être épandu en couche de 10 cm d'épaisseur sur 1 m de large afin de protéger les jeunes arbres.



- A cette épaisseur, le BRF étouffe les mauvaises herbes.
- Il crée un environnement de type forestier et constitue une niche pour les organismes utiles de la forêt, il attire les vers de terre.
- Il protège les jeunes arbres de la sécheresse.
- Il enrichi progressivement le sol en se décomposant.



Implantation d'un pré-verger, protection du pied des jeunes arbres



L'évolution de notre agriculture entraîne l'augmentation de la taille des exploitations et l'utilisation de machines de plus en plus lourdes, occasionnant des dégâts à la structure du sol. Les agriculteurs qui ont recours aux Techniques Culturelles Simplifiées (TCS) sont confrontés à des problèmes de tassement, les agriculteurs qui pratiquent des labours profonds diluent la matière organique dans les horizons du sol et sont également confrontés à des problèmes de structure des sols (glacis) qui aboutissent à leur érosion.

Il est bien établi que les sols limoneux présentent une sensibilité particulière à l'érosion hydrique. Une enquête récente a révélé que 26% des agriculteurs des régions limoneuses et sablo-limoneuses subissent des problèmes d'érosion au moins un an sur deux en moyenne.

Au cours de ces 10 dernières années, 64% des 117 communes des régions (sablo-) limoneuses wallonnes ont connu des inondations d'origine agricole (C. Bielders, 2003, communication personnelle).

Pas d'agriculture sans sol: pour mieux protéger les sols contre l'érosion il faut plus de carbone.

D'autre part, les normes européennes concernant la pollution des eaux représentent un défi technique pour l'agriculture, mise en demeure de réduire ses rejets de nitrates. A l'heure actuelle, rien ne permet d'affirmer que les mesures mises en place suffiront à atteindre les objectifs de rejets (50 ppm).



Une meilleure gestion de la dynamique de l'azote permet, grâce au BRF, de valoriser les effluents d'élevage en champs, en évitant la pollution aux nitrates.

Plus de carbone pour nos sols

Le taux d'humus de nos sols est généralement compris entre 1 et 3%. Ce taux peut diminuer en fonction de l'intensité des pratiques agricoles. Dès lors, nombreux sont les agriculteurs qui désirent le rétablir afin de préserver leurs sols.

En effet, la vie du sol et l'apport de matières organiques sont susceptibles de modifier positivement la structure du sol. Nous connaissons depuis longtemps l'impact de l'humus sur la stabilité des agrégats de sol, les fameux liens argilo-humiques. L'humus est produit au départ de matières organiques par l'activité de la vie du sol. L'impact dynamique de la vie du sol est toutefois le plus fort : les mycéliums (des champignons) entourent les particules de sol, certaines bactéries produisent des gels servant de colle.

D'autre part, une étude récente montre qu'une protéine issue de l'activité des champignons, la glomaline, serait le principal agent collant du sol.

La pédofaune de son côté, creuse des galeries permettant l'infiltration de l'eau, ce qui diminue les quantités d'eaux de ruissellement et donc l'érosion.

impact d'un apport organique sur la macro-porosité, Strée, - avril 2005



Sol traité au BRF en mars 2004



Sol non traité

Après un an, un sol traité au BRF infiltre 3 fois plus d'eau grâce à la macroporosité.

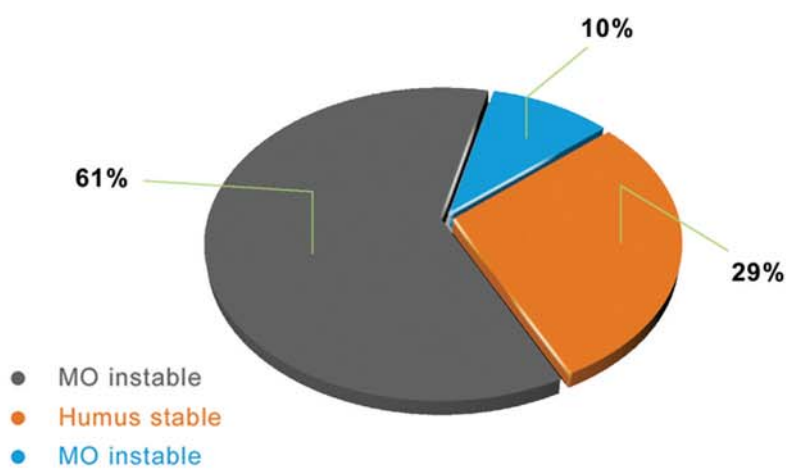
Le BRF, en raison de son contenu important en carbone fortement polymérisé (lignine, cellulose, hémicellulose), est généralement considéré comme un amendement idéal pour augmenter le taux d'humus stable.

On cite souvent l'exemple de l'instabilité des sols de la grande prairie américaine comparé à la stabilité des sols issus de la forêt qui sont beaucoup plus aptes à conserver leurs taux de carbone.

Voici, à titre indicatif, ce que pourraient apporter différentes sources de carbone selon des chiffres tirés de la littérature (INRA, Stocker du carbone dans les sols agricoles en France, 2002 ; Mustin, Le Compost, 1987), comparés au BRF :

Mesure	dose maxi / an	Apport annuel net d'humus T/ha	temps pour +1% d'humus sur 30 cm
fumier de ferme	21 T MF / ha	0,6	67 ans
compost de DV	9 T MF / ha	1,4	28 ans
engrais vert intercalaire	4 T MS / ha	0,4	100 ans
BRF	23 T MF / ha	4	10 ans
travail simplifié	/	0,4	100 ans

Une étude canadienne (N'dayegamiye & Angers, 1992) a suivi l'évolution du carbone dans le sol après 10 ans de traitements au BRF. Nous remarquons en moyenne, dans différents traitements, que 10 % du carbone du BRF se retrouve dans la fraction légère, labile de la matière organique. Nous estimons la durée de vie de cette fraction entre 1 et 4 ans sous nos climats. Les 30 % restants se retrouvent dans la fraction lourde, cette fraction est fortement humifiée et associée aux argiles, ce qui la rend particulièrement stable. Nous estimons la durée de persistance de ce carbone dans le sol entre 40 et 1000 ans.



30 % du BRF devient donc de l'humus stable, le reste fournit l'énergie nécessaire aux organismes du sol.

Attention, l'humus formé par le BRF contient 4,3% d'azote, l'humification a donc un coût en azote dont il faut tenir compte dans la politique de fertilisation, ainsi 1 tonne d'humus en plus « coûte » 43 unités d'azote.

Une partie de cet azote est fourni par la minéralisation du BRF (respiration microbienne) mais le complément doit être ajouté :

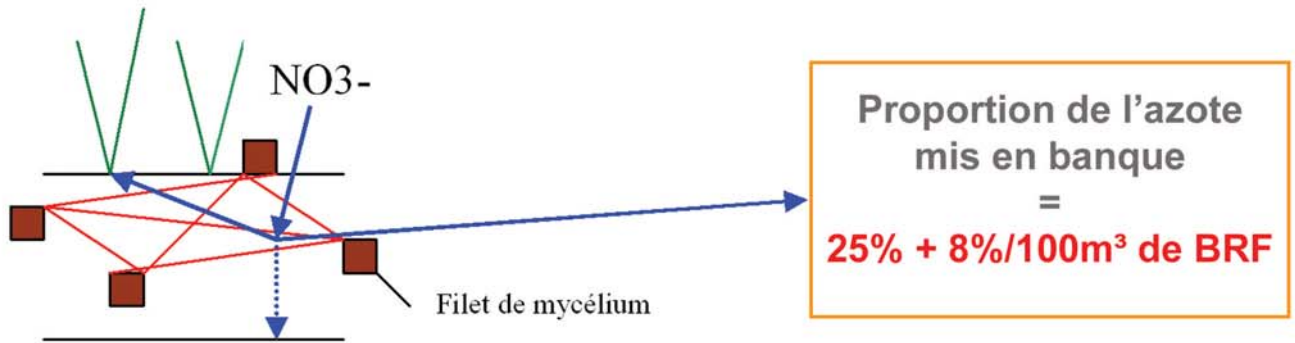
Il faut apporter au minimum 1 kg d'azote/m3 de BRF en raison de l'humification de ce dernier.

Constituer une banque à nitrates pour les plantes

Lorsque les micro-organismes disposent d'assez de carbone (BRF), ils se développent et immobilisent une partie de l'azote dans la couche superficielle du sol. Ce phénomène peut être exploité pour réduire les pertes d'engrais et limiter la pollution par les nitrates des eaux souterraines.

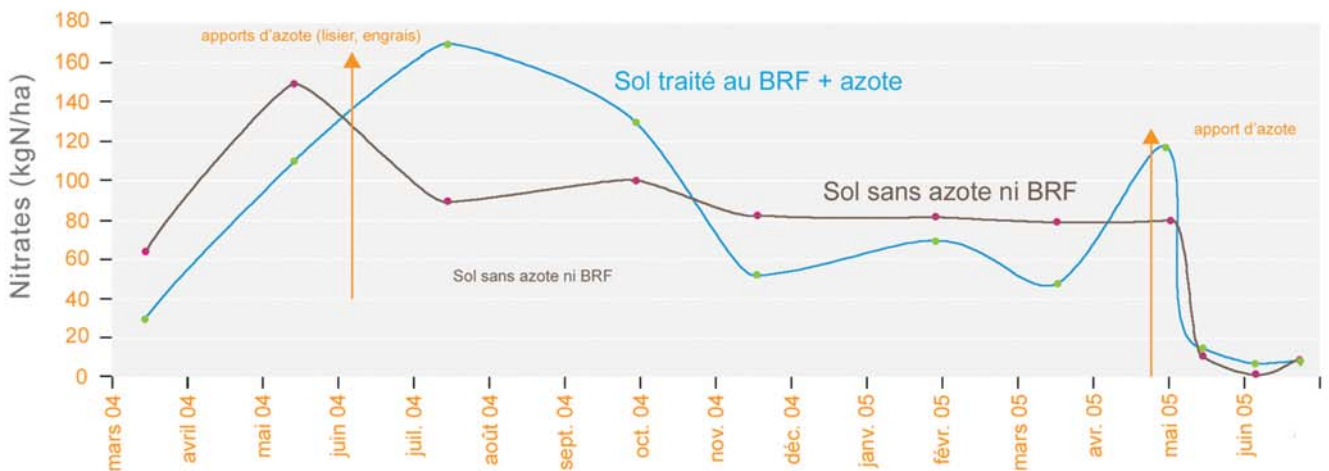
En effet, grâce au BRF, nous pouvons déterminer un apport connu de carbone et prévoir la quantité d'azote qui sera « mise en banque » par les organismes du sol.

La quantité d'azote mis en banque par le BRF est une proportion constante de l'azote libre, cette proportion peut être calculée sur base du nombre de m3 de BRF épandu.



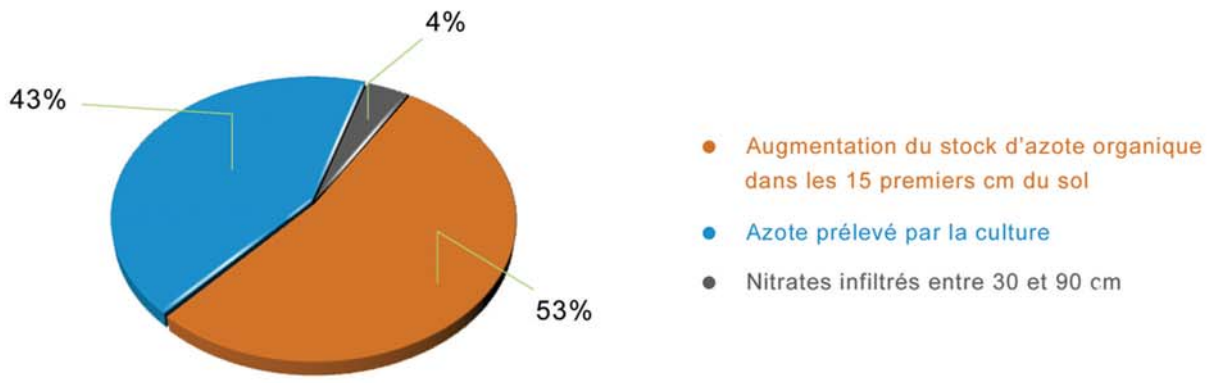
La première année, se développe autour du BRF un véritable filet capable de piéger une proportion de l'azote disponible. Ce filet est constitué du mycélium des champignons. Plus nous utilisons de BRF, plus les mailles du filet sont serrées.

Après un an, le filet de champignons immobilise tout l'azote disponible, mais paradoxalement les plantes ne manquent de rien.



Le graphique ci-dessus compare un sol témoin sans aucun apport ni engrais et un sol recevant du BRF et de l'azote. Après quelques mois, le sol traité au BRF se comporte comme un sol sans engrais. Après un an, un apport d'engrais sur le sol traité au BRF n'occasionne plus qu'un pic de très courte durée, il n'y a plus d'azote libre mais les plantes n'en manquent pas grâce à la gestion biologique des nutriments.

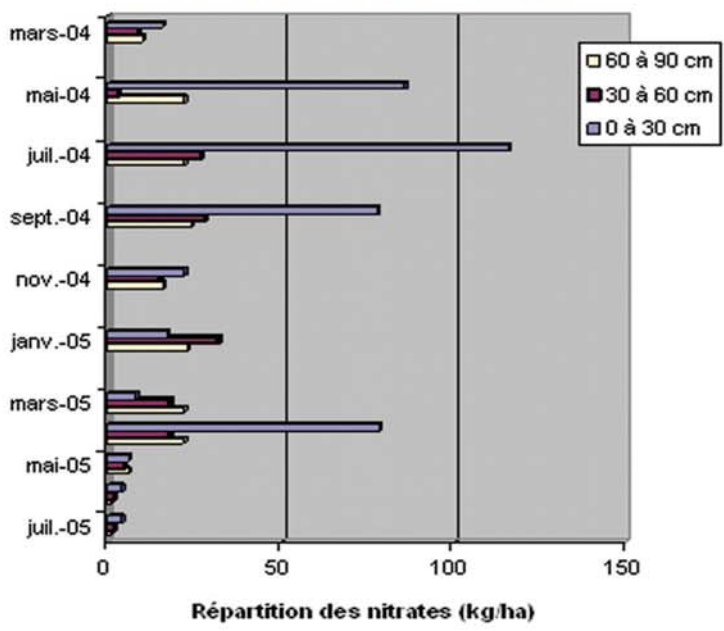
Répartition de l'azote libéré



On observe l'essentiel des variations de nitrates dans la couche superficielle du sol, là où les plantes peuvent facilement les utiliser.

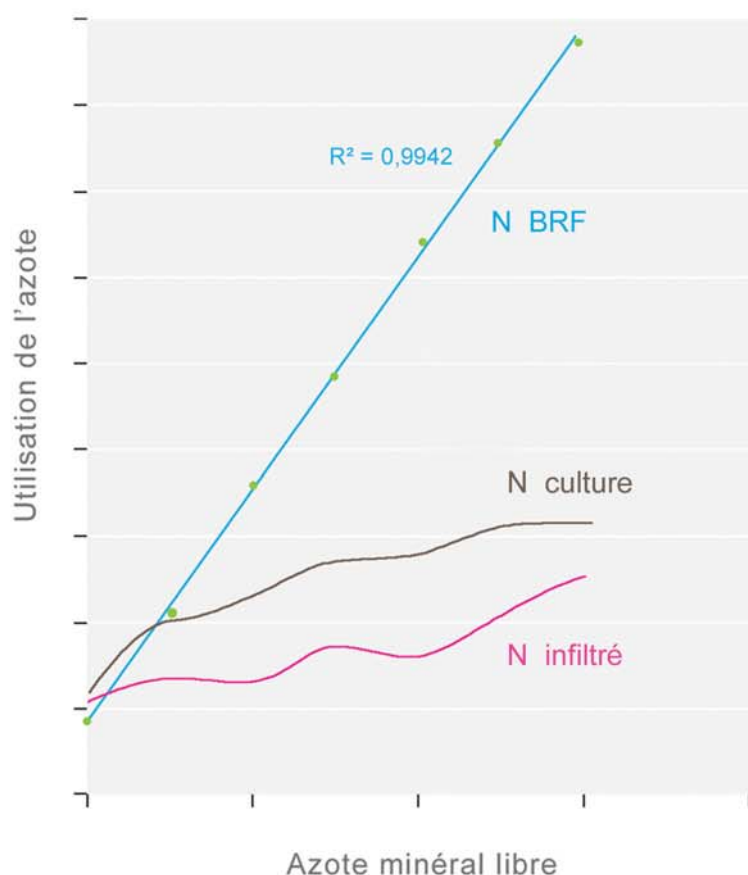
Voyons la répartition des nitrates par tranche de sol afin de mieux comprendre ce qui se passe dans le sol traité au BRF : Durant les premiers mois, le complément d'azote apporté par le lisier ou l'engrais se retrouve dans la couche superficielle du sol. En fin de saison, alors que la culture prélève moins, les champignons restent très actifs et les nitrates diminuent fortement. Après un an, un nouvel apport d'engrais n'occasionne plus qu'un pic de courte durée, les nitrates présents dans le sol tendent vers zéro, supprimant ainsi le risque de lessivage.

Sol traité au BRF + azote



Banque à nitrates ou piège à nitrates ?

Le BRF est différent et complémentaire des classiques « pièges à nitrates » que sont les cultures intercalaires. Les cultures sont limitées par la place disponible au soleil, elles stockent l'azote jusqu'à une quantité maximum. En outre, en hiver, alors que l'inter-culture ne pousse plus et, donc, ne piège plus les nitrates, les champignons continuent à être actifs (maximum de stimulation en novembre).



Nous voyons que l'azote capté et mis en banque par le BRF (en rouge sur le graphique) est une proportion constante de l'azote disponible, alors que la culture intercalaire fixe jusqu'à atteindre un maximum, ici, aux alentours de 100 kg/ha. Il y a infiltration de l'azote en profondeur, et, donc, perte – pollution, lorsque la proportion d'azote qui n'est pas fixée par le BRF est supérieure à ce que peut fixer la culture.

En résumé, il faut apporter au minimum 1kg d'azote par m3 de BRF pour soutenir l'humification et au maximum les besoins des cultures + la proportion mise en banque (33% pour 100 m3/ha). Après un an, il ne faut pas s'inquiéter de ne plus voir d'azote libre dans le profil de sol.

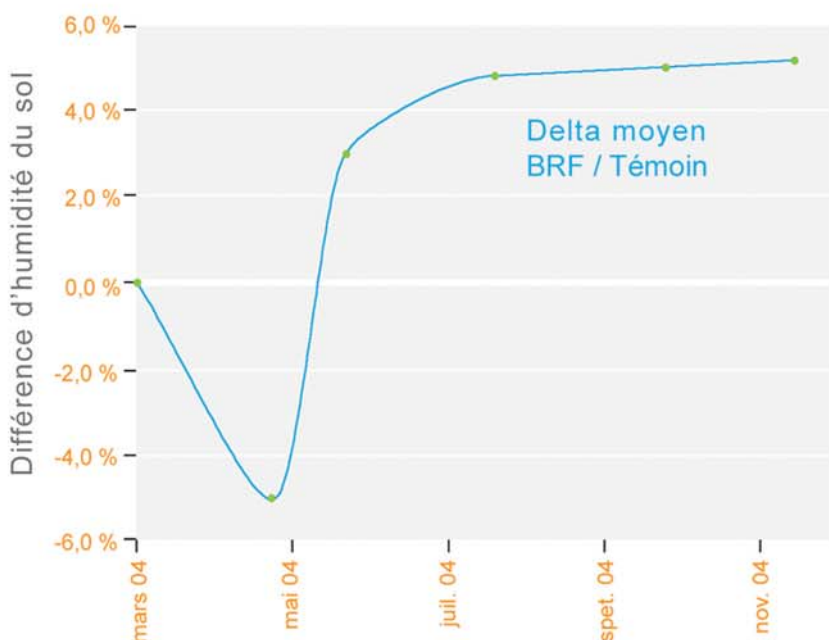
Donc, grâce à la stimulation des champignons du sol, le BRF permet de mieux gérer l'azote des effluents d'élevage tel que le lisier, évitant ainsi des pertes et des pollutions.

Eponge humique pour lutter contre la sécheresse

Une des propriétés remarquables du BRF est de stocker l'eau.

Lors des premières expériences sur le BRF, on a tout de suite remarqué la capacité de cet amendement à garder une bonne humidité dans le sol et, donc, à permettre aux cultures de mieux résister à la sécheresse.

Un mulch de BRF permet de maintenir l'humidité du sol sous-jacent, ce rôle de barrière physique à la sécheresse est facile à comprendre. Par contre, lorsque l'on mélange le BRF au sol, ce sont d'autres mécanismes qui interviennent :



Le BRF joue le rôle de réservoir, il se gorge d'abord d'eau au dépend du sol, ensuite il maintient un niveau supérieur de rétention.

Nous constatons, après quelques mois, une augmentation de la capacité de stockage d'eau du sol de l'ordre de 5% dans les 10 premiers centimètres, ce qui représente un stock de 70 T/ha.

Ceci correspond à la capacité d'absorber l'eau du BRF (200 m³ épandus X 350 l/m³).

Au fur et à mesure que le BRF se dégrade, la biomasse des champignons augmente et stocke à son tour une part de l'eau du sol. Ensuite c'est l'humus formé qui prend le relais en contenant plusieurs fois son poids en eau.

On a aussi montré que les substances humiques pouvaient réduire les besoins en eau des cultures (évapotranspiration) sans affecter le rendement.

Biostimulation

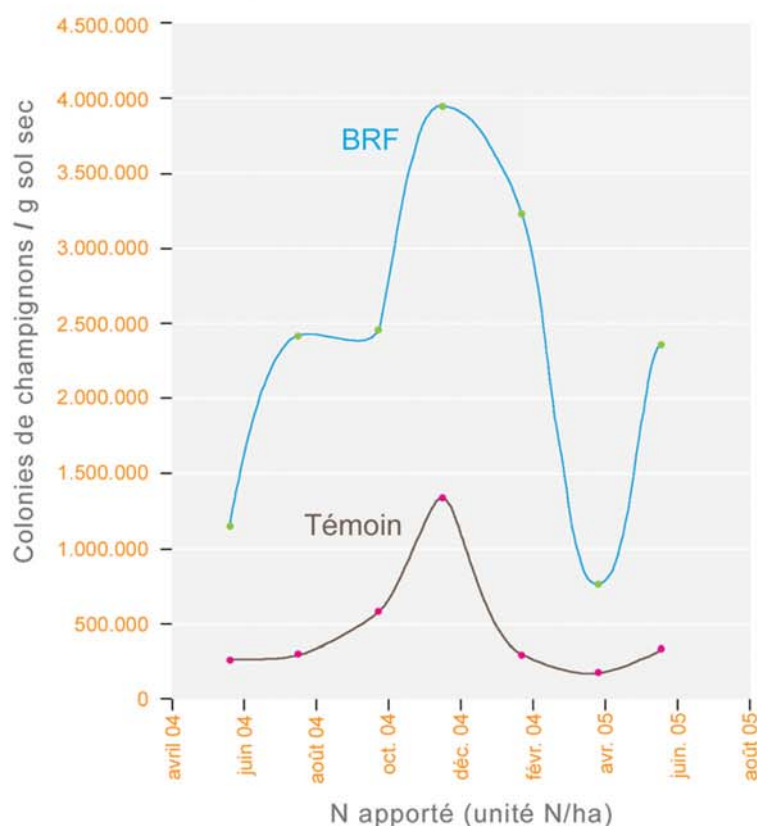
Le BRF est un aliment de choix pour les organismes du sol !

Pour s'en convaincre, il suffit de disposer un amas de BRF. Après 4 jours il chauffe jusqu'à atteindre une température de 70°C suite à l'activité des micro-organismes tels que les champignons, les actinomycètes et les bactéries.

Ce sont les champignons qui sont les premiers organismes à coloniser le bois, ils sont fortement stimulés par le BRF (jusqu'à 10 fois plus de champignons dans les sols traités).

Pour se développer, les champignons ont besoin d'air et d'un substrat humide, ils réagissent positivement au travail du sol (aération) mais par

contre ils n'apprécient guère l'engorgement en eau et le tassement (conditions anaérobies).



Ensuite la pédofaune, se développe en broutant les champignons.

Il est classique de voir apparaître des populations importantes de vers de terre dans les sols traités au BRF.

Rendements et gestion des nutriments

De nombreuses expériences font état d'augmentations de rendements suite à l'utilisation de BRF.

Après quelques années de traitement, des expériences canadiennes ont obtenu des résultats positifs : prairie : 260% ; céréales : 180% ; fraises : 290%,...

Par contre, la première année, le BRF peut avoir un effet négatif sur les rendements. Nous avons expliqué plus haut qu'il s'agissait d'un phénomène lié à l'azote que l'on peut compenser aisément.



Le rendement exprime la disponibilité en nutriments, principalement l'azote: A l'avant-plan, photo de gauche, une parcelle expéri

mentale traitée au BRF sans apport d'azote: la culture ne se développe pas bien. À l'arrière-plan, nous observons une croissance optimale suite à un apport complémentaire d'azote et de BRF.

Nous avons pu montrer sur plusieurs cultures (céréales, maïs, pommes de terre,...) qu'il n'y a pas de chute de rendement la première année si un apport d'azote complémentaire est réalisé.

Par après, un système biologique de gestion des nutriments se met en place ce qui peut expliquer des augmentations de rendements parfois spectaculaires.



Diminution des maladies

Lors des premières expériences sur le BRF au Canada, on a observé sur une culture de fraises que les pucerons épargnaient systématiquement les parcelles traitées au B.R.F. mais pas le témoin [Guay et al. 1982]. Au Sénégal, le Professeur Seck [1993] a remarqué également qu'un traitement au BRF protégeait efficacement la tomate amère (*Solanum Aethiopicum*) contre des nématodes. Ces observations furent ensuite confirmées au cours d'une autre étude sur les nématodes : un sol réputé infesté de nématodes pathogènes avait été traité par du BRF en 1997, l'effet nématicide constaté alors persistait de façon marquée en 1999.



Nous attribuons généralement l'effet phytosanitaire positif des apports en matières organiques à plusieurs causes :

Parmi elles, nous trouvons la compétition pour les nutriments entre les micro-organismes pathogènes et les autres micro-organismes rendus plus nombreux. Plusieurs études récentes montrent, par exemple, que des souches non-pathogènes de champignons (*Fusarium oxysporum*) peuvent protéger un sol contre les maladies

par la compétition pour les niches écologiques entre souches pathogènes et non-pathogènes de ce champignon.

Une autre cause de cet effet est la production « d'antibiotiques » naturels par certains micro-organismes. Il y a aussi l'accroissement de la prédation et du parasitisme des agents pathogènes eux-mêmes (hyper-parasitisme), nous savons, par exemple, que toutes les catégories d'organismes présents dans le sol comprennent des prédateurs des nématodes. On a aussi pu montrer que certains composts et jus de composts induisaient l'activation de gènes de résistance chez la plante [Hoitink et al., 1997].

Plus de matière organiques c'est donc moins de maladies.

Une complémentarité idéale: les légumineuses fixent l'azote de l'air et le BRF fixe l'azote du sol

Une façon astucieuse d'introduire le BRF dans une rotation consiste à l'épandre avant une jachère comprenant des légumineuses (trèfles, luzerne, vesces,...).



Jachère légumineuse + BRF = plus d'humus et rétention de l'azote pour les cultures suivantes.

On peut aller plus loin et utiliser le BRF pour contrôler les mauvaises herbes en culture de légumineuses. Ci-dessous, la luzerne est efficacement protégée, sans produits chimiques, par du BRF incorporé avant le semis.



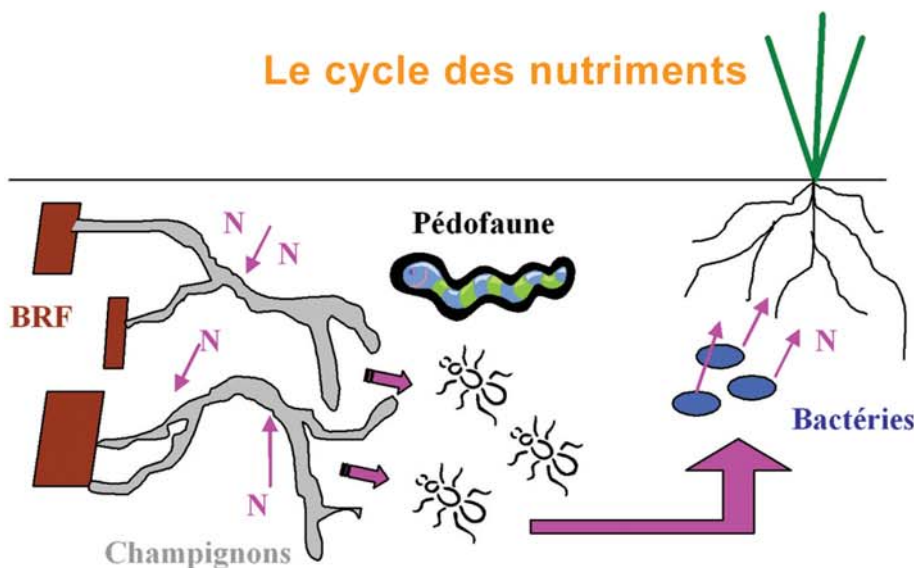
Luzerne protégée par le BRF



Luzerne envahie par les adventices

CONCLUSIONS

- Le BRF est un amendement propre et naturel de premier ordre.
- Il participe grandement à l'humification, **c'est le meilleur moyen d'apporter massivement du carbone aux sols agricoles.**
- Le BRF est très riche en carbone mais il contient aussi des nutriments et des oligo-éléments qui permettent de rééquilibrer le sol.
- **Le BRF stimule la vie du sol**, principalement les champignons et les vers de terre.
- **Il améliore la structure du sol ainsi que sa porosité, diminuant de ce fait les risques d'érosion.**
- Le BRF aide les plantes à lutter contre les maladies et la sécheresse.
- Le BRF peut être incorporé directement dans les premiers centimètres du sol, il peut aussi être utilisé comme litière d'élevage, en mulch protecteur ou pour stabiliser le passage des bêtes.
- Le BRF fixe l'azote dans la couche superficielle du sol. **Grâce à un circuit biologique, il permet de mieux gérer les lisiers et l'azote en général.**



- L'association du BRF et d'une première culture de légumineuses est idéale, elle favorise à la fois la culture et l'humification du BRF.

Actinomycètes : microorganismes formant des filaments comme les champignons mais proches des bactéries par la taille.

Aérobic : se dit des organismes respirant de l'air, certaines bactéries dites anaérobies, peuvent vivre dans un sol engorgé d'eau ce qui n'est pas le cas des champignons qui sont des organismes aérobie et qui ont donc besoin d'oxygène pour vivre.

Agrégats : les agrégats de sol sont des grumeaux nés de l'association des argiles, de l'humus et des micro-organismes agglutinés. Ils forment l'unité de base de la structure des sols.

C/N : rapport entre la quantité d'azote et la quantité de carbone présent, ce rapport est un indicateur de la capacité de la matière organique d'un sol ou d'un amendement à se minéraliser, c'est-à-dire à rendre disponible les éléments solubles qu'il contient par perte de carbone.

Culture intercalaire : l'inter-culture ou piège à nitrate est implanté après la moisson, cette culture ne sera pas récoltée mais bien incorporée au sol au printemps, le but de cette pratique est d'occuper le sol et de capter les nitrates encore présents après récolte.

Humificateur : se dit d'un amendement qui, par le carbone qu'il apporte, permet aux micro-organismes d'augmenter le taux d'humus du sol. L'humification est un processus au cours duquel les matières organiques fraîches se transforment en humus, c'est-à-dire en une forme stable du carbone présent dans le sol.

Labile : la fraction labile de la matière organique est constituée de matières qui peuvent être rapidement dégradées par les micro-organismes, elle a une durée de vie de quelques mois à quelques années.

Lignine : substance organique qui imprègne les membranes cellulaires de certains tissus végétaux. Elle est un des principaux composants du bois, elle protège les substances cellulosiques contre la dégradation.

MAE : les mesures agri-environnementales font partie d'un programme européen développé depuis la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) de 1992. Elles contribuent à une amélioration de l'impact environnemental des exploitations agricoles sur les différents écosystèmes.

Mulch : mode de gestion des matières organiques qui consiste à les laisser se décomposer en surface du sol, sans les incorporer ou les composter préalablement.

Mycorhizes : Champignons symbiotiques des plantes, ils pénètrent et prolongent les racines, permettant aux plantes de mieux prélever les nutriments dont elles ont besoin. Les mycorhizes colonisent les racines de la plupart des plantes de cultures, ces champignons interviennent particulièrement dans le transfert de phosphore.

Nématodes : famille de petits vers du sol comprenant certains parasites des racines des plantes.

Pédofaune : classe d'organismes supérieurs vivant dans le sol comprenant les lombrics, des insectes, des acariens, des microarthropodes. Ils jouent un rôle très important dans le brassage et la dégradation de la matière organique des sols.

Phytoprotection : la santé des plantes, les problèmes phytoprotecteurs reprennent tant les maladies virales, bactériennes dues à des champignons que le parasitisme.

Polymérisation : réaction chimique formant au moyen de petites molécules (monomères) de grandes chaînes, des molécules géantes, souvent difficiles à dégrader. Parmi les polymères citons la lignine, la cellulose, l'hémicellulose, l'humus.

Rhizosphère : zone du sol située autour des racines, la rhizosphère contient des micro-organismes qui vivent en symbiose avec les plantes. Lorsque la plante a besoin de nutriments, elle secrète des sucres qui font proliférer ces bactéries qui dégradent la matière organique, rendant ainsi disponible aux plantes les nutriments qui y étaient stockés.

TCS : Techniques culturales simplifiées, ensemble de techniques culturales qui ne font pas appel au labour conventionnel mais dont le degré d'intensité du travail du sol peut être très varié : absence de travail du sol et semis direct, travail limité à la couche superficielle, décompactage plus ou moins profond.

BIBLIOGRAPHIE

Chevalier D. et Bazin P, Etude des potentialités et de la valorisation des ressources des haies bocagères de Basse-Normandie, Ministère de l'Agriculture- Paris, pp. 54, 1985.

Gouvernement wallon, Horizon 2010 Plan Wallon des Déchets, Ministère de l'environnement, des ressources naturelles et de l'agriculture pour la région wallonne, pp. 612, 1998.

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.

Hendrickson, O., Winter branch nutrients in northern conifers and hardwoods. In Forest Science, vol. 33, n°4, pp. 1068-1074, 1987.

Hoitink, H.A.J. and Zhang, W. and Han, D.Y. and Dick, W.A., Making compost to suppress plant disease. In BioCycle, pp. 40-42, avril 1997.

INRA, Stocker du carbone dans les sols agricoles en France ?, expertise de l'INRA, pp. 333, 2002.

Jossart, J.M., Goor, F. Nerinckx, X. et Ledent J.F., Le Taillis à très Courte Rotation, alternative agricole. Université Catholique de Louvain - Faculté des Sciences agronomiques, Laboratoire d'écologie des grandes cultures, pp. 170, 1999.

Marchal, D., Grulois, C. et Vankerkove, R., Inventaire des sources de biomasse ligneuse en région wallonne, ERBE, pp. 63, 2003.

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

N'Dayegamiye, A. and Angers, D.A. , Organic matter characteristics and water-stable aggregation of a sandy loam soil after 9 years of wood-residue applications, Canadian journal of soil science, n° 73, pp. 115-122, 1992.

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.

Seck, M.A., Essai de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (*Casuarina Equisetifolia*) dans les cuvettes maraîchères des niayes (Sénégal). In Lemieux, G. et Tétreault, J.P. (éds), Les Actes du Quatrième Colloque International sur les Bois Raméaux Fragmentés, Université Laval, Québec, pp. 36-41, 1993.

WALOT T. et ROUXHET S., Evaluation environnementale de la mesure "conservation des haies et bandes boisées. GIREA, pp. 29, 2000.





contacts

1 4 6 + 5 4 + 4 1 6 4 + 4 1 5 + 4 6 1

Centre des Technologies Agronomiques

Christian MARCHE, Directeur

Rue de la Charmille, 16
4577 Strée (Belgique)

Tel: +32 (0)85 274960
Fax: +32 (0)85 512706

Email: cta.stree@tiscali.be
www.ctastree.be

Projet BRF

Benoît NOEL, Ir. Agronome

Tel: +32 (0)85 274610
gsm: +32 (0)486 35 52 46
Email: noel.benoit@skynet.be

