

Table des matières

Préambule.....	I
Introduction.....	1
Les conditions sanitaires des grains de seigle après entreposage.....	1
ENSEMBLE DES ÉTUDES DURANT LA CROISSANCE DU SEIGLE.....	3
Insectes et maladies.....	4
Scarabidés, Élatéridés et Noctuidés.....	5
Les caractéristiques de la mésofaune des parcelles expérimentales.....	8
La récolte du seigle et son étude.....	10
Les contenus en matière sèche.....	15
L'analyse de la qualité des grains de seigle.....	18
L'ANALYSE DE L'IMPACT DES BRF SUR LE SOL.....	25
Les variations du pH.....	27
L'azote assimilable.....	28
Le phosphore assimilable.....	29
Le potassium assimilable.....	31
Le manganèse échangeable.....	32
Le calcium échangeable.....	32
Le magnésium échangeable.....	33
Les électrolytes.....	33
L'ÉTAT SANITAIRE DES GRAINS DE SEIGLE DANS LES PARCELLES.....	36
LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX.....	36
Le micromycètes.....	38
Les mycorhizes du seigle d'hiver traité aux BRF.....	38
L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE TOTALE DANS LES PARCELLES EXPÉRIMENTALES.....	40
Le protocole d'analyse.....	42
CONCLUSIONS.....	44
BIBLIOGRAPHIE.....	45

LES TABLEAUX et figures

Tableau n° 1 Grains de seigle endommagés par des fungus pathogènes après la récolte évalués en %.....	2
Tableau n° 2 Dommages causés aux grains de seigle après entreposage.....	4
Figure n° 1 Distribution des parcelles du dispositif n° 1 établi en mars 1997.....	5
Figure n° 2 Distribution des parcelles du dispositif n° 2 établi en septembre 1997.....	6
Tableau n° 3 Valeurs moyennes du seigle affecté par les insectes et les maladies du dispositif n° 1.....	6
Tableau n° 4 Valeurs moyennes du seigle affecté par les insectes et les maladies du dispositif n° 2.....	7
Tableau n° 5 Les espèces de la faune du sol du dispositif n° 2.....	10
Tableau n° 6 Liste et fréquence des invertébrés des trappes de Barber.....	11
Tableau n° 7 La récolte du seigle sur les deux dispositifs expérimentaux.....	13
Tableau n° 8 Les rendements en pailles des dispositifs expérimentaux.....	14
Tableau n° 9 Nombre de plants au m ² des dispositifs 1 et 2.....	16
Tableau n° 10 Contenu en matière sèche du système racinaire du seigle.....	17
Tableau n° 11 Contenu en matière sèche de la paille.....	19
Tableau n° 12 La teneur en matière sèche des grains de seigle.....	20
Tableau n° 13 Le poids de 1000 grains de seigle.....	22
Tableau n° 14 Le poids de grains de seigle en volume d'un litre.....	23
Tableau n° 15 Le contenu en protéine des grains de seigle.....	24
Tableau n° 16 Contenu total en substances humiques ainsi que le pH du dispositif n° 1.....	26
Tableau n° 17 Contenu total en substances humiques ainsi que le pH du dispositif n° 2.....	28
Tableau n° 18 L' azote hydrolysé le potassium assimilable et le manganèse échangeable du dispositif n° 1.....	29
Tableau n° 19 L' azote hydrolysé le potassium assimilable et le manganèse échangeable du dispositif n° 2.....	30
Tableau n° 20 Le calcium, le magnésium échangeable et les électrolytes totaux du dispositif n° 1.....	34
Tableau n° 21 Le calcium, le magnésium échangeable et les électrolytes totaux du dispositif n° 2.....	34
Tableau n° 22 Les pertes occasionnées par les micromycètes dans le dispositif n° 1.....	36

PRÉAMBULE

Le présent rapport est le fruit d'une longue collaboration avec le CRDI et particulièrement avec le Bureau des Initiatives avec l'Europe Centrale et Orientale qui a assuré le financement du projet sur les BRF dans le bassin du Dniepr, partie d'un vaste programme financé par le Canada en Ukraine. Jean H. Guilmette a été notre principal interlocuteur dans cette «aventure» en tant que directeur de ce Bureau au sein du CRDI.

C'est à la suite des discussions lors de la réunion de novembre 1995, dans les bureaux du CRDI à Ottawa¹, que les bases de cette collaboration avec l'Ukraine ont été jetées. Au début de 1996, une première proposition ferme de recherche a été adressée à M. H. Guilmette du CRDI (annexe n° 1 au présent rapport). Dès mai 1996, le Professeur Lemieux se rendait à Kiev pour discuter d'une collaboration éventuelle avec le Professeur Ivan Shablyi de l'Académie des Sciences Agricoles d'Ukraine. Lors de ce séjour une seconde proposition de collaboration fut rédigée suite aux discussions avec le Professeur Shablyi². Des discussions ultérieures se sont poursuivies avec le Ministère de l'Environnement et de la Sécurité Nucléaire d'Ukraine et le CRDI et la seconde proposition fut acceptée par les parties (annexe n° 4).

Cette entente permettait d'entreprendre des travaux établis sur deux années dans le but de comprendre les mécanismes et les effets conséquents aux applications de diverses essences forestières. Le choix de la culture a été fait en accord avec le Professeur Shablyi, soit celle de la pomme de terre, mais elle ne fut pas retenue et remplacée par celle du seigle. Le projet a été confié à la Station Forestière Expérimentale de Boyarska. Le Dr Chervonyj, dès décembre 1997 rédigea un premier document dont la substance est incluse dans le présent rapport d'étape. Un projet plus complexe est en gestation.

Pour que les résultats de recherche puissent être interprétés correctement il était impérieux de tenir compte à la fois le sol et des récoltes obtenues car elles mettent en cause les mécanismes en cours d'évolution et d'origine forestière. L'utilisation du seigle comme indicateur a donc permis de mesurer différents paramètres tous basés sur l'apport de BRF de différentes essences dont quatre sont d'origine nord américaine (*Acer saccharum* March, *Acer saccharinum* L. *Acer negundo* L, et *Quercus rubra* L.)

À ce stade, on peut conclure que les BRF agissent en fonction directe de l'activité biologique et non en fonction des nutriments qu'ils contiennent. D'autre

¹Lemieux, G. (1995) «Réunion exploratoire portant sur les mécanismes de pédogénèse à l'aide du bois raméal fragmenté» CRDI Ottawa 24 novembre 1995 publié par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, 21 pages

²Lemieux G. (1996) « Discussions sur la proposition de projet utilisant les BRF pour l'Ukraine de la part du CRDI (Canada) publication no. 65 in "Rapport des missions internationales de 1996: Sénégal, Kenya, République Dominicaine, Ukraine, France et Belgique" Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, p. 97-135 Université Laval, Québec, Canada, 284 pages ISBN 2-921728-22-2

Rapport d'étape sur la technologie des BRF, utilisant le seigle (*Secale cereale*) comme référence pour les années 1997-98

par le
Dr. Anatoliy Chervonyj
Station Forestière Expérimentale de Boyarska
Ukraine

Introduction

1• Les objectifs poursuivis dans cette étude visaient à évaluer le potentiel de la technologie des BRF comme correcteur de la dégradation des sols tout en prévenant la pollution du Dniepr. Ce travail de recherche et d'évaluation est un premier pas dans la mise en place en Ukraine d'une nouvelle technologie de régie des sols.

2• À cet effet, les dispositifs expérimentaux ont été établis sur la Station Forestière Expérimentale de Boyarska, dans la région immédiate de Kiev, dans le cadre du projet du Professeur Lemieux de l'Université Laval, Québec, Canada.

3• Le travail scientifique a porté sur les aspects suivants:

- un relevé systématique des données de sources étrangères
- seuls des rameaux de moins de 7 cm de diamètre ont été utilisés
- l'utilisation de diverses essences locales dont 80% feuillus et 20 de conifères.
- épandage des BRF immédiatement après la fragmentation
- poursuite de l'expérimentation en toutes saisons
- évaluation devant se faire tant sur les rendements, les conditions sanitaires que sur les caractéristiques du sol
- évaluation scientifique complexe portant sur les paramètres microbiologiques, phytopathologiques, entomologiques et un ensemble d'autres paramètres comme la biodiversité et l'activité biologique du sol...
- mise en place de dispositifs expérimentaux

4• En octobre et novembre 97, nous avons procédé à une analyse phytosanitaire des grains provenant d'une récolte antérieure de seigle. Après une longue période de d'entreposage des grains, une étude des dommages causés par les fungus pathogènes a été répétée

LES CONDITIONS SANITAIRES DES GRAINS DE SEIGLE APRÈS ENTREPOSAGE PROVENANT DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

5• Les conditions sanitaires des grains d'avoine ont été évaluées à l'aide de deux méthodes, en culture pure et dans une chambre humide. Avec la première méthode, les mycéliums se sont développés sans contamination. Pour atteindre ce but, des nutriments ont été ajoutés comme de l'agar de mou de malt dont la composition est la

suivante: agar, 20g, mou 4% - 1000g, acide citrique cristallisée 0,2g. D'autres milieux à base d'agar contenant du glucose, de la pomme de terre, etc. ont été utilisés. Pour ce qui est de la méthode en chambre humide, elle est basée sur la capacité du mycélium de germer à l'intérieur des grains de seigle et donner des fructifications dans l'air ambiant saturé de vapeur d'eau.

6• Les méthodes sus mentionnées sont largement connues (**Dudka, Vasser, Ellanska et alii (1982), Bilai, 1980** et d'autres. Les résultats de ces analyses apparaissent au tableau n° 1.

Tableau 1. Grains de seigle endommagés par des fungus pathogènes après la récolte évalués en %

Parcelles expérimentales	Fungus	Bloc A	Bloc B
Control	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sac.	6,8	-
	<i>Fusarium graminearum</i> Schuabe	12,5	10,7
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	21,9	26,4
	total	41,2	37,1
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	5,7	5,1
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	22,8	25,6
	Total	28,5	30,7
<i>Robonia pseudoacacia</i> L.	<i>Fusarium graminearum</i> Schuabe	20,8	-
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	-	18,8
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	29,7	6,2 Total
	50,5	25,0	
<i>Acer platanoides</i> L.	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	16,7	10,0
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	29,7	23,3
	Total	46,4	33,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sac.	16,0	-
	<i>Fusarium graminearum</i> Schuabe	-	16,3
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	23,3	6,6
	Total	39,9	22,9
<i>Populus tremula</i> L.	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	14,8	13,6
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	20,6	13,5
	Total	35,4	27,1
<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	28,0	-
	<i>Fusarium graminearum</i> Schuabe	26,4	23,1
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	16,7	16,9
	Total	45,9	40,0
<i>Salix caprea</i> L.	<i>Fusarium graminearum</i> Schuabe	15,0	29,2
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	35,3	8,5
	Total	50,3	37,7
<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sac.	26,9	-
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai var <i>tricinctum</i> (Cord) Bilai	-	17,5
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	15,4	10,0
	Total	42,3	27,5

7• Le tableau n° 1 montre que le seigle a subi des dommages par les fungus pathogènes. Une première explication réside dans le fait que les conditions climatiques de l'été et de l'hiver ont été particulièrement favorables au développement de pathogènes comme *Alternaria alternata* (Fr, Keissl. qui se retrouvera dans toutes les parcelles expérimentales. Dans ces conditions, l'infection se transmet à la plante même Si les conditions d'infection ne sont pas propices, ce n'est qu'au stade de maturité qu'elle apparaîtra. À ce stade, le fungus participera à la décomposition de la cellulose dans le sol, ainsi qu'au processus d'humification.

8• D'autre part le seigle subit de grands dommages par *Fusarium sporotrichiella* var, *tricinctum* (Corda) Bilai (Bilai 1977). Ce dernier est caractérisé par ses microconidies (pyriformes, etc), en mélange variable avec des macroconidies.

9• Ce fungus (*Fusarium sporotrichiella* var, *tricinctum* (Corda) Bilai) est présent sur les grains et les racines de diverses céréales, dans la pourriture des fruits à noyaux ainsi que sur les légumes. Une variété toxique se développe sur les grains où l'on observe un changement des acides aminés et des protéines. Ainsi les acides aminés du groupe aromatique comme la thyrosine, le tryptophane, la phénylalanine, l'arginine, la lysine et la tréonine sont absents

10• Pour sa part, *Fusarium graminearum* Schuabe est considéré comme un parasite des céréales se localisant tant sur les épis, les tiges et les racines tout comme chez les Graminées indigènes, ainsi qu'au niveau du sol. *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. se retrouve également sur différentes plantes. On le retrouve sur les céréales, les légumes racines, les tubercules, différents fruits, plantes décoratives, arbres feuillus, conifères, etc.

11• Comparant les dommages causés par les micromycètes¹ sur les grains provenant du bloc A². au regard des parcelles témoins, nous n'avons pas observé de différences significatives. Toutefois les conditions phytosanitaires des grains provenant des parcelles traitées avec *Quercus robur* L. étaient meilleures avec 28,5% des grains infectés. Les résultats les moins bons furent observés sur les parcelles traitées avec *Salix caprea* L. (50,3% de grains infectés) et *Robinia pseudoacacia* L. (50,5% de grains infectés).

12• Pour ce qui est du bloc B³, la différence entre les parcelles témoins et les parcelles traitées sont beaucoup plus importantes que dans le cas du bloc A. Dans la majorité des parcelles, les dommages ont été moins importants que dans les parcelles témoins. Les meilleurs résultats furent observés chez les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. (dommages de 22,9%) *Robinia pseudoacacia* L. (dommages de 25,0%) et *Populus tremula* L. (dommages de 27,1%). **Ceci nous permet de confirmer, dès à présent, que de petites quantités de litière forestière ajoutées au sol ont eu un effet bénéfique sur l'état sanitaire du seigle à l'entreposage.**

13• Le tableau n° 2 montre les résultats d'analyse des conditions sanitaires du seigle après une longue période d'entreposage.

14• Après plus de 6 mois d'entreposage, la presque totalité des grains étaient infectés par des pathogènes. Le nombre d'espèces de micromycètes s'était accru considérablement. Par contre, *Fusarium sporotrichiella* Bilai var. *tricinctum* (Corda) Bilai avait complètement disparu mais une autre variété, *Fusarium sporotrichiella* Bilai var. *pone* Bilai était apparue. C'est un fungus hautement pathogène avec de vastes capacités de spécialisation.

15• *Fusarium sporotrichiella* Bilai var. *pone* Bilai est reconnu pour envahir les vaisseaux du bois chez le genre *Quercus* (Kouzmichev 1983, 1986). Il se développe sur

¹ Terme qui comprend tous les fungus ne formant pas de chapeaux comme les Mixomycètes, etc.. considérés également comme des champignons imparfaits (Fungus imperfecti)

² Premier bloc mis en place à Boyarska dès 1997 sur lequel divers parcelles on reçu des BRF à raison de 200m³/ha mais sans recevoir de litière forestière .

³ Premier bloc mis en place à Boyarska dès 1998 sur lequel divers parcelles on reçu des BRF à raison de 200m³/ha avec de la litière forestière à raison de 10g/m².

le grains et les racines de diverses céréales, cause des pourritures sur les pêchers et les pommiers comme sur des champignons, des insectes et dans le sol. (Bilal 1977). Ce fungus a une action importante sur la pectine et la cellulose et sur la qualité des xyloses. C'est la raison pour laquelle il s'adapte si bien aux tissus végétaux et comme parasite des vaisseaux du parenchyme chez les arbres. Il a la possibilité de produire de grandes quantités de microconidies capables de circuler dans les vaisseaux du bois (Kouzmichev 1986). On se doit de noter que la présence de *Mycelia sterilia* ne montre aucune conidie ou spores parmi les autres micromycètes. *Nigrospora oryzae* Petch. responsable du dommage des épis de maïs mal développés a été observé à plusieurs reprises.

ENSEMBLE DES ÉTUDES DURANT LA CROISSANCE DU SEIGLE

16 • En 1998, les expériences ont été menées sur les blocs A et B. Le bloc A a été mis en place en mars 1997 avec des rameaux de bois d'hiver, sans la présence de feuilles à la fragmentation alors que la parcelle B a été mise en place en septembre 1997 avec la présence de feuilles lors de la fragmentation. Les deux blocs ont été ensemencés de seigle. Les premières pousses furent observées le 8 octobre de la même année simultanément. Dès lors les observations débutèrent portant sur les conditions sanitaires des plantules.

Tableau 2. Dommages causés aux grains de seigle après entreposage

Parcelles expérimentales	les espèces de micromycètes	Bloc A	Bloc B
Control	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	53,8	49,2
	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc	13,5	-
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilal</i>	20,2	17,9
	<i>Acremoniella atra</i> (Corda) Sacc.	9,5	-
	<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	3,0	-
	<i>Fusarium sporotrichiniella</i>	-	20,8
	<i>Nigrospora oryzae</i> Petch.	-	-
	<i>Mycelia sterilia</i>	-	12,1
	Total	100,0	100,0
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	60,2	50,4
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilal</i>	29,8	39,6
	<i>Mycelia sterilia</i> (orange)	10,0	10,0
	Total	100,0	100,0
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	80,4	65,4
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilal</i>	19,6	27,2
	<i>Nigrospora oryzae</i> Petch.	-	7,4
<i>Acer platanoïdes</i> L.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	70,3	90,2
	<i>Fusarium gramineum</i> Schuabe	21,7	-
	<i>Mycelia sterilia</i>	-	4,3
	Total	92,0	94,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	49,4	38,6
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilal</i>	37,5	-
	<i>Cladosporium herbarum</i> Link.	12,6	-
	<i>Fusarium gramineum</i> Schuabe	-	2,2
	<i>Acremoniella atra</i> (Corda) Sacc.	--	20,7
	Total	99,5	71,5
<i>Populus tremula</i> L.	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	58,5	65,0
	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc	20,3	-
	<i>Mycelia sterilia</i> (orange)	4,8	5,5
	<i>Acremoniella atra</i> (Corda) Sacc.	16,4	9,7

		Rapport d'étape, Kiev 1997-98 Chervonyj, A.	
<i>Tilia cordata</i> Mill (<i>T. parviflora</i> Ehrh.)	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilai</i>	-	18,4
	Total	100,0	98,6
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	60,5	68,5
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilai</i>	21,8	31,5
	<i>Nigrospora oryzae</i> Petch	17,7	-
<i>Salix caprea</i> L.	Total	100,0	100,0
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	59,6	64,8
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilai</i>	40,4	-
	<i>Fusarium gramineum</i> Schuabe	-	15,2
	<i>Mycelia sterilia</i>	-	20,0
<i>Corylus avellana</i> L.	Total	100,0	100,0
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	73,2	35,3
	<i>Fusarium sporotrichiella</i> var. <i>pone Bilai</i>	24,3	29,6
	<i>Mycelia sterilia</i>	2,515,0	-
	<i>Nigrospora oryzae</i> Petch	-	19,7
Total		100,0	99,6

Insectes et maladies fongiques sur le seigle

17 • Nous avons pris pour acquis au cours de l'étude que les conditions sanitaires du seigle, sur toutes les parcelles, étaient satisfaisantes. Les grains de semences furent trempés, évitant ainsi les infections d'*Urocystis occulta* Rab. ou *Tilletia secalis* Kuchn.

18 • Aucune trace de maladie ne fut observée avant le stade laitieux du grain, Ce n'est qu'après ce stade que l'infection par *Puccinia striitiformis* West et *Septoria* sp. fut observée. Toutefois, ces pathologies n'ont pas créé d'invasion généralisée comme ce fut le cas plus tard (stage cireux) et n'eurent aucun impact sur la récolte.

19 • Aucun cas d'infection par *Erysiphe graminis* DS, f. *secalis* Em Marchal ou *Claviceps purpurea* Tul. n'a été rapporté.

20 • Dans le but d'observer le système racinaire et d'en évaluer les dommages par les pourridiés, 25 plantes ont été extraites au début du stade cireux sur chaque parcelle. Les racines ont été lavées et fait l'objet d'observations visuelles et sous le binoculaire. Nous en avons conclu que les systèmes racinaires étaient bien développés avec une teinte blanchâtre en surface. Aucune couleur brune n'a été observée, caractéristique de l'apparition de pourritures. De même nous n'avons noté aucune attaque d'insectes.

Scarabidés, Élatéridés et Noctuidés

21 • Durant les fouilles, bon nombre d'espèces furent observées comme des larves et des adultes de Carabidés, ou des larves d'Astilidés. Nous avons également observé au cours de la période de croissance des *Epicometis hirta* Poda sur des épis isolés. D'autre part. *Lema melanopus* L, une Chrysomélidé se nourrissant du feuillage du seigle, fut repérée à de rares occasions. Durant le stade cireux *Anisoplia segetum* Hbst un parasite des grains a été repéré que sur les épis de seigle au taux de 1 épis/300.

22 • Les examens de laboratoire portant sur les tiges, feuilles et épis révélèrent la présence de *Sitobion avenae* F. et *Schizaphis graminum* Rond. en quantités négligeables. Des larves de prédateurs de Syrphidés furent également repérées sur les mêmes

plantes. Ces prédateurs jouent un rôle important dans le contrôle des populations de *Sitobion avenae* F. et de *Schizaphis graminum* Rond. Des Coccinellidés furent également identifiées, et rarement des Chrysopidés à titre de prédateurs. Parmi les Syrphidés les plus fréquents, notons *Syrphus ribesii* L., *Episyrphus balteatus* Deg, et *Sphaerophoria scypta* L.. Nous pensons que la présence de ces entomophages a réduit l'impact et la présence de *Sitobion avenae* F. et *Schizaphis graminum* Rond.

Fig. 1. Distribution des parcelles du dispositif expérimental n° 1 établis en mars 1997. Les numéros en italique et en caractères gras sont les parcelles témoins

Bloc A					Bloc B					

1	2	3	4	5	Quercus robur	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	Robinia pseudoacacia	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	Acer platananoides	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	Betula verrucosa	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	Populus tremula	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	Tilia cordata	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	Salix caprea	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	Corylus avellana	76	77	78	79	80

23 • Mis à part certains parasites du grain, des Tripidés comme *Limpthrips denticornis* Hal. et *Haplothrips aculeatus* Fabr. ont été repérés sur les épis soit 25% des plants de seigle. Les plants atteints ne l'étaient que par un à deux parasites. Un plant sur deux recelait *Aelothrips intermedius* Bag. connu pour sa prédation sur les Tripidés qui se nourrissent des tissus végétaux du seigle.

24 • Mentionnons en outre la présence de *Cephus pygmaeus* L. mais rarement sur les plants mêmes, car les larves se cachent dans les cavités de la paille du seigle. Les données relatives aux plantes affectées par les insectes sont présentées au tableau n° 3 pour le bloc A et au tableau n° 4 et pour le bloc B.

Fig. 2. Distribution des parcelles du dispositif expérimental n° 2 établis en septembre 1997. Les numéros en italique et en caractères gras sont les parcelles témoins

numéros en rouge et en caractères gras sont les parcelles témoins

Bloc A					Bloc B					

1	2	3	4	5	Quercus rubra	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	Carpinus belutus	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	Robinia pseudoacacia	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	Corylus avellana	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	Salix caprea	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	Betula verrucosa	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	Popuus tremula	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	Alnus glutinosa	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	Tilia cordata	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	Quercus robur	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	Acer saccharum	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	Robinia pseudoacacia	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	Acer saccharinum	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	Acer platanoides	136	137	138	139	140

Tableau 3. Valeurs moyennes du seigle affecté par les insectes et les maladies fongiques

du dispositif n° 1 (établi en mars 1997)						
Espèces de BRF endommagées		Nombre d'insectes par plante	%	de	plantes	
		Limothrips denticomis Hal.	Haplothrips aculeatus Fabr	Sitobion avemae F.	Puccinia stiiformis West.	Septoria sp
Témoin B		0,2	0,4	0,6	7,3	2,6
<i>Quercus robur</i> L. B		0,1	0,3	1,4	3,9	0,5
	A	0,3	0,2	0,8	4,6	2,2
Témin A		0,5	0,3	2,3	4,9	1,7
Témoin B		0,2	0,8	3,1	9,3	-
<i>Robinia pseudoacacia</i> L., B		0,3	0,3	1,4	5,2	2,8
	A	0,4	0,2	1,7	6,1	1,3
Témin A		0,2	0,5	2,5	4,7	3,5
Témoin B		0,2	0,3	1,6	3,5	1,1
<i>Acer platanoïdes</i> L., B		0,1	0,2	1,9	8,2	0,9
	A	0,4	0,6	2,1	2,4	1,6
Témoin A		0,3	0,4	0,4	5,2	3,3
Témoin B		0,5	0,1	0,8	4,1	2,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh. B		0,4	0,2	0,7	3,9	0,7
	A	0,3	0,2	1,3	4,3	-
Témoin A		0,5	0,7	3,1	3,4	2,9
Témoin B		0,4	0,2	2,4	4,9	1,2
<i>Populus tremula</i> L. B		0,3	0,5	0,9	8,1	0,8
	A	0,2	0,3	2,1	3,6	-
Témoin A		0,4	0,2	3,3	6,2	2,2
Témoin B		0,1	0,6	1,7	7,4	-
<i>Tilia cordata</i> Mill. B		0,4	0,3	2,8	4,3	1,2
	A	0,3	0,7	3,0	3,1	2,7
Témoin A		0,5	0,3	2,6	5,8	3,0
TémoinB		0,2	0,4	3,1	4,9	0,8
<i>Salix caprea</i> L. B		0,1	0,4	2,2	10,8	1,7
	A	0,3	0,2	1,5	6,7	1,3
Témoin A		0,5	0,1	2,5	5,1	2,2
Témoin B		0,2	0,4	1,9	4,3	0,4
<i>Corylus avellana</i> L. B		0,1	0,2	0,6	3,5	1,1
	A	0,2	0,3	1,8	4,9	3,2
Control A		0,3	0,4	3,4	6,1	2,8

Tableau n° 4 Valeurs moyennes du seige affecté par des insectes
ou des maladies fongiques du dispositif n° 1

Essences de BRF		Insectes par plante			% de plantes	
<u>endommagées</u>		Limothrips	Haplothrips	Sitobion	Puccinia	
		Septoria sp				
		denticomis Hal.	aculeatus Fabr	avemae F.	stiiformis West.	

Témoins B		0,5	0,5	1,1	4,2	3,5
<i>Quercus rubra</i> L. B		0,2	0,1	0,7	6,1	1,1
	A	0,3	----	1,5	9,3	1,8
Témoins A		0,7	0,2	2,3	8,2	1,5
Témoins B		0,4	0,3	1,9	10,9	0,8
<i>Carpinus belutus</i> L. B		0,3	0,5	3,7	12,3	3,1
	A	0,5	0,2	0,8	7,4	---
Témoins A		0,8	0,4	3,1	5,9	2,6
Témoins B		0,5	0,3	2,8	8,1	1,9

<i>Robinia pseudoacacia</i> L. B		0,2	0,2	4,4	4,8	3,3
	A	0,4	0,1	3,5	6,1	2,4
Témoins A		0,6	0,4	5,1	10,3	---
Témoins B		0,7	---	2,4	5,7	1,6
<i>Corylus avellana</i> L. B		0,3	0,1	1,9	7,8	1,4
	A	0,1	---	2,6	12,1	2,1
Témoins A		05,	02,	5,7	9,2	3,3
Témoins B		0,8	0,5	4,2	6,7	---
<i>Salix caprea</i> L. B		04,	0,3	3,7	10,5	4,4
	A	0,6	0,2	2,3	5,6	1,5
TémoinsA		0,2	0,4	6,1	11,4	2,7
Témoins B		0,4	0,3	5,4	8,4	4,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh. B		0,7	0,2	2,2	10,6	---
	A	0,2	0,1	3,8	13,1	1,6
Control A		0,9	0,5	4,5	8,3	4,6
Control B		0,5	---	2,9	5,9	2,1
<i>Populus tremula</i> L. A		0,4	0,3	3,4	7,4	3,3
	B	0,6	0,2	1,9	6,6	2,9
Témoins A		0,8	0,4	7,2	8,1	3,8
Témoins B		0,2	0,3	3,2	10,8	1,7
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn B		0,1	---	2,3	12,3	---
	A	0,6	0,4	4,7	10,1	1,2
Témoins A		0,3	0,2	5,2	10,1	4,0
Témoins B		0,7	0,3	1,6	7,3	2,7
<i>Tilia cordata</i> Mill. B		0,4	0,2	2,9	9,2	1,8
	A	0,2	0,4	4,4	8,4	1,3
Témoins A		0,5	0,3	1,3	11,4	3,4
Témoins B		0,3	0,5	5,6	12,7	4,1
<i>Quercus robur</i> L. B		0,1	0,1	3,0	7,1	---
	A	0,3	0,2	2,4	6,6	3,9
Témoins A		0,5	0,3	4,3	9,4	1,3
Témoins B		0,4	0,5	3,3	10,6	2,1
<i>Acer saccharinum</i> L. B		0,2	0,3	2,6	12,2	3,3
	A	0,5	0,2	1,8	9,1	4,2
Témoins A		0,8	0,4	3,9	10,3	---
Témoins B		0,5	---	2,5	6,9	---
<i>Acer negundo</i> L. B		0,3	0,3	4,8	9,9	1,7
	A	0,6	0,4	3,7	10,6	2,4
Témoins A		0,4	0,3	2,9	8,1	3,2
TémoinsB		0,2	0,2	5,2	11,3	4,0
<i>Acer platanoides</i> L B		0,4	0,1	1,6	6,1	---
	A	0,5	0,3	4,4	8,5	2,3
Témoins A		0,3	0,4	3,2	5,9	3,6

25 • Pour faciliter l'accès aux tableaux n° 3 et n°4, étant donné le grand nombre de parcelles, nous les avons placés en ordre et par séquences comme que sur le terrain.

26 • Il faut remarquer la fluctuation des données obtenues dans les diverses parcelles expérimentales puisqu'il n'y a pas de corrélation entre les différentes essences utilisées dans cette technologie. L'une des explications possibles serait les trop petites populations de parasites dans chaque parcelle, ces populations étant fortement réduites par la présence d'enthomophages. Nous pensons ici en particulier à la présence de *Sitobion avenae* F., *Schizaphis graminum* Rond et d'autres Tripidées. Les populations de Tripidées ont été faibles dans les parcelles de *Quercus robur* L. et *Corylus avellana* L.. Les populations de *Sitobion avenae* F et *Schizaphis*

gramina Rond furent également moindres sur les parcelles où *Betula verrucosa Ehrh.* fut appliqué.

27 • Nous avons observé également que les populations de mauvaises herbes étaient fortement réduites dans les parcelles de seigle. Nous en déduisons que c'est l'effet des BRF puisque aucun herbicide n'a été appliqué.

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA MÉSOFAUNE DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

28 • Dans notre premier rapport d'étape (1997), nous avons souligné la présence prédominante de groupes d'insectes dans la mésofaune du sol. Dans cette perspective nous avons poursuivi notre travail en mettant l'accent sur les groupes nuisibles tant aux plantes qu'aux entomophages. Nous allons maintenant discuter de la mésofaune directement associée au sol. Toutefois, ce groupe n'est pas homogène et on se doit de le subdiviser en trois sous-groupes:

- 1- Les espèces qui passent leur vie entière dans le sol (Lombricidés)
- 2- Les espèces qui passent la période préimago dans le sol et en émergent en imago, se reproduisent et s'alimentent.
- 3- Les espèces partiellement liées au sol sous la forme de chrysalide ou de larve comme les Noctuidés

29 • Ces particularités biologiques de la mésofaune exigent par le fait même leur identification et l'examen de plusieurs paramètres lors de l'analyse de l'échantillon. La méthode généralement suivie consiste à creuser une fosse de 0,5m x 0,5m. , Huit fosses pour une superficie de 10 hectares sont recommandées. La profondeur des fosses va de 20-30 cm jusqu'à 60cm. Quant à l'évaluation des nématodes, un échantillonnage de l'horizon supérieur pouvant atteindre 30cm sera pratiqué, c'est-à-dire de la rhizosphère. Dans les conditions expérimentales qui sont les nôtres, nous avons dû nous plier à la réalité en creusant trois fosses de 0,5 x 0,05x 0,6m sur chaque bloc. Les analyses ont été effectuées par tranche de 30 cm. d'épaisseur durant la première partie de septembre dès la fin de la récolte de seigle.

30 • Pour chaque fosse, la terre des différentes couches a été déposée sur du contre-plaqué pour être examinée. Les spécimens recueillis furent déposés dans des pots contenant de l'eau pour être identifiés au laboratoire pour en déterminer le genre et l'espèce sinon la famille. Les données quantitatives furent consignées dans un registre.

31 • Néanmoins, cette méthode n'était pas applicable aux Lombricidés car ils pouvaient s'échapper par leurs tunnels verticaux. À cet effet, les premiers 20cm ont été creusés rapidement, nous forçant à négliger les 5 premiers centimètres. Les invertébrés furent ainsi sélectionnés et conservés dans la formaline.

32 • D'autres méthodes peuvent aussi être utilisées comme le tamisage mais comme le sol était humide, les mailles du tamis s'obstruaient. Ceci est valable pour les sols sableux ou sablo-limoneux donnant une meilleure précision rapidement.

33 • Pour identifier les espèces de surface ne volant pas (Tévérionidés, Méluidés, Scarabidés) nous avons utilisé des trappes de Barber. Ce sont des pots enterrés dont le col est au ras de la surface du sol. Ces pots contiennent une solution de 2% de formaline. À toutes les semaines la trappe est retirée et les espèces identifiées, consignées au registre.

34 • Les oeufs de Chloropidés pondus dans le sol ont été comptés. Quant aux Noctuidées, une trappe aux féromones a été utilisée pour les comptages..

35 • On trouve au tableau n° 5 les données provenant des prélèvements dans les fosses portant sur les espèces d'invertébrés. Ceci nous permet de conclure que la mésofaune du sol est peu abondante au niveau des espèces et l'explication probable c'est le bas niveau de fertilité de ces sols. Parmi les espèces les plus abondantes étaient les collembolés, *Anomala dubia Scop.* et *Bembidion sp.* . Quant aux autres espèces elles étaient impondérables ou isolées.

36 • En comparant les bloc B (automne 1997) et A (printemps 1997) le premier comprend 6 espèces de plus et la mésofaune était plus abondante

37 • La liste des invertébrés dans le sol, excluant les nématodes, apparaît dans l'annexe n° 1.

38 • La liste des invertébrés capturés par les trappes de Barber apparaît au tableau n° 6. La liste des espèces est réduite mais quelque peu diversifiée en comparaison avec celle de l'année précédente grâce à la présence d'invertébrés.

39 • Les nématodes de la rhizosphère chez le seigle comptent 34 espèces dont quatre dominant nettement: *Pratylenchus pratensis*, *Aerobiloides buichilii*, *Tylenchorichus dubins* et *Helicotylenchus denistra*. La densité normale de la population de nématodes est de 1400 individus au cm³. La population la plus répandue de *Pratylenchus pratensis* a été de 300 individus au cm³. **Les tiges n'ont pas été attaquées par *Ditylenchus dispsaci* Filipjev. connue pour causer des ravages dans les cultures de seigle.**

40 • On a pris les premières mesures de la hauteur des plantes dès le 11 mai et elles furent reprises tous les 7 jours jusqu'à la fin de la période de végétation (voir les figures 3 à 6). À toutes les semaines, 30 plantes de chaque parcelle furent mesurées depuis le collet à l'extrémité. La période de croissance la plus intensive a été entre le 18 mai et le 1^{er} juin. Dans certains cas la croissance mesurée a été de 4,7 cm en 24 heures. La croissance minimum durant cette période a été de 3,1 cm en moyenne. Plus tard en juin, ce rythme s'est rapidement ralenti et il se limitait de 0,7 à 2,3 cm par 24 heures puis, à la mi-juin, toute la croissance en hauteur s'est arrêtée.

41 • Dans les 2 blocs de la première expérience, la meilleure croissance a été obtenue dans les parcelles traitées aux BRF par rapport aux témoins. Plus encore, les résultats obtenus dans le bloc B, qui avait reçu de petites quantités de litière forestière avec les BRF, ceux-ci ont été supérieurs au bloc A et aux témoins.

42 • Les meilleurs résultats obtenus avec le seigle l'ont été sur les parcelles traitées avec des BRF *Acer platanoides* L. et *Robinia pseudoacacia* L. Les moins bons résultats l'ont été sur les parcelles traitées avec des BRF de *Corylus avellana* L. et de *Betula verrucosa* Ehrh. La hauteur des plantes dans les autres parcelles n'a montré que très peu de variations se situant entre 108,0 (*Salix caprea* L.) et 109,6 cm (*Tilia cordata* Mill.) dans le bloc A et entre 115,9 (*Salix caprea* L.) et 118,8 (*Tilia cordata* Mill.) dans le bloc B.

Tableau 5. Les espèces de la faune du sol des parcelles expérimentales relevées en septembre 1997

(+++ fréquentes, ++ occasionnelles, + rares)

N	Espèces	Classe	Genres	Familles	Occurrence
1	<i>Collembola</i>	Insectes	<i>Collemboles</i>	no	+++
2	<i>Carabus</i>	-	<i>Coléoptères</i>	<i>Carabidés</i>	+
3	<i>Harpalus</i> sp.*	-	-	-	+
4	<i>Pterostichus</i> sp.*	-	-	-	+
5	<i>Bembidion</i> sp	-	-	-	+++
6	<i>Melolontha</i> sp.	-	-	<i>Scarabidés</i>	+
7	<i>Amphimalus solstitialis</i> L.	-	-	-	++
8	<i>Anomala errans</i> F.	-	-	-	+
9	<i>Anomala dubia</i> Scop.	-	-	-	+++
10	<i>Anisoplia segetum</i> Hbst.	-	-	-	++
11	<i>Epicometis hirta</i> Poda.*	-	-	-	++
12	<i>Cetonia aurata</i> L.*	-	-	-	+
13	<i>Malachius virdis</i> F.	-	-	<i>Meéyridés</i>	+
14	<i>Melanotus brunnipes</i> Gem.*	-	-	<i>Elatéidés</i>	+
15	<i>Agriotes lineatus</i> L.	-	-	-	+
16	<i>Selatosomus acneus</i> L.	-	-	-	++
17	<i>Lacon murinus</i> L.	-	-	-	+
18	<i>Prostemon tessallatum</i> L.	-	-	-	+
19	<i>Opatrum sabulosum</i> L.	-	-	<i>Ténébrionidés</i>	++
20	<i>Pedins</i> sp.*	-	-	-	+
21	<i>Scotia segetum</i> Schiff.	-	<i>Lépidoptères</i>	<i>Noctuidés</i>	+
22	<i>Scotia</i> sp.	-	-	-	+
23	<i>Asilidae</i>	-	<i>Diptères</i>	<i>Asilidés</i>	+
24	<i>Chloropidae</i>	-	-	<i>Chloropidés</i>	+
25	<i>Lumbricus</i> sp.	<i>Oligochètes</i>	nihil	<i>Lombricidés</i>	++
26	<i>Dendrobaena</i> sp.	-	nihil	--	++

43 • Dans le dispositif n° 2, les résultats furent encore supérieurs dans les deux blocs où des BRF de feuillus avaient été utilisés (*Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. *Carpinus betulus* L., et *Acer platanoides* L.). L'utilisation de BRF des essences suivantes a donné de moins bons résultats: *Salix caprea* L., *Populus tremula* L., *Alnus glutinosa* Gaertn., *Corylus avellana* L. et *Betula verrucosa* Ehrh. où les BRF ont joué le rôle d'inhibiteur. Les indices liés à la taille du seigle dans le bloc B ont été supérieurs à ceux du bloc A. Ici la litière forestière a été introduite dans toutes les parcelles à l'exception de celle d'*Acer platanoides* L.. Dans l'ensemble, le seigle dans le dispositif n° 2 où les feuilles ont été fragmentées avec les rameaux à l'automne 1997 a eu une croissance plus lente comparée au bloc A (sans feuilles en mars 1997). Une explication possible résiderait dans le processus de décomposition qui

agit à long terme. Les BRF seraient plus bénéfiques lors de la troisième année lorsqu'ils sont complètement décomposés.

La récolte du seigle et son étude.

44 • La récolte du seigle a eu lieu du 20 au 24 juillet. Le tableau montre les données recueillies.

Tableau 6. Liste et fréquence des invertébrés des trappes de Barber
(+++ fréquentes, ++ occasionnelles, + rares)

N	Espèces	Classe	Genres	Familles	Occurrence
1	<i>Bembidion lampros</i> Latr.	Insectes	Coléoptères	Carabidés	+
2	<i>Bembidion</i> sp.	-	-	-	+
3	<i>Pterostichus cupreus</i> L.	-	-	-	+
4	<i>Pteroscichus sericens</i> F.W.	-	-	-	+
5	<i>Ophonus rufipes</i> Deg.	-	-	-	+
6	<i>Harpalus distinguendus</i> Dust.	-	-	-	+
7	<i>Amara ovata</i> F.	-	-	-	+
8	<i>Cicindella hybrida</i> L.	-	-	-	+
9	<i>Epicometis hirta</i> Poda.	-	-	Scarabidés	++
10	<i>Amphimalus solstitialis</i> L.	-	-	-	++
11	<i>Aphodius fossor</i> L.	-	-	-	+
12	<i>Anisoplia segetum</i> Herbst.	-	-	-	++
13	<i>Cetonia aurata</i> L.	-	-	-	+
14	<i>Hoplia graminicola</i> F.	-	-	-	+
15	<i>Siliphidae</i>	-	-	Siliphidés	+
16	<i>Opatrum sabulosum</i> L.	-	-	Ténébrionidés	++
17	<i>Lema melanopus</i> L.	-	-	Chrysomélidés	+
18	<i>Meloe</i> sp.	-	-	Méloidés	+
19	<i>Coccinella 5-punctata</i> L.	-	-	Coccinellidés	+
20	<i>Melachius</i> sp.	-	-	Méryidés	+
21	<i>Lycosidés</i>	Arachnidés	Aréneidés	Lycosidés	+

45 • Les données présentées au tableau n° 7 montrent clairement que les résultats de 1998 ont été supérieurs à ceux obtenus en 1997. Nous nous référons d'abord au dispositif n° 1. La récolte a été meilleure dans les deux blocs et dans toutes les parcelles expérimentales à comparer aux parcelles témoins. Dans le bloc A, les meilleurs résultats se trouvaient dans les parcelles d'*Acer platanoides* L. La différence a été de 500 kg/ha soit de 33% supérieure. La deuxième a été celle qui avait reçu *Robinia pseudoacacia* L. avec ses 450 kg/ha, soit 34% de plus que la parcelle témoin. La parcelle traitée avec des BRF de *Quercus robur* L. a été la troisième avec 430 kg/ha, soit 33% de plus que la parcelle témoin. Les parcelles de *Tilia cordata* Mill., *Corylus avellana* L. et *Populus tremula* L., donnèrent des rendements inférieurs. Les rendements les plus faibles ont été obtenus dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. et de *Salix caprea* L. avec des rendements respectifs de 200 kg/ha soit 15,5% de plus que la parcelle témoin et de 160 kg/ha ou 12,4% de plus que les parcelles témoins.

46 • Des résultats semblables ont été obtenus dans le bloc B dans du dispositif n° 1 (printemps 1997). Les augmentations de rendements comparées aux témoins ont été de 560 kg/ha soit 44,8 % d'augmentation. Ce sont les parcelles de *Robinia pseudoacacia* L. et *Quercus robur* L. qui occupent respectivement la deuxième place avec une augmentation de 540 kg/ha soit 43,2% et la troisième avec une augmentation de 510 kg/ha ou 40,8%. Les essences les moins performantes furent *Betula verrucosa* Ehrh. avec 270 kg/ha ou 21,6% ainsi que *Salix caprea* L. avec 250 kg/ha ou 20,0% d'augmentations des rendements par rapport aux parcelles témoins.

47 • Ceci démontre une augmentation de la récolte dans le dispositif n° 1 en 1998 supérieure à l'année précédente par rapport aux parcelles témoins. L'efficacité des BRF est nettement supérieure la seconde année.

48 • Nos résultats confirment ceux obtenus par le Professeur Lemieux (1995,1996 et 1997) ainsi que par d'autres chercheurs. Il est remarquable de constater que, durant les deux ans, les parcelles traitées aux BRF de feuillus (*Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer platanoides* L.) ont donné les meilleurs résultats. Nous avons observé que la deuxième année les rendements des parcelles d'essences secondaires⁴ (*Populus tremula* L., *Salix caprea* L., *Betula verrucosa* Ehrh. etc...) avaient augmenté de façon appréciable mais avec des écarts de rendements selon les feuillus. Le bloc B enrichi de litière forestière a donné de meilleurs rendements.

49 • Des données intéressantes ont été obtenues dans les parcelles où les feuilles étaient présentes sur les rameaux lors de la fragmentation en septembre 1997 (tableau n° 7). Nous devons indiquer que dans la première partie de l'année de végétation, les parcelles traitées étaient nettement moins productives que les parcelles témoins. Nous avons dû conclure avec le Professeur Lemieux que la présence de feuilles lors de la fragmentation avec les BRF avait un effet négatif dans les premiers stades de la recherche. De ce fait, nous n'espérions que des résultats médiocres à la récolte. Neanmoins, ce ne fut pas le cas car les résultats ont été supérieurs sous certains aspects à ce que nous espérions. Il apparaît maintenant que les choses ne sont pas si mauvaises, comparées aux parcelles témoins.

50 • Une analyse plus serrée de la récolte provenant des dispositifs n° 1 et n° 2 révèle une diminution des rendements des parcelles témoins du dispositif n° 2 par rapport au n° 1. Une explication possible serait dans la différence des conditions du sol entre les deux dispositifs. Les blocs A et B ont eu des meilleurs indices de production la seconde année sur plusieurs parcelles par rapport aux parcelles témoins (bloc A 8 parcelles et bloc B 8 parcelles)

51 • Les meilleurs résultats du bloc A furent mesurés sur les parcelles traitées avec *Carpinus betulus* L.. Les indices de productivité furent de 130 kg/ha par rapport aux parcelles témoins soit 11,75 kg de plus. En second lieu, ce sont les parcelles de *Quercus robur* L. avec 110 kg/ha et 9,9% de plus. Des résultats analogues furent obtenus sur les parcelles de *Robinia pseudoacacia* L. avec une augmentation de 0,90 kg/ha ou 8,1% pour *Acer saccharinum* L. 0,70 kg/ha ou 6,3% ainsi que *Quercus rubra* L. avec 60 kg/ha

⁴Sous ce vocable nous entendons la majorité des essences de la famille des Bétulacées et des Salicacées.

ou 5,4% d'augmentation. Dans les parcelles d'*Acer saccharum*, Marsh., *Tilia cordata* Mill. et *Acer platanoides* L. elles furent identiques aux parcelles témoins. Sur 5 parcelles les rendements de seigle furent inférieurs aux témoins soit -350 kg/ha (-19,8%) chez *Alnus glutinosa* Gaertn., -250kg/ha (-25,2%) chez *Betula verrucosa* Ehrh., -370 kg/ha (-33,3%) chez *Corylus avellana* L., -620 kg/ha (-55,9) chez *Populus tremula* L. et -670 kg/ha (60,4%) chez *Salix caprea* L.. Les plus mauvais résultats en terme de production furent enregistrés dans les parcelles d'essences secondaires.

52 • Les mêmes résultats ont été notés dans les parcelles du dispositif n° 2 du dispositif B. Encore une fois, ce sont les parcelles traitées avec des feuillus qui montrèrent les meilleures performances en terme d'augmentation de rendements en grain. Ce sont *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Carpinus betulus* L. et *Quercus rubra* L. Les augmentations de rendements enregistrées varient de 100 kg/ha à 160 kg/ha soit de 9,2% à 14,7% par rapport aux parcelles témoins. Les indices de rendement des parcelles d'*Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L. *Acer negundo* L. et *Tilia cordata* Mill. ont été légèrement inférieurs ou égaux aux parcelles témoins.. Des indices de rendement inférieurs aux parcelles témoins ont été notés dans les parcelles d'essences secondaires comme *Alnus glutinosa* Gaertn. *Betula verrucosa* Ehrh., *Corylus avellana* L. et *Salix caprea* L. Dans l'ensemble les résultats obtenus dans le bloc B est légèrement supérieur au bloc A.

Tableau 7. La récolte du seigle sur les parcelles expérimentales

Espèces de BRF	nombre d'échantillons	M± occurrences	s V,% 100kg	P, %	
	Dispositif n° 1	Bloc A			
Témoin	8	12,0 ± 0,17	0,5	3,6	1,3
<i>Quercus robur</i> L.	4	17,2 ± 0,35	0,7	4,1	2,1
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	17,4 ± 0,29	0,8	4,8	1,7
<i>Acer platanoides</i> L.	4	17,9 ± 0,36	0,7	4,1	2,0
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	14,9 ± 0,29	0,6	0,4	2,0
<i>Populus tremula</i> L.	4	15,8 ± 0,33	0,7	4,2	2,1
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	16,7 ± 0,38	0,8	4,5	2,2
<i>Salix caprea</i> L.	4	14,5 ± 0,29	0,6	3,9	2,0
<i>Corylus avellana</i>	4	16,3 ± 0,30	0,6	3,6	1,8
	Dispositif n° 1	Bloc B			
Témoin	8	12,5 ± 0,19	0,5	4,2	1,5
<i>Quercus robur</i> L.	4	17,6 ± 0,34	0,7	3,8	1,9
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	17,9 ± 0,41	0,8	4,5	2,3
<i>Acer platanoides</i> L.	4	18,1 ± 0,38	0,8	4,2	2,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	15,2 ± 0,34	0,7	4,4	2,2
<i>Populus tremula</i> L.	4	16,2 ± 0,26	0,5	3,2	1,6
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	17,3 ± 0,31	0,6	3,6	1,8
<i>Salix caprea</i> L.	4	15,0 ± 0,27	0,5	3,6	1,8
<i>Corylus avellana</i> L.	4	16,7 ± 0,33	0,7	4,0	2,0
	Dispositif n° 2	Bloc A			

Témoin	14	11,1 ± 0,17	0,6	5,6	1,5
<i>Quercus rubra</i> L.	4	11,7 ± 0,23	0,5	3,9	2,0
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	12,4 ± 0,22	0,4	3,6	1,8
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	12,0 ± 0,16	0,5	3,8	1,4
<i>Corylus avellana</i> L.	4	7,4 ± 0,17	0,3	4,6	2,3
<i>Salix caprea</i> L.	4	4,4 ± 0,13	0,3	5,8	2,9
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	8,3 ± 0,18	0,4	4,3	2,2
<i>Populus tremula</i> L.	4	4,9 ± 0,14	0,3	5,8	2,9
<i>Alnus glutinosa</i> Ehrh.	4	8,9 ± 0,19	0,4	4,3	2,1
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	11,3 ± 0,21	0,4	3,8	1,9
<i>Quercus robur</i> L.	4	12,2 ± 0,26	0,5	4,3	2,2
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	11,1 ± 0,21	0,4	3,8	1,9
<i>Acer negundo</i> L.	4	11,8 ± 0,23	0,5	4,0	2,0
<i>Acer platanoides</i> L.	4	11,0 ± 0,22	0,4	4,1	2,0
Dispositif n° 2		Bloc B			
Témoins	14	10,9 ± 0,11	0,4	3,9	1,0
<i>Quercus rubra</i> L.	4	11,9 ± 0,25	0,5	4,2	2,1
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	12,1 ± 0,30	0,6	4,9	2,5
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	12,2 ± 0,15	0,4	3,4	1,2
<i>Corylus avellana</i> L.	4	7,5 ± 0,17	0,3	4,4	2,2
<i>Salix caprea</i> L.	4	4,4 ± 0,14	0,3	6,5	3,2
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	8,3 ± 0,15	0,3	3,6	1,8
<i>Populus tremula</i> L.	4	5,1 ± 0,14	0,3	5,4	2,7
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	8,8 ± 0,22	0,4	5,1	2,5
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	11,2 ± 0,22	0,4	3,9	1,9
<i>Quercus robur</i> L.	4	12,5 ± 0,27	0,5	4,2	2,1
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	11,4 ± 0,27	0,5	4,8	2,4
<i>Acer negundo</i> L.	4	11,3 ± 0,32	0,6	5,7	2,8
<i>Acer platanoides</i> L.	4	11,2 ± 0,25	0,5	4,5	2,3

53 • Le tableau n° 8 rapporte les rendements en paille des parcelles expérimentales. Dans l'ensemble, les résultats se comparent aux rendements en grain chez le seigle. Les meilleurs résultats sont apparus dans le dispositif n°1. Les chiffres montrent en gros que les rendements en paille sont plus élevés que ceux en seigle sur les deux dispositifs, mais toujours inférieurs aux parcelles témoins.

Tableau 8. Les rendements des dispositifs en paille de seigle

Espèces de BRF	nombre d'échantillons	M± 100kg/ha	s	V, %	P, %
Plot n° 1 Block A					
Témoin	8	27,8 ± 0,44	1,2	4,4	1,6
<i>Quercus robur</i> L.	4	80,8 ± 0,81	1,6	5,2	2,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	31,7 ± 0,72	1,4	4,5	2,3
<i>Acer platanoides</i> L.	4	32,6 ± 0,83	1,7	5,1	2,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	30,4 ± 0,87	1,7	5,7	2,9
<i>Populus tremula</i> L.	4	31,0 ± 0,73	1,5	4,7	2,4
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	31,3 ± 0,71	1,4	4,5	2,3
<i>Salix caprea</i> L.	4	30,6 ± 0,93	1,9	6,0	3,0
<i>Corylus avellana</i> L.	4	30,1 ± 0,78	1,6	5,2	2,6
Plot n°1 Block B					
Témin	8	28,9 ± 0,46	1,3	4,5	1,6
<i>Quercus robur</i> L.	4	33,1 ± 0,84	1,7	5,0	2,5
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	34,2 ± 0,93	1,9	5,4	2,7
<i>Acer platanoides</i> L.	4	34,9 ± 0,82	1,7	4,7	2,4

<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	31,2 ± 0,85	1,7	5,5	2,7
<i>Populus tremula</i> L.	4	33,1 ± 0,84	1,7	5,1	2,5
<i>Salix caprea</i> L.	4	32,9 ± 0,95	1,9	5,8	2,9
<i>Corylus avellana</i> L.	4	32,0 ± 0,89	1,8	5,5	2,8
Plot 2 Block A					
Témoin	14	24,0 ± 0,25	0,9	3,9	
<i>Quercus rubra</i> L.	4	23,5 ± 0,58	1,2	4,9	
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	25,7 ± 0,61	1,2	4,7	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	25,5 ± 0,37	1,1	4,1	
<i>Corylus avellana</i>	4	13,2 ± 0,36	0,7	5,5	
<i>Salix caprea</i> L.	4	8,3 ± 0,21	0,4	5,1	
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	14,8 ± 0,33	0,7	4,5	
<i>Populus tremula</i> L.	4	8,6 ± 0,22	0,4	5,0	
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	14,6 ± 0,34	0,7	4,7	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	22,5 ± 0,60	1,2	5,4	
<i>Quercus robur</i> L.	4	24,7 ± 0,62	1,2	5,0	
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	23,0 ± 0,62	1,2	5,4	
<i>Acer negundo</i> L.	4	25,3 ± 0,70	1,4	5,5	
<i>Acer platanoides</i> L.	4	22,6 ± 0,55	1,1	4,9	
Plot 2 Block B					
Témoin	14	23,4 ± 0,25	0,9	4,0	1,1
<i>Quercus rubra</i> L.	4	23,4 ± 0,55	1,1	4,7	2,4
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	26,2 ± 0,69	1,4	5,2	2,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	25,8 ± 0,37	1,0	4,0	1,4
<i>Corylus avellana</i> L.	4	13,5 ± 0,34	0,7	5,1	2,5
<i>Salix caprea</i> L.	4	8,1 ± 0,21	0,4	5,1	2,6
<i>Betula verrucosa</i> Gaertn.	4	14,6 ± 0,21	0,6	4,0	2,0
<i>Populus tremula</i> L.	4	8,8 ± 0,21	0,4	5,1	2,6
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	14,9 ± 0,41	0,8	5,5	2,7
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	22,7 ± 0,53	1,1	4,7	2,3
<i>Quercus robur</i> L.	4	25,0 ± 0,61	1,2	4,9	2,4
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	23,0 ± 0,58	1,2	5,0	2,5
<i>Acer negundo</i> L.	4	25,1 ± 0,64	1,3	5,1	2,5
<i>Acer platanoides</i> L.	4	23,1 ± 0,53	1,1	4,5	2,3

54 • La parcelle d'*Acer platanoides* L. du bloc A du dispositif n° 1 a donné les meilleurs rendements soit 480 kg/ha ou 17,3% supérieur aux parcelles témoins. La parcelle traitée avec *Robinia pseudoacacia* L. fut la seconde avec 390 kg/ha ou 14,0% de mieux que les parcelles témoins. Des résultats inférieurs furent obtenus dans les autres parcelles. À titre d'exemple mentionnons celle de *Corylus avellana* L. soit 230/kg/ha ou 8,3% et *Salix caprea* L. avec 280 kg/ha ou 10,1% de plus que les rendements des parcelles témoins.

55 • Des résultats analogues furent mesurés dans le bloc B du dispositif n° 1. Ce sont les mêmes essences qui ont donné les meilleurs résultats que dans le bloc A: soit *Acer platanoides* L. *Robinia pseudoacacia* L. et *Tilia cordata* Mill. en plus. Encore une fois ce sont les parcelles d'essences secondaires qui ont donné les moins bons rendements. Par contre, toutes les parcelles du bloc B ont donné des rendements supérieurs par comparaison au bloc A. Toutefois la différence entre les feuillus et les essences secondaires des blocs A et B, est moindre que celle de l'année précédente.

56 • Le dispositif n° 2 a donné des résultats nettement inférieurs à ceux du dispositif n°1. Fait remarquable, les rendements en paille furent bien inférieurs aux rendements en grain. Les meilleurs résultats du bloc sont apparus chez *Carpinus*

betulus L. avec une augmentation de 170 kg/ha ou 7,1%. La deuxième position est occupée par *Robinia pseudoacacia L.* avec 150 kg/ha ou 6,3% d'augmentation ainsi que chez *Acer saccharinum L.* avec 130 kg/ha ou 5,4% d'augmentation. Pour sa part, la parcelle traitée avec *Quercus rubra L.* a donné des résultats voisins de ceux des parcelles témoins. Toutes les autres parcelles ont donné des résultats inférieurs aux témoins. Les parcelles ayant donné des rendements équivalents aux témoins sont *Acer saccharum Marsh.*, *Acer platanoides L.*, *Quercus rubra L.* ainsi que *Tilia cordata Mill.* Les autres parcelles comme celles de *Salix caprea L.* (-1570 kg/ha ou -65,4%), *Populus tremula L.* (-1540 kg/ha ou -64,2%) et *Corylus avellana L.* (-1080 kg/ha ou 45,0%) ont toutes donné des rendements inférieurs aux témoins.

57 • Les indices de rendement de la majorité des parcelles du bloc B furent quelque peu supérieurs à ceux des parcelles du bloc A. Les meilleurs résultats dans le deux blocs furent toujours en faveur des feuillus (*Carpinus betulus L.*, *Robinia pseudoacacia L.*, *Acer saccharinum L.*, et *Quercus rubra L.*). Encore une fois, les essences secondaires comme *Salix caprea L.*, *Populus tremula L.* et *Corylus avellana L.* ont eu les performances les plus faibles.

58 • Dans une analyse comparative des données des deux dispositifs portant à la fois sur les rendements en grain et en paille, on doit en conclure à une augmentation notable. Nous pensons particulièrement au dispositif n° 1 (printemps 97 sans feuilles). Deux récoltes ont été faites dans ce dispositif à ce jour. Nous tenterons d'analyser les changements survenus dans le sol après l'application des BRF et les impacts sur les plantes.

59 • À la récolte, nous avons également tenu compte de la densité des plants à l'unité de surface (tableau n° 9). Les chiffres sont très peu variables d'un dispositif à l'autre, passant de 311,5 à 324,5 plants/ m². Avec un niveau de confiance de 95% la différence entre les parcelles est pratiquement nulle. Nous en concluons que la densité des plantes à l'unité de surface n'a eu aucun impact sur les résultats obtenus dans chaque parcelle.

Les contenus en matière sèche.

60 • En 1998 nous avons étudié les teneurs en matière sèche des plants de seigle. Nous avons évalué cet important indice en utilisant une méthode qui se réfère à la diminution de masse des parties aériennes du seigle au cours du séchage dans une chambre calibrée à 105°C (Horodniy, Kopelevich, Serdyuk et al. 1995). Ces résultats apparaissent au tableau n° 10.

Tableau 9. Nombre de plants au m² sur chaque parcelle des dispositifs A et B (blocs A et B)

Espèces de BRF	nombre de plantes au m ²		M, plants au m ²	s	V, %	P, %
Dispositif	n°		1			
blocA						
Témoins	8	318,0	2,3	5,7	1,3	0,6
<i>Quercus robur L.</i>	4	313,5	2,75	5,5	1,8	0,9

<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	311,5	3,18	6,3	2,0	1,0
<i>Acer platanoides</i> L.	4	322,0	3,56	7,1	2,2	1,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	316,0	3,65	7,3	2,3	1,2
<i>Populus tremula</i> L.	4	319,3	2,02	4,0	1,3	0,6
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	315,0	2,08	4,2	1,3	0,7
<i>Salix caprea</i> L.	4	320,8	3,59	7,2	2,2	1,1
<i>Corylus avellana</i> L.	4	317,3	4,28	6,4	1,9	0,9
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	8	320,5	22,2	4,4	1,4	0,7
<i>Quercus robur</i> L.	4	316,8	2,29	4,6	1,4	0,7
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	319,0	2,86	5,7	1,3	0,9
<i>Acer platanoides</i> L.	4	315,3	4,59	9,2	2,9	1,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	322,5	3,48	7,0	2,2	1,1
<i>Populus tremula</i> L.	4	317,8	3,88	7,8	2,4	1,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	315,2	4,09	8,2	2,5	1,3
<i>Salix caprea</i> L.	4	322,8	3,54	7,1	2,2	1,1
<i>Corylus cornuta</i> L.	4	312,5	3,33	6,7	2,1	1,1
Dispositif n°2 bloc A						
Témoins	14	323,2	1,72	6,4	2,0	0,5
<i>Quercus rubra</i> L.	4	320,0	3,54	7,1	2,2	1,1
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	318,0	2,89	5,8	1,3	0,9
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	317,5	4,17	8,4	2,6	1,3
<i>Corylus avellana</i> L.	4	322,8	4,13	8,3	2,6	1,3
<i>Salix caprea</i> L.	4	320,5	4,13	8,3	2,6	1,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	323,3	3,25	6,7	2,1	1,0
<i>Populus tremula</i> L.	4	324,5	5,58	11,2	3,4	1,7
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	319,3	3,20	6,4	2,0	1,0
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	322,0	2,55	5,1	1,6	0,8
<i>Quercus robur</i> L.	4	323,3	3,20	6,4	2,0	1,0
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	320,3	2,18	4,4	1,4	0,7
<i>Acer negundo</i> L.	4	324,0	4,33	8,7	2,7	1,4
<i>Acer platanoides</i> L.	4	317,8	4,33	8,7	2,7	1,4
Dispositif	n°		2			bloc
B						
Témoins	14	321,5				
<i>Quercus rubra</i> L.	4	322,3	4,07	8,1	2,5	1,3
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	329,5	4,50	9,0	2,8	1,4
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	324,0	4,93	9,9	3,0	1,5
<i>Corylus avellana</i> L.	4	318,3	1,65	3,3	1,0	0,5
<i>Salix caprea</i> L.	4	321,3	3,59	7,2	2,2	1,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	320,5	4,29	8,6	2,7	1,3
<i>Populus tremula</i> L.	4	317,5	2,22	4,4	1,4	0,7
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	322,3	5,04	10,1	3,1	1,6
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	319,3	2,29	4,8	1,5	0,8
<i>Quercus robur</i> L.	4	323,3	3,40	6,8	2,1	1,1
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	321,0	2,94	5,9	1,8	0,9
<i>Acer negundo</i> L.	4	318,3	4,59	9,2	2,9	1,4
<i>Acer platanoides</i> L.	4	320,0	3,29	6,6	2,1	1,0

Tableau 10. Contenus en matière sèche du système racinaire

Espèces de BRF	Nombre de plants,	M, % de plants	m	s	V, %
Dispositif n° 1 Bloc A					

Témoins	16	91,4	0,19	0,8	0,8	0,2
<i>Quercus robur L.</i>	8	93,4	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	8	94,0	0,25	0,7	0,7	0,3
<i>Acer platanoides L.</i>	8	93,8	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	8	92,6	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Populus tremula L.</i>	8	91,8	0,21	0,6	0,6	0,2
<i>Tilia cordata Mill.</i>	8	93,0	0,24	0,7	0,7	0,3
<i>Salix caprea L.</i>	8	92,2	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Corylus avellana L.</i>	8	92,2	0,20	0,6	0,6	0,2
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	16	91,2	0,16	0,7	0,7	0,2
<i>Quercus robur L.</i>	8	93,6	0,25	0,7	0,7	0,3
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	8	94,4	0,22	0,6	0,6	0,2
<i>Acer platanoides L.</i>	8	94,1	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	8	92,8	0,23	0,6	0,7	0,2
<i>Populus tremula L.</i>	8	92,4	0,17	0,5	0,5	0,2
<i>Tilia cordata Mill.</i>	8	93,6	0,24	0,7	0,7	0,3
<i>Salix caprea L.</i>	8	92,4	0,32	0,9	0,1	0,3
<i>Corylus avellana L.</i>	8	92,7	0,24	0,7	0,7	0,3
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	26	91,1	0,14	0,7	0,8	0,2
<i>Quercus rubra L.</i>	8	91,4	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Carpinus betulus L.</i>	8	92,3	0,26	0,7	0,8	0,3
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	16	92,0	0,20	0,8	0,9	0,2
<i>Corylus avellana L.</i>	8	90,9	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Salix caprea L.</i>	8	90,5	0,32	0,9	1,0	0,4
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	8	90,5	0,31	0,9	1,0	0,3
<i>Populus tremula L.</i>	8	90,3	0,31	0,9	1,0	0,4
<i>Alnus glutinosa Gaertn.</i>	8	90,6	0,34	1,0	1,1	0,4
<i>Tilia cordata Mill.</i>	8	91,2	0,33	0,9	1,0	0,4
<i>Quercus robur L.</i>	8	92,1	0,40	1,1	1,2	0,4
<i>Acer saccharum Marsh.</i>	8	91,4	0,32	0,9	1,0	0,4
<i>Acer negundo L.</i>	8	91,6	0,26	0,7	0,8	0,3
<i>Acer platanoides L.</i>	8	91,3	0,33	0,9	1,0	0,4
Dispositif n° 2 Bloc B						
Témoins	26	91,1	0,15	0,8	0,8	0,2
<i>Quercus rubra L.</i>	8	91,6	0,23	0,7	0,7	0,3
<i>Carpinus betulus L.</i>	8	92,3	0,30	0,9	0,9	0,3
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	16	92,3	0,20	0,8	0,9	0,2
<i>Corylus avellana L.</i>	8	91,1	0,27	0,8	0,8	0,3
<i>Salix caprea L.</i>	8	90,3	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	8	90,3	0,30	0,8	0,9	0,3
<i>Populus tremula L.</i>	8	90,4	0,23	0,6	0,7	0,3
<i>Alnus glutinosa Gaertn.</i>	8	90,5	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Tilia cordata Mill.</i>	8	91,5	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Quercus robur L.</i>	8	92,0	0,31	0,9	0,9	0,3
<i>Acer saccharum Marsh.</i>	8	91,9	0,30	0,8	0,9	0,3
<i>Acer negundo L.</i>	8	92,0	0,27	0,8	0,8	0,3
<i>Acer platanoides L.</i>	8	91,4	0,23	0,6	0,7	0,3

61 • Les plus hauts résultats furent mesurés dans le dispositif n° 1 Les meilleurs résultats furent observés dans les blocs A et B sur les racines des parcelles de *Robinia pseudoacacia L.* avec un indice de 2,9% dans le bloc A et de 3,5% dans le block B par rapport aux témoins. En deuxième lieu, vient *Acer platanoides L.* dans le bloc A avec une augmentation de la matière sèche du système racinaire de 2,6% par rapport aux parcelles témoins. Les chiffres obtenus dans les parcelles de *Quercus robur L.* et de *Tilia cordata Mill.* furent inférieurs. Les parcelles d'essences secondaires donnèrent de moins bons résultats encore, mais les

indicateurs ne montrèrent que peu de variation. **Encore une fois, les chiffres nous montrent que les contenus en matière sèche des systèmes racinaires furent plus élevés dans les parcelles traitées que dans les témoins et les résultats du bloc B ont été supérieurs à ceux du bloc A.**

62 • Le dispositif n° 2 a donné des résultats inférieurs en terme de matière sèche du système racinaire. Dans les deux dispositifs, les meilleurs résultats ont été mesurés dans les parcelles de feuillus comme *Carpinus betulus* L. *Robinia pseudoacacia* L. et *Quercus robur* L. Les résultats en matière sèche des systèmes racinaires ont été inférieurs dans les parcelles traitées avec *Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L., *Acer saccharum* Marsh., *Quercus rubra* L., *Tilia cordata* Mill. ainsi que *Corylus avellana* L. . **Pour leur part, les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh., *Populus tremula* L et *Salix caprea* L. ont donné des résultats inférieurs aux témoins. En comparant les bloc, les résultats du bloc B ont été supérieurs au bloc A.** Le tableau 11 nous montre les contenus en matière sèche de la paille de seigle. Il est évident que les indicateurs varient très peu entre les différentes parcelles. Ainsi dans le dispositif n° 1, l'indice fluctue entre 90,6% et 91,3% pour le bloc A et de 90,8% à 91,6% pour le bloc B, Dans le dispositif n°2 la fluctuation va de 89,8% à 90,9% pour le bloc A et de 89,9% à 91,1% pour le bloc B.

63 • La teneur en matière sèche de la paille de seigle la plus élevée a été mesurée dans le dispositif n° 1 avec *Robinia pseudoacacia* L. et *Acer platanoides* L. du bloc A ainsi qu'avec *Corylus avellana* L. et *Acer platanoides* L. du bloc B. L'indice le plus faible dans les deux blocs a été mesuré chez *Tilia cordata* Mill. Dans le dispositif expérimental n° 2, les parcelles traitées avec *Carpinus betulus* L. et *Corylus avellana* L. ont donné les meilleurs rendements dans le bloc B. Par contre, *Acer saccharum* Marsh. du bloc A et *Tilia cordata* Mill. du bloc B montrèrent les rendements les plus bas.

64 • Dans le bloc B, toutes les parcelles ont donné des rendements en paille plus élevés (en matière sèche) que celles du bloc A sauf celles traitées avec *Salix caprea* L. et *Quercus robur* L. Nous n'avons pas noté de variations importantes entre les blocs bien que la majorité des parcelles du bloc B ont fourni de meilleurs rendements.

65 • Nous pouvons constater au tableau 12 les teneurs en matière sèche des grains. Selon les données, il y a peu de variation entre les dispositifs. Le dispositif n° 1 montre une différence variant de 91,3% à 92,4% pour le bloc A et de 91,5% à 92,7% pour le bloc B. Dans le dispositif n° 2, la variation va de 90,4% à 92,2% pour le bloc A et de 90,3% à 91,2% pour le bloc B. Les plus hauts taux de matière sèche des grains de seigle se retrouvent dans les parcelles traitées avec des feuillus dans le dispositif n° 1 avec *Robinia pseudoacacia* L., *Acer platanoides* L. et *Quercus robur* L. Dans le dispositif n° 2, les meilleurs résultats mesurés le furent sur la parcelle de *Carpinus betulus* L., *Robinia pseudoacacia* L. et *Quercus robur* L. Les résultats les moins bons furent obtenus dans les parcelles de *Populus tremula* L. et de *Betula verrucosa* Ehrh. Toutes les parcelles du dispositif n°1 du bloc B ont eu des performances supérieures. en comparaison avec le bloc A. Il en fut de même pour le bloc B du dispositif n° 2.

66 • Dans l'ensemble les teneurs en matière sèche des racines, des pailles et des grains nous permettent de conclure que les résultats sont meilleurs dans les parcelles traitées aux BRF. Les meilleurs indices sont notés dans les parcelles qui

ont fourni des rendements élevés en pailles et en grains. Il en va de même pour les parcelles du bloc B. ou de la litière forestière a été appliquée.

L'analyse de la qualité des grains de seigle

67 • La qualité des grains de seigle a été évaluée selon les paramètres suivants: le poids de 1000 grains, le nombre de grains et la teneur en protéines.

Tableau 11. Contenu en matière sèche de la paille

RCW species	échantillons	M, % plants	m	s	V, %	P,
%						
Dispositif	n°		1			Bloc
A						
Témoins	16	90,5	0,22	0,9	1,0	0,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	91,2	0,18	0,5	0,6	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	91,3	0,22	0,6	0,7	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	91,3	0,27	0,7	0,8	0,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,2	0,14	0,4	0,4	0,2
<i>Populus tremula</i> L.	8	91,0	0,29	0,8	0,9	0,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	90,6	0,24	0,7	0,8	0,3
<i>Salix caprea</i> L.	8	91,2	0,15	0,4	0,5	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	91,2	0,23	0,6	0,7	0,3
Dispositif n° 1 Bloc B.						
Témoins	16	90,7	0,26	1,1	1,2	0,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	91,2	0,23	0,6	0,7	0,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	91,4	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	91,6	0,27	0,8	0,8	0,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,5	0,17	0,5	0,5	0,2
<i>Populus tremula</i> L.	8	91,3	0,18	0,5	0,6	0,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	90,8	0,16	0,4	0,5	0,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	91,1	0,19	0,5	0,6	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	91,6	0,11	0,3	0,3	0,1
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	26	89,8	0,22	1,1	1,2	0,2
<i>Quercus rubra</i> L.	8	90,5	0,18	0,5	0,6	0,2
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	90,9	0,12	0,3	0,4	0,1
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16	90,4	0,12	0,5	0,5	0,1
<i>Corylus avellana</i> L.	8	90,9	0,12	0,3	0,4	0,1
<i>Salix caprea</i> L.	8	90,3	0,11	0,3	0,4	0,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	90,6	0,13	0,4	0,4	0,1
<i>Populus tremula</i> L.	8	90,2	0,11	0,3	0,3	0,1
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	90,4	0,12	0,3	0,4	0,1
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	90,1	0,10	0,3	0,3	0,1
<i>Quercus robur</i> L.	8	90,4	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	89,8	0,16	0,5	0,5	0,2
<i>Acer negundo</i> L.	8	90,2	0,17	0,5	0,5	0,2
<i>Acer platanoides</i> L.	8	90,5	0,25	0,7	0,8	0,3

68 • Le poids aux 1000 grains de seigle a été déterminé selon une technique standardisée dont le résultats apparaissent au tableau 13. **Les meilleurs résultats se trouvent dans le dispositif n° 1 et c'est *Quercus robur* L. qui a eu les meilleures performances dans le blocs A avec 3,4 g. ou 16,3% et dans le bloc B avec 3,7 g. ou 17,5%.** En second lieu, viennent les parcelles triatées avec *Acer platanoides* L. et *Tilia cordata* Mill. Les poids aux 1000 grains les plus faibles furent enregistrés dans le bloc A chez *Betula verrucosa* Ehrh. tandis que ce fut avec *Salix caprea* L. dans le bloc B. De

mauvais résultats furent également observés chez *Populus tremula* L. dans les blocs A et B.

69 • On se doit de noter que toutes les parcelles des dispositifs n° 1 et 2 donnèrent des résultats supérieurs aux parcelles témoins. Les parcelles du bloc B ont été supérieures aux parcelles du bloc A.

70 • Nous avons également déterminé la valeur en grammes par unité de volume soit le poids en gramme d'un litre de seigle et les résultats apparaissent au tableau 14.

Tableau 12. La teneur en matière sèche des grains de seigle

Essences de BRF	Nombre de plants	M, % plants	m	s	V, %	P, %
Dispositif n° 1 Bloc A						
Témoins	16	91,3	0,15	0,6	0,7	0,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	92,1	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	92,4	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	92,3	0,37	1,1	1,1	0,4
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,3	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	91,4	0,35	1,0	1,1	0,4
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	91,8	0,29	0,8	0,9	0,3
<i>Salix caprea</i> L.	8	91,5	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	91,9	0,27	0,8	0,8	0,
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	16	91,5	0,18	0,7	0,7	0,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	92,3	0,15	0,4	0,5	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	92,7	0,21	0,6	0,6	0,2
<i>Acer platanoides</i> L.	8	92,7	0,29	0,8	0,9	0,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,5	0,23	0,7	0,7	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	91,6	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	92,0	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	91,8	0,16	0,5	0,5	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	92,4	0,24	0,7	0,7	0,3
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	26	91,1	0,16	0,8	0,9	0,2
<i>Quercus rubra</i> L.	8	91,4	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	92,2	0,32	0,9	1,0	0,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16	91,9	0,17	0,7	0,7	0,3
<i>Corylus avellana</i> L.	8	91,3	0,23	0,7	0,7	0,3
<i>Salix caprea</i> L.	8	90,5	0,27	0,8	0,8	0,3
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,2	0,27	0,8	0,9	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	90,4	0,21	0,6	0,7	0,2
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	90,9	0,20	0,6	0,6	0,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	91,6	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	92,1	0,21	0,6	0,6	0,2
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	91,4	0,27	0,8	0,9	0,3
<i>Acer negundo</i> L.	8	91,7	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	91,3	0,25	0,7	0,8	0,3
Dispositif n° 2 Bloc B						
Témoins	26	91,0	0,15	0,8	0,8	0,2
<i>Quercus rubra</i> L.	8	91,4	0,19	0,6	0,6	0,2
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	92,1	0,25	0,7	0,8	0,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16	92,0	0,18	0,7	0,8	0,2

<i>Corylus avellana</i> L.	8	91,3	0,21	0,6	0,7	0,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	90,3	0,16	0,5	0,5	0,2
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	91,3	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	90,3	0,30	0,9	0,9	0,3
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	90,8	0,22	0,6	0,7	0,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	91,8	0,24	0,7	0,7	0,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	92,2	0,24	0,7	0,7	0,3
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	91,6	0,32	0,9	1,0	0,4
<i>Acer negundo</i> L.	8	91,7	0,28	0,8	0,9	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	91,5	0,21	0,6	0,7	0,2

71 • Ainsi le dispositif n° 1 montre que toutes les parcelles traitées ont un poids supérieur en 1000 grains à celui des parcelles témoins. Encore une fois, le bloc B montre des résultats meilleurs que le bloc A.

72 • Le poids aux 1000 grains le plus élevé s'est retrouvé dans les blocs A et B du dispositif n° 2 chez *Carpinus betulus* L. avec 2,5 g. ou 12,1% pour le bloc A et 2,5 g ou 12,0% pour le bloc B. Ensuite, ce fut avec *Quercus robur* L. et 2,3 g. ou 11,1% pour le bloc A et 2,4 g. ou 11,5% pour le bloc B. Les résultats ont été inférieurs dans les parcelles de *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer saccharinum* L., *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L. et *Quercus rubra* L. **Les résultats les plus faibles, encore une fois, se sont retrouvés chez les essences secondaires comme *Populus tremula* L., *Betula verrucosa* Ehrh. et *Salix caprea* L.**

73 • Comme nous le montrent les résultats en volume du dispositif n° 1, ce sont toujours les BRF de feuillus qui donnent les meilleurs résultats. Dans le bloc A avec *Quercus robur* L., ils dépassent ceux des témoins par 40 g. ou 6,2%. En second lieu c'est avec *Robinia pseudoacacia* L. et 36 g. ou 5,6% alors que la parcelle traitée avec *Acer platanoides* L. n'a que 2 g. de moins. Les résultats du bloc B sont analogues à la parcelle d'*Acer platanoides* L. qui se montre la meilleure suivie dans l'ordre par *Quercus robur* L. et *Robinia pseudoacacia* L. Le plus petit rendement fut enregistré dans le dispositif n° 1 des blocs A et B pour *Salix caprea* L. Dans l'ensemble les rendements du bloc A ont été supérieurs de 20 g ou 3,1% aux parcelles témoins alors que ceux du bloc B n'ont été que de 3,4 g. ou 3,4%. Les parcelles traitées par *Populus tremula* L. et *Betula verrucosa* Ehrh. ont eu les rendements les plus faibles.

74 • Quant aux mesures en volume de grains de seigle dans le dispositif n°1, toutes les parcelles ont donné des rendements supérieurs aux parcelles témoins. Encore une fois, les parcelles du bloc B ayant reçu des BRF de feuillus ont donné sans exception des rendements légèrement supérieurs à celles du bloc A.

75 • Les résultats du dispositif n° 1 ont été meilleurs que ceux du dispositif n° 2. car l'unité de volume a été plus grande dans les parcelles traitées avec des BRF de feuillus comme *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L. et *Carpinus betulus* L.

76 • L'unité de grains en volume la plus élevée a été notée dans la parcelle du bloc A avec *Robinia pseudoacacia* L. et elle excédait les témoins par 27 g. ou 4,2% alors que la même essence a montré une augmentation de 34 g. ou 5,3% dans le bloc B. Des

résultats quasi analogues ont été observés dans les parcelles de *Quercus robur* L. avec un gain de 26,0 g. ou 4,0% pour le bloc A et de 31,0 g. ou 4,8% pour le bloc B. Les autres parcelles ont donné des résultats inférieurs, tout particulièrement avec *Salix caprea* L., *Populus tremula* L. et *Betula verrucosa* Ehrh.

77 • En résumé, les valeurs par unité de volume du dispositif n° 2 où les BRF étaient fragmentés avec les feuilles ont été supérieures aux parcelles témoins dans 11 parcelles sur 13. Neuf parcelles sur un total de 13 appartiennent au bloc B.

78 • Les teneurs en protéines ont été déterminées selon la méthode standard de l'État ukrainien. Elle consiste à transformer l'azote de l'albumen en sels ammonium en minéralisant les grains à l'aide d'acide sulfurique puis par une réaction alcaline, on élimine l'ammonium dans une solution normale d'acide sulfurique.

79 • Les résultats des déterminations apparaissent au tableau n° 15. Il est évident que l'application de BRF induit l'augmentation du contenu protéique des grains. Les contenus protéiques furent plus élevés dans le dispositif n° 1 par rapport aux témoins. Les meilleurs résultats dans les blocs A et B ont été obtenus avec *Acer platanoides* L., *Quercus robur* L. et *Robinia pseudoacacia* L. Les teneurs en protéines dans le seigle du bloc A ont varié de 10,8% à 13,7% par rapport aux témoins alors que les augmentations dans le bloc B ont été de 15,0% à 18,0%. Les plus faibles ont été notées dans le dispositif n° 1 pour les blocs ayant reçu des BRF de *Salix caprea* L., *Betula verrucosa* Ehrh. et *Populus tremula* L. Dans le bloc A, on a constaté une augmentation variant de 5,95% à 7,8% par rapport aux parcelles témoins alors que les variations étaient de l'ordre de 8% à 11% pour le bloc B. Dans les parcelles du bloc B, à l'exception de la parcelle de *Betula verrucosa* Ehrh., le contenu en protéines a été supérieur au bloc A.

Tableau 13. Le poids de 1000 grains de seigle

Espèces de BRF	nombre d'échantillons	M, grains	m	s	V, %	P, %
Dispositif n° 1 Bloc A						
Témoins	8	20,9	0,19	0,5	2,6	0,9
<i>Quercus robur</i> L.	4	24,3	0,23	0,5	1,9	1,0
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	23,3	0,41	0,8	3,5	1,8
<i>Acer platanoides</i> L.	4	23,8	0,34	0,7	2,8	1,4
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	22,0	0,20	0,4	1,8	0,9
<i>Populus tremula</i> L.	4	22,7	0,51	1,0	4,5	2,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	23,4	0,57	1,1	4,9	2,4
<i>Salix caprea</i> L.	4	22,1	0,39	0,8	3,5	1,8
<i>Corylus avellana</i> L.	4	23,3	0,50	1,0	4,3	2,2
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	8	21,1	0,18	0,5	2,6	0,9
<i>Quercus robur</i> L.	4	24,8	0,53	1,1	4,3	2,1
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	23,4	0,75	1,5	6,4	3,2
<i>Acer platanoides</i> L.	4	24,2	0,44	0,9	3,6	1,8
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	22,2	0,47	1,0	4,2	2,1
<i>Populus tremula</i> L.	4	22,9	0,32	0,7	2,8	1,4
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	23,7	0,33	0,7	2,8	1,4
<i>Salix caprea</i> L.	4	22,1	0,28	0,6	2,5	1,3
<i>Corylus avellana</i>	4	23,5	0,35	0,7	3,0	1,5
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	13	20,7	0,18	0,7	3,2	0,9
<i>Quercus rubra</i> L.	4	22,5	0,44	0,9	3,9	2,0
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	23,2	0,36	0,7	3,1	1,5

<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	22,9	0,29	0,8	3,6	1,3
<i>Corylus avellana</i> L.	4	21,5	0,33	0,7	3,0	1,5
<i>Salix caprea</i> L.	4	21,0	0,35	0,7	3,3	1,7
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	21,1	0,32	0,6	3,0	1,5
<i>Populus tremula</i> L.	4	20,9	0,26	0,5	2,5	1,2
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	21,8	0,35	0,7	3,2	1,6
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	22,8	0,54	1,1	4,8	2,4
<i>Quercus robur</i> L.	4	23,0	0,38	0,8	3,3	1,6
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	22,7	0,40	0,8	3,5	1,7
<i>Acer negundo</i> L.	4	22,6	0,56	1,1	4,9	2,5
<i>Acer platanoides</i> L.	4	22,5	0,49	1,0	4,4	2,2
Dispositif n° 2 Bloc B						
Témoins	13	20,8	0,20	0,7	3,5	1,0
<i>Quercus rubra</i> L.	4	22,7	0,24	0,5	2,1	1,0
<i>Carpinus betulus</i> L.	4	23,3	0,38	0,8	3,3	1,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	22,8	0,19	0,5	2,3	0,8
<i>Corylus avellana</i> L.	4	21,6	0,38	0,8	3,5	1,7
<i>Salix caprea</i> L.	4	21,1	0,23	0,5	2,2	1,1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	4	21,0	0,17	0,3	1,6	0,8
<i>Populus tremula</i> L.	4	21,0	0,29	0,6	2,7	1,4
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4	21,7	0,53	1,1	4,9	2,4
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	23,1	0,33	0,7	2,9	1,4
<i>Quercus robur</i> L.	4	23,2	0,42	0,9	3,7	1,8
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	4	22,7	0,53	1,1	4,7	2,3
<i>Acer negundo</i> L.	4	22,8	0,40	0,8	3,5	1,7
<i>Acer platanoides</i> L.	4	22,6	0,37	0,7	3,3	1,6

Tableau 14. Poids des grains de seigle par volume d'un litre

Essences de BRF	Nombre d'échantillons,	M, grams	m	s	V, %	P, %
Dispositif n° 1 Bloc A						
Témoins	16	648	1,25	5,0	0,8	0,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	688	1,26	3,6	0,5	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	684	1,83	4,9	0,7	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	682	1,33	3,8	0,6	0,2
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	672	1,68	4,8	0,7	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	670	1,52	4,3	0,6	0,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	675	1,23	3,5	0,5	0,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	668	1,12	3,2	0,5	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	676	1,71	4,9	0,7	0,3
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	16	651	1,39	5,6	0,9	0,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	695	1,19	3,4	0,5	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	692	1,31	3,7	0,5	0,2
<i>Acer platanoides</i> L.	8	697	1,55	4,4	0,6	0,2
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	675	1,34	4,9	0,7	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	677	1,75	4,9	0,7	0,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	684	1,55	4,4	0,6	0,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	673	1,32	3,8	0,6	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	689	1,28	3,6	0,5	0,2
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	26	643	1,03	5,3	0,8	0,2
<i>Quercus rubra</i> L.	8	665	1,54	4,3	0,7	0,2

<i>Carpinus betulus</i> L.	8	667	1,23	3,5	0,5	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16	670	0,98	3,9	0,6	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	647	1,64	4,7	0,7	0,3
<i>Salix caprea</i> L.	8	633	1,36	3,9	0,6	0,2
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	644	1,14	3,2	0,5	0,2
<i>Populus tremula</i> L.	8	636	1,64	4,7	0,7	0,3
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	649	1,46	4,1	0,6	0,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	660	1,86	5,3	0,8	0,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	669	1,24	3,5	0,5	0,2
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	658	1,40	4,0	0,6	0,2
<i>Acer negundo</i> L.	8	663	1,52	4,3	0,7	0,2
<i>Acer platanoides</i> L.	8	656	1,25	3,5	0,5	0,2
Dispositif n° 2 Bloc B						
Témoins	26	640	1,36	6,9	1,1	0,2
<i>Quercus rubra</i> L.	8	661	2,10	6,0	0,9	0,3
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	665	1,51	4,3	0,6	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16	667	1,60	6,4	1,0	0,2
<i>Corylus avellana</i> L.	8	650	1,80	5,1	0,8	0,3
<i>Salix caprea</i> L.	8	630	2,26	6,4	1,0	0,4
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	647	1,61	4,6	0,7	0,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	637	1,97	5,6	0,9	0,3
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	650	2,22	6,3	1,0	0,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	663	2,24	6,3	1,0	0,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	671	1,47	4,1	0,6	0,2
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	665	1,96	5,5	0,8	0,3
<i>Acer negundo</i> L.	8	658	2,06	5,8	0,9	0,3
<i>Acer platanoides</i> L.	8	658	1,80	5,1	0,8	0,3

Tableau 15. Le contenu en protéine des grains de seigle

Essences de BRF	Nombre d'échantillons,	M, grams	m	s	V, %	P, %
Dispositif n° 1 Bloc A						
Témoins	8	10,2	0,13	0,4	3,6	1,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	11,4	0,18	0,5	4,5	1,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	11,3	0,16	0,5	4,0	1,4
<i>Acer platanoides</i> L.	8	11,6	0,17	0,5	4,2	1,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	10,8	0,13	0,4	3,4	1,2
<i>Populus tremula</i> L.	8	11,0	0,19	0,5	4,8	1,7
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	11,1	0,18	0,5	4,5	1,6
<i>Salix caprea</i> L.	8	10,8	0,16	0,5	4,3	1,5
<i>Corylus avellana</i> L.	8	11,1	0,15	0,4	3,9	1,4
Dispositif n° 1 Bloc B						
Témoins	8	10,0	0,12	0,4	3,5	1,2
<i>Quercus robur</i> L.	8	11,7	0,19	0,5	4,6	1,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	11,5	0,19	0,6	4,8	1,7
<i>Acer platanoides</i> L.	8	11,8	0,16	0,5	3,9	1,4
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	10,8	0,14	0,4	3,6	1,3
<i>Populus tremula</i> L.	8	11,1	0,17	0,5	4,2	1,5
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	11,2	0,17	0,5	4,2	1,5
<i>Salix caprea</i> L.	8	10,9	0,15	0,4	3,9	1,4
<i>Corylus avellana</i> L.	8	11,4	0,19	0,5	4,7	1,6
Dispositif n° 2 Bloc A						
Témoins	13	9,4	0,13	0,5	5,1	1,4

<i>Quercus rubra</i> L.	8	10,0	0,13	0,4	3,7	1,3
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	10,5	0,13	0,4	3,4	1,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	10,2	0,17	0,5	4,6	1,6
<i>Corylus avellana</i> L.	8	9,2	0,12	0,3	3,5	1,2
<i>Salix caprea</i> L.	8	8,2	0,12	0,4	4,2	1,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	8,6	0,13	0,4	4,6	1,6
<i>Populus tremula</i> L.	8	8,1	0,13	0,4	4,6	1,6
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	9,3	0,16	0,5	4,7	1,7
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	9,9	0,13	0,4	3,8	1,3
<i>Quercus robur</i> L.	8	10,3	0,14	0,4	3,8	1,3
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	10,0	0,14	0,4	4,0	1,4
<i>Acer negundo</i> L.	8	9,7	0,16	0,4	4,5	1,6
<i>Acer platanoides</i> L.	8	9,8	0,16	0,4	4,4	1,7
Dispositif n° 2 Bloc B.						
Témoins	13	9,6	0,14	0,5	5,3	1,5
<i>Quercus rubra</i> L.	8	10,2	0,15	0,4	4,3	1,5
<i>Carpinus betulus</i> L.	8	10,4	0,14	0,4	3,9	1,4
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	8	10,5	0,17	0,5	4,5	1,6
<i>Corylus avellana</i> L.	8	9,1	0,14	0,4	4,4	1,6
<i>Salix caprea</i> L.	8	8,4	0,14	0,4	4,6	1,6
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	8	8,5	0,12	0,3	3,9	1,4
<i>Populus tremula</i> L.	8	8,3	0,12	0,4	4,2	1,5
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	8	9,2	0,13	0,4	4,1	1,4
<i>Tilia cordata</i> Mill.	8	9,9	0,15	0,4	4,3	1,5
<i>Quercus robur</i> L.	8	10,5	0,16	0,5	4,3	1,5
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	8	10,1	0,12	0,3	3,3	1,2
<i>Acer negundo</i> L.	8	9,8	0,15	0,4	4,4	1,6
<i>Acer platanoides</i> L.	8	9,7	0,14	0,4	4,1	1,5

80 • Le contenu protéique des grains du dispositif n° 2 a été légèrement moindre. Nous croyons que l'application des BRF était trop récente. Dans les deux blocs, 8 parcelles avaient des teneurs en protéines plus élevées par rapport aux parcelles témoins soit de 3,2% à 11,7% pour le bloc A et de 1,0% à 9,4% pour le bloc B. Comme précédemment le contenu protéique des grains a été plus élevé dans les parcelles de feuillus (*Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., etc.) Dans les blocs A et B, 5 parcelles ont fourni des résultats négatifs avec une diminution de 13,8% à 1,0% pour le bloc A et de 13,5% à 4,2%. Comme dans le dispositif n° 1, les résultats les moins bons ont été observés chez *Populus tremula* L. *Salix caprea* L. et *Betula verrucosa* Ehrh.. Six parcelles ont donné des résultats supérieurs dans le bloc B par rapport aux mêmes parcelles du bloc A. Par contre, 5 parcelles du bloc B donnèrent des résultats moindres que les mêmes du bloc A.

81 • À l'analyse, les indicateurs qualitatifs comme le poids aux 1000 grains, l'unité de volume et le contenu protéinique, on en arrive à la conclusion qu'il y a une augmentation dans les parcelles traitées aux BRF. Les meilleurs résultats apparaissent dans le dispositif n° 2 alors que la transformation en matière humique débute. La qualité des grains est à son meilleur dans les parcelles de feuillus comme *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., etc. auxquelles de petites quantités de litière forestière ont été ajoutées, apportant les microorganismes nécessaires au sol et favorisant un effet positif sur les indicateurs qualitatifs de la culture.

L'ANALYSE DE L'IMPACT DES BRF SUR LE SOL.

82 • En septembre 1998, nous avons procédé à une série d'analyses chimiques et physiques sur la partie arable du sol, soit sur les 20 premiers centimètres.

83 • On a déterminé les contenus humiques à l'aide de la méthode de Tiurin qui consiste à oxyder l'humus par une solution de bichromate de potassium dans l'acide sulfurique à l'aide d'un colorimètre pour en déterminer le chrome trivalent qui correspond à la teneur humique. Ainsi, la matière humique totale fut déterminée en même temps que le pH et la salinité.

84 • La fraction azotée a été déterminée sous sa forme hydrolysable selon la méthode de Cornfield. C'est l'hydrolyse des composés azotés organiques du sol en milieu alcalin en faisant réagir l'échantillon dans une solution normale de NaOH durant 48 heures à 26° C. Ainsi, l'ammoniaque libéré par le processus est absorbé dans de l'acide borique et déterminé par titration dans de l'acide sulfurique. Le phosphore et le potassium assimilables ont été déterminés par la méthode de Kirsanov basée sur les fractions extractibles par différents agents. Le phosphore a été déterminé par colorimétrie en utilisant le bleu de molybdène qui résulte de la réaction de l'acide phosphorique avec l'acide molybdénique. Pour sa part le potassium a été déterminé par un photomètre à flamme.

85 • Pour sa part, le manganèse échangeable du sol a été déterminé par la méthode de Vlasiuk et Leydenska, consistant à déplacer le manganèse échangeable à l'aide d'une solution d'acide sulfurique 0,1 normale dans la solution du sol selon le ratio de 1:10 en agitant durant une heure. Le manganèse par la suite est oxydé par du persulfate d'ammoniaque en acide permanganique, étant donné la disponibilité de l'acide phosphorique et du nitrate d'argent. Le tout a été mesuré au colorimètre en fonction de la densité de la solution.

86 • Les teneurs en calcium et magnésium échangeables ont été déterminées par une titration à un pH de 13,0 et utilisant le fluoroxone comme indicateur. L'impact du manganèse est éliminé en le réduisant par de l'hydroxylamine, tandis que celui du cuivre est éliminé en l'inactivant par le diéthylthiocarbamate. Le magnésium a été déterminé par une méthode complexométrique basée sur la différence entre (Ca^{++} Mg^{++}) et Ca^{++} contenu dans la solution.

87 • La somme des bases saturées du sol a été mesurée à l'aide de la méthode de Bobko-Askinazi telle que modifiée par Alioshyn. Cette méthode consiste à déplacer les bases saturées par une solution 1,0 normale d'acide sulfurique. Le contenu des électrolytes totaux a été mesuré par conductimétrie.

Tableau 16. Contenu total en substances organiques (CTSO) ainsi que le pH du dispositif n° 1

Espèces de BRF	Bloc	1998						1997		
		Humus%		CTSO		pH		Humus %	CTSO	pH
		M	m	M	m	M	m			
Témoins	A	1,91	0,04	2,1	0,06	6,5	0,05	1,61	1,9	6,6
	B	2,07	0,05	2,2	0,06	6,3	0,05	1,87	1,9	6,4
<i>Quercus robur L.</i>	A	2,43	0,06	2,5	0,09	5,8	0,06	1,39	1,9	6,2 B
	2,53	0,08	2,6	0,09	5,7	0,09	1,69	1,9	6,2	
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	A	2,56	0,08	2,6	0,08	6,1	0,08	1,57	2,3	6,5 B
	2,82	0,08	2,9	0,06	6,0	0,06	2,18	2,6	6,5	

<i>Acer platanoides</i> L.	A	2,42	0,07	2,5	0,09	6,4	0,11	1,93	0,11	6,8
	B	2,93	0,10	3,1	0,09	6,1	0,09	2,36	2,6	6,5
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	A	2,52	0,10	2,6	0,06	6,4	0,08	1,67	1,9	6,6 B
	2,84	0,07	3,0	0,11	6,0	0,08	1,81	2,0	6,1	
<i>Populus tremula</i> L.	A	2,58	0,09	2,7	0,08	6,4	0,08	1,64	2,3	6,6 B
	3,11	0,11	3,2	0,09	6,1	0,08	2,16	2,8	6,3	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	A	2,35	0,09	2,6	0,10	6,2	0,09	1,72	2,3	6,4
	B	2,95	0,09	3,3	0,11	5,9	0,11	2,76	3,1	6,2
<i>Salix caprea</i> L.	A	2,82	0,08	3,0	0,11	6,3	0,08	1,60	2,6	6,5
	B	3,12	0,11	3,2	0,09	6,1	0,06	2,28	3,0	6,2
<i>Corylus avellana</i> L.	A	2,46	0,05	3,2	0,08	5,8	0,09	1,44	3,1	6,2
	B	2,73	0,05	3,2	0,08	5,8	0,09	1,57	3,1	6,2

88 • Les résultats des analyses de sol apparaissent dans les tableaux 16 à 18. Pour fin de comparaison, nous avons ajouté les résultats obtenus en 1997 avec *Robinia pseudoacacia* L. *Quercus robur* L., et *Carpinus betulus* L..

89 • Comme le montre le tableau n° 16, les contenus en humus de toutes les parcelles sont faibles ou très faibles d'après la classification de Tiurin (voir annexe 2). De meilleurs résultats ont été obtenus dans le dispositif n° 1 après la deuxième récolte. Si l'on compare à l'année précédente, les teneurs en humus ont augmenté considérablement dans la majorité des parcelles. Dans le bloc A les plus grosses augmentations ont été enregistrées dans les parcelles de *Salix caprea* L. (74,8%), *Corylus avellana* L. (70,8%) et *Robinia pseudoacacia* L. (63,1%). Dans certaines parcelles l'augmentation des teneurs en humus fut moins spectaculaire. En particulier chez *Acer platanoides* L. (25,4%) et *Tilia cordata* Mill. (36,6%). Dans le bloc B, les augmentations ont été plus considérables chez *Corylus avellana* L. (73,9%) et beaucoup moindres chez *Tilia cordata* Mill. avec une augmentation minime de 6,9%

90 • Selon la classification des sols retenue, les parcelles traitées ont eu un contenu faible en humus alors que les témoins étaient plus faibles. Cependant, dès la seconde année dans les parcelles traitées, les teneurs en humus ont augmenté car il y a eu transformation des BRF. Il faut noter que chez les essences secondaires, les teneurs en humus ont augmenté⁵. Notons que toutes les parcelles du bloc B ont eu une teneur en humus plus élevée que celles du bloc A.

91 • De très bons résultats ont été obtenus dans le dispositif n° 2 comme le montre le tableau n° 17. Dans la plupart des parcelles, la teneur en humus est plus élevée que dans les parcelles témoins. Seules les parcelles de *Populus tremula* L., *Betula verrucosa* Ehrh. et *Corylus avellana* L. du bloc A, et *Acer negundo* L., du bloc B ont produit des résultats négatifs par rapport aux parcelles témoins. Les plus hauts taux d'humus du bloc A ont été obtenus avec *Tilia cordata* Mill. (+ 34,0%) et *Acer saccharinum* L. (+29,8%). Dans le bloc B ce sont *Salix caprea* L. (+72,8%) et *Betula verrucosa* Ehrh. (+58,5%). Dans la plupart des parcelles du bloc B, les taux d'humus furent plus élevés que dans les parcelles traitées du bloc A, ce qui, encore une fois, confirme les effets positifs des traitements aux BRF sur le contenu en humus du sol.

⁵ Il y aurait ici une contradiction entre la présence plus élevée d'«humus» et le fait que les essences secondaires donnent partout de moins bons résultats. Il faut revoir la méthode de mesure utilisée et surtout regarder le pool de polyphénols puisque ces essences contiennent moins de lignines que celles qui donnent de bons rendements (*Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., etc)

92 • Le tableau n° 16 rapporte les substances humiques totales du dispositif n° 1. Les données montrent une légère augmentation par rapport à l'année précédente. Pour le bloc A la parcelle de *Corylus avellana* L. montre une augmentation de 7,1% et de 17,4% pour *Populus tremula* L. . Pour le bloc B, cette variation se situe entre 3,2% pour *Corylus avellana* L. et 50,0% pour *Betula verrucosa* Ehrh.. **Cependant, une fois encore, les meilleurs résultats apparaissent au bloc B par opposition au bloc A.** Les contenus totaux en matière humique totale du bloc A furent enregistrés chez *Salix caprea* L. et *Corylus avellana* L. avec une augmentation de 42,9% pour les deux essences par rapport aux parcelles témoins. Des résultats inférieurs portant sur les substances humiques totales ont été notés chez *Quercus robur* L. et *Acer platanoides* L. avec une augmentation que de 19,1%⁶ par rapport aux parcelles témoins. Dans le bloc B, les meilleurs résultats furent mesurés dans la parcelle de *Tilia cordata* Mill. avec une augmentation de 50,0% par rapport aux parcelles témoins. Des résultats quasi analogues furent mesurés sur les parcelles de *Salix caprea* L. et *Corylus avellana* L. Les résultats de la parcelle de *Quercus robur* L. ont révélé le taux le plus bas comme dans le bloc A.

93 • Dans le dispositif n° 2 (voir le tableau n° 17), la matière humique totale a varié plus fortement que dans le dispositif n° 1 soit de 1,6% à 3,0% pour le bloc A et de 1,8% à 3,6% pour le bloc B. Pour le bloc A le contenu le plus élevé en matière humique a été noté dans la parcelle de *Corylus avellana* L. soit 66,7% de plus que dans les parcelles témoins. Elle est suivie de celle de *Carpinus betulus* L, avec une augmentation de 55,6%. Quant aux parcelles de *Robinia pseudoacacia* L. *Salix caprea* L., *Acer platanoides* L. et *Tilia cordata* Mill. avec leur augmentation n'a été que de 38,9% par rapport aux parcelles témoins. La plus faible teneur en substances humiques totales a été enregistrée dans la parcelle d'*Alnus glutinosa* Gaertn. avec 11,1%. par rapport aux parcelles témoins. Les résultats les moins bons ont été notés dans la parcelle d'*Acer negundo* L avec une contenu en matière humique totale de 5,6% par rapport aux parcelles témoins. Pour le bloc B, la meilleure performance a été mesurée dans la parcelle de *Corylus avellana* L. avec un taux supérieur de 89,5% par rapport aux parcelles témoins. **Les résultats mesurés dans la parcelle de *Salix caprea* L. se sont chiffrés par une augmentation de 84,2% par rapport aux parcelles témoins. Comme dans le bloc A, c'est avec *Alnus glutinosa* Gaertn. que l'augmentation a été la plus faible avec 5,3% par rapport aux témoins, qui a donné les résultats les moins bons.**

94 • Si on prend en compte les deux blocs du dispositif n° 2, c'est le bloc B qui a donné les meilleurs résultats en terme de substances humiques totales par rapport au bloc A.

Les variations du pH

95 • Quant au pH, il a varié de 5,7 à 6,8 soit près de la neutralité selon la classification (voir annexe 2) basée sur l'acidité et l'alcalinité.

96 • Dans les parcelles du dispositif n° 1, les valeurs du pH par rapport aux parcelles témoins. ont chuté. Pour sa part, le bloc A montra les variations de pH qui ont

⁶Ces observations nous incitent à penser que la méthode d'évaluation est inappropriée puisque ces essences ont donné les meilleures performances de toutes. La confusion serait au niveau de la mesure de la «matière organique» et celle de l'humus.

été de 5,8 à 6,4. Le pH le plus bas a été mesuré dans la parcelle de *Quercus robur* L. et le pH le plus élevé dans celles de *Populus tremula* L., *Betula verrucosa* Ehrh. et *Acer platanoides* L.. Quant au bloc B, les pH ont été légèrement inférieurs dans les parcelles témoins avec une variation de 5,7 à 6,1. Encore une fois, le pH le plus bas était dans la parcelle de *Quercus robur* L. et le plus élevé dans celles de *Salix caprea* L., *Populus tremula* L. et *Acer platanoides* L. Dans toutes les parcelles du bloc B, le pH a été plus bas que dans celles du bloc A. L'apport de petites quantités de litière forestière contenant des microorganismes utiles a contribué à maintenir un pH inférieur aux parcelles témoins. À titre de comparaison avec l'année précédente, le pH qui a chuté le plus était dans la parcelle de *Quercus robur* L. avec une baisse de 0,5 dans le bloc B et de 0,1 dans les parcelles de *Salix caprea* L. et *Betula verrucosa* Ehrh. du même bloc.

Tableau 17. Contenu en humus et en substances humiques totales (CTSO) et du pH du dispositif n° 2.

Espèces de BRF	Bloc	Humus %		(CTSO)		pH	
		M	m	M	m	M	M
Témoins	A	1,41	0,02	1,8	0,04	6,4	0,05
<i>Quercus rubra</i> L.	A	1,68	0,05	2,1	0,06	6,4	0,09
	B	1,47	0,02	1,9	0,04	6,6	0,06
<i>Carpinus betulus</i> L.	A	1,55	0,07	2,8	0,09	5,9	0,08
	B	1,96	0,07	2,6	0,09	5,9	0,09
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	A	1,46	0,05	2,5	0,05	6,0	0,06
	B	2,06	0,06	2,6	0,06	5,9	0,05
<i>Corylus avellana</i> L.	A	1,25	0,05	3,0	0,09	6,5	0,11
	B	1,99	0,55	3,6	0,13	6,3	0,10
<i>Salix caprea</i> L.	A	1,69	0,06	2,5	0,10	6,7	0,08
	B	2,54	0,04	3,5	0,11	6,7	0,10
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	A	1,23	0,04	2,1	0,06	6,6	0,09
	B	2,33	0,05	3,0	0,09	6,7	0,08
<i>Populus tremula</i> L.	A	1,21	0,04	2,4	0,09	6,8	0,11
	B	1,83	0,05	2,2	0,09	6,7	0,09
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	A	1,49	0,06	1,6	0,07	6,5	0,11
	B	1,62	0,05	1,8	0,06	6,4	0,09
<i>Tilia cordata</i> Mill.	A	1,89	0,06	2,5	0,10	6,5	0,06
	B	1,63	0,07	2,3	0,09	6,3	0,09
<i>Quercus robur</i> L.	A	1,67	0,05	2,0	0,05	6,2	0,09
	B	2,21	0,05	2,6	0,10	6,0	0,09
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	A	1,84	0,05	1,9	0,07	6,5	0,09
	B	2,06	0,06	2,5	0,11	6,3	0,06
<i>Acer negundo</i> L.	A	1,57	0,04	1,7	0,07	6,4	0,08
	B	1,44	0,05	2,6	0,09	6,3	0,09
<i>Acer platanoides</i> L.	A	1,55	0,08	2,5	0,09	6,2	0,06
	B	1,69	0,06	2,3	0,09	6,4	0,11

97 • Il en va autrement des variations du pH du dispositif n° 2 (voir tableau 17). Dans le bloc A, les mesures ont révélé des sols plus acides pour les quatre parcelles de *Carpinus betulus* L, *Robinia pseudoacacia* L, *Acer platanoides* L. ainsi que *Quercus robur* L. mais légèrement moindres dans les parcelles témoins. Pour *Quercus rubra* L. et *Acer negundo* L. les valeurs ont été identiques à celles des parcelles témoins. Pour les sept autres parcelles, le pH a été inférieur aux parcelles témoins. **Dans la plupart des parcelles du bloc B le pH fut plus acide de 0,1 à 0,2 par rapport au bloc A⁷.**

⁷ On peut s'interroger sur la valeur réelle des chiffres produit ici, bien que nous ne doutons pas de la qualité des prises de données. Le pH étant une expression logarithmique de la dissociation des ions H⁺ et OH⁻ plusieurs auteurs pensent que des variations égales ou inférieures à 0,5 ne sont pas significatives

98 • Les tableaux n° 18 et 19 contiennent les données portant sur le comportement de l'azote, du phosphore, du potassium et du manganèse des dispositifs expérimentaux.

L'azote assimilable

99 • Comme le montre le tableau 18, l'azote hydrolysé dans le dispositif n° 1 n'a que peu augmenté en comparaison de l'année 1997. Toutefois, il est demeuré très faible par rapport à la classification (annexe 2). Il faut noter que le bloc B a montré de meilleures performances que le bloc A à cet égard. Dans le bloc A, c'est la parcelle traitée avec *Corylus avellana* L. qui a montré le meilleur résultat avec une augmentation de 24,0 mg/kg de sol soit 38,6%, tandis que la plus faible fut mesurée chez *Betula verrucosa* Ehrh. avec 12,2 mg/kg de sol ou 17,8%. Dans le bloc B, c'est *Populus tremula* L. que la meilleure augmentation en azote hydrolysé a été observée avec 24,0 mg/kg de sol soit 37,7% alors que la plus faible augmentation a été de 8,8 mg/kg de sol ou 4,3% chez *Betula verrucosa* Ehrh..

Tableau 18. Les contenus en azote hydrolysé, phosphore et potassium assimilable ainsi que le manganèse échangeable du dispositif n° 1, exprimé en mg/kg de sol.

Essences de BRF	Bloc	1998								1997			
		N		P		K		Mn		N	P	K	Mn
		M	m	M	m	M	m	M	m				
Témoins	A	76,6	1,6	108,0	1,6	56,0	1,3	106,1	1,4	74,2	103,3	80,8	102,8
	B	73,4	1,6	106,0	1,1	54,1	1,3	109,2	1,7	68,3	101,4	79,3	104,5
<i>Quercus robur</i> L.	A	80,3	2,4	156,3	3,4	82,3	3,0	93,7	2,2	67,7	122,0	110,0	78,3
	B	80,6	2,0	149,8	3,6	76,5	2,8	94,3	2,3	61,6	110,0	105,5	84,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	A	78,4	2,1	124,3	3,0	79,8	2,4	108,3	2,5	63,7	128,0	119,0	117,7
	B	89,0	2,0	130,3	3,2	68,8	2,3	123,7	2,4	68,5	120,0	108,0	117,0
<i>Acer platanoides</i> L.	A	94,6	1,8	138,0	3,4	73,5	2,9	119,6	2,0	79,1	118,5	88,8	110,0
	B	94,9	2,3	130,3	3,0	79,3	2,9	133,3	2,5	71,4	107,8	101,5	109,0
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	A	80,8	2,4	117,8	3,1	55,8	2,3	127,8	2,5	68,6	107,8	73,5	123,0
	B	86,5	2,0	120,0	3,4	64,5	3,5	127,2	2,4	77,7	105,5	99,5	114,0
<i>Populus tremula</i> L.	A	77,9	2,4	118,3	3,6	64,0	2,7	114,6	2,6	63,0	109,3	87,5	109,0
	B	87,7	1,6	114,8	3,3	67,0	3,2	123,5	2,6	63,7	98,3	90,8	118,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	A	89,4	2,5	129,5	4,0	58,8	2,3	115,8	2,4	70,7	123,5	71,5	111,5
	B	92,6	2,5	125,3	3,9	62,5	2,1	130,7	2,6	68,6	115,3	95,0	128,3
<i>Salix caprea</i> L.	A	87,7	2,7	115,3	3,8	57,5	2,5	117,4	2,6	65,8	100,3	61,0	101,0
	B	91,8	2,3	117,0	3,8	61,3	2,3	127,2	2,6	81,2	107,8	83,3	111,0
<i>Corylus avellana</i> L.	A	89,1	2,2	97,8	2,8	45,0	1,8	112,1	2,4	64,3	86,5	56,0	107,5
	B	95,8	2,4	103,8	2,5	59,0	2,0	122,7	2,4	77,7	87,3	73,5	
		118,3											

100 • En comparaison avec les parcelles témoins, le contenu en azote hydrolysé des blocs A et B fut quelque peu supérieur. Dans le bloc A c'est *Acer platanoides* L. avec une augmentation de 20,0 mg/kg de sol ou 23,5% qui a été la meilleure, tandis que dans le bloc B ce fut *Corylus avellana* L. avec 22,2 mg/kg de sol ou 30,0% d'augmentation.

101 • Dans les parcelles du dispositif n° 2, les teneurs en azote hydrolysé ont été inférieures. Dans le bloc A, seules cinq parcelles eurent des teneurs légèrement supérieures variant de 4,9% à 7,2%. Dans toutes les autres parcelles, les teneurs ont été inférieures aux parcelles témoins. Les meilleures teneurs ont été chez *Robinia*

pseudoacacia L. et *Tilia cordata Mill.* alors que la plus faible fut celle d'*Alnus glutinosa Gaertn.*

102 • Pour ce qui est des indicateurs dans le bloc B du dispositif n° 2, les résultats avaient été quelque peu meilleurs. Dans neuf parcelles, les contenus en azote hydrolysé ont été supérieurs aux témoins. C'est la parcelle de *Tilia cordata Mill.* avec une augmentation de 11,7 mg/kg de sol ou 18,7% qui a été la meilleure par rapport aux parcelles témoins. Dans quatre parcelles de ce bloc les taux d'azote hydrolysé ont été plus bas que dans les parcelles témoins allant de -6,1% à -0,8%. **La valeur la plus faible fut encore une fois enregistrée dans la parcelle d'*Alnus glutinosa Gaertn.* Toutes les parcelles à l'exception de celle de *Carpinus betulus L.* ont montré des résultats supérieurs aux parcelles du bloc A.**

Tableau 19. Les contenus en azote hydrolysé, phosphore et potassium assimilable ainsi que le manganèse échangeable du dispositif n° 2, exprimé en mg/kg de sol.

Essences de BRF	Bloc	N		P		K		Mn	
		M	m	M	m	M	m	M	m
Témoins	A	61,4	0,9	57,9	0,9	35,6	0,8	84,4	1,2
	B	62,5	1,0	60,6	1,0	32,9	0,8	84,8	1,0
<i>Quercus rubra L.</i>	A	61,1	2,0	44,5	1,7	56,0	2,3	95,8	4,5
	B	70,7	2,2	64,8	1,9	54,8	2,2	91,4	2,3
<i>Carpinus betulus L.</i>	A	61,8	2,4	60,3	1,8	80,8	3,4	91,4	2,4
	B	61,6	2,1	70,3	1,9	74,3	2,8	103,2	2,3
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	A	65,8	1,4	52,3	1,0	40,3	1,2	80,8	1,5
	B	67,4	1,5	59,8	0,9	49,4	1,2	95,3	1,6
<i>Corylus avellana L.</i>	A	58,8	2,0	62,0	1,7	50,0	2,3	85,1	2,9
	B	66,9	2,3	102,5	2,5	64,5	2,5	99,7	2,4
<i>Salix caprea L.</i>	A	58,9	1,8	67,5	1,8	59,3	1,9	87,3	2,2
	B	69,0	1,8	91,8	2,1	69,3	2,4	101,6	2,6
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	A	56,7	2,4	59,5	2,2	45,3	1,7	91,1	2,5
	B	67,0	2,3	90,0	2,3	66,8	2,9	97,5	3,1
<i>Populus tremula L.</i>	A	64,4	2,3	70,0	2,1	46,3	2,1	90,5	2,1
	B	69,3	1,8	64,5	1,7	38,3	1,8	103,4	2,1
<i>Alnus glutinosa Gaertn.</i>	A	52,5	2,1	58,3	1,8	57,5	2,5	92,1	2,3
	B	58,7	2,5	73,3	1,9	54,5	2,2	100,4	2,5
<i>Tilia cordata Mill.</i>	A	65,8	2,4	51,0	1,5	44,3	2,1	86,2	2,3
	B	74,2	2,4	66,3	1,7	55,0	2,1	91,0	2,4
<i>Quercus robur L.</i>	A	4,4	2,0	52,3	1,5	41,0	1,9	80,2	2,2
	B	68,6	1,8	84,3	1,8	47,8	2,3	88,4	2,5
<i>Acer sacchaum Marsh.</i>	A	60,2	1,8	43,8	1,1	38,3	1,9	82,1	2,3
	B	62,0	2,2	54,5	1,6	40,0	1,5	89,3	2,8
<i>Acer negundo L.</i>	A	56,7	2,4	48,8	1,3	40,5	1,7	90,6	2,4
	B	58,8	2,0	50,3	1,3	42,3	1,8	92,9	2,4
<i>Acer platanoides L.</i>	A	56,7	2,4	51,8	1,5	17,0	1,9	98,6	2,7
	B	68,4	2,1	84,4	2,1	48,5	1,9	95,2	2,3

Le phosphore assimilable

103 • Les teneurs en phosphore assimilable ont varié considérablement (voir les tableaux 18 et 19). selon les dispositifs. Selon notre classification (voir annexe 2), le contenu en phosphore mobile du dispositif n° 1 a été plus élevé que la normale dans toutes les parcelles. **Une seule exception a été observée dans deux parcelles du bloc A dont celle de *Corylus avellana* L. avec -9,4% par rapport aux parcelles témoins et elle était la valeur minimum dans le dispositif n° 1, tandis que chez *Quercus robur* L. l'augmentation était de 44,7% plus élevée que les parcelles témoins, et ce fut la valeur maximale reconnue dans le dispositif n° 1. Dans le bloc B, c'est également la parcelle de *Quercus robur* L. qui fut la meilleure avec une augmentation du phosphore mobile de 41,3% par rapport aux parcelles témoins. La meilleure essence en second lieu fut celle d'*Acer platanoïdes* L. (comme dans le bloc A), tandis que la moins performante a été celle de *Corylus avellana* L. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les parcelles des deux blocs.**

104 • Par rapport à l'année précédente, le phosphore assimilable du dispositif n° 1 a augmenté sauf dans la parcelle de *Robinia pseudoacacia* L. du bloc A mais ce fut dans des proportions modestes. Le plus haut indice a été mesuré dans la parcelle de *Quercus robur* L. avec une augmentation de 28,1% pour le bloc A et de 36,2% pour le bloc B par rapport aux parcelles témoins.

105 • Selon notre classification (annexe 2), le phosphore assimilable du dispositif n° 2 est bas dans le bloc A, et moyen dans le B, avec une exception à la hausse. Les indices sont meilleurs dans le dispositif n° 1 par opposition au dispositif n° 2. **Dans les deux blocs des valeurs supérieures ont été observées dans les parcelles d'essences secondaires comme *Populus tremula* L. *Salix caprea* L. et *Corylus avellana* L. avec 20,9% supérieure aux parcelles témoins.** Les contenus en phosphore assimilable furent plus faibles dans les parcelles d'*Acer saccharinum* L. avec -24,3% et de *Quercus rubra* L. -23,1% par rapport aux parcelles témoins. Toutes les parcelles du bloc B, à l'exception de *Populus tremula* L., ont eu des teneurs en phosphore mobile bien plus élevées que les parcelles du bloc A. Le meilleur contenu en phosphore assimilable a été obtenu dans la parcelle de *Corylus avellana* L. soit 69,9% de plus que dans les parcelles témoins. Seules trois parcelles du bloc A ont fourni des indices inférieurs aux parcelles témoins, soit de -1,3% à -17,0%.

Le potassium assimilable

106 • L'année dernière dans toutes les parcelles du dispositif n° 1 traitées aux BRF y compris les parcelles témoins, la disponibilité du potassium assimilable a diminué considérablement (voir le tableau n° 18). Le minimum mesuré l'a été dans la parcelle de *Robinia pseudoacacia* L. du bloc B avec une diminution de 39,2 mg/kg de sol ou 36,3% par rapport aux parcelles témoins. Une chute notable du potassium assimilable a été observée dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. et *Tilia cordata* Mill. du bloc B. C'est dans la parcelle de *Salix caprea* L du bloc A que le potassium a le moins varié soit de 3,5 mg/kg de sol ou -5,7%.

107 • Il pourrait y avoir deux raisons importantes pour cette diminution du potassium assimilable, la première serait dû à l'entraînement dans les horizons inférieurs

du sol lors de fortes précipitations durant la période de végétation et la seconde, une utilisation intense de cet élément par le seigle lui-même.

108 • En comparant le potassium assimilable dans les parcelles traitées par rapport aux parcelles témoins du dispositif n° 1, on observe une augmentation résultant de l'apport des BRF. Le contenu en potassium assimilable mesuré dans la parcelle de *Quercus robur* L. du bloc A a été de 47,0% supérieur aux parcelles témoins. L'essence suivante a été *Robinia pseudoacacia* L. avec une augmentation de 42,5%. Par contre, la parcelle de *Corylus avellana* L. du bloc A a montré un déficit de -19,6% par rapport aux parcelles témoins.

109 • Les parcelles du bloc B, sans exception, ont eu un contenu plus élevé en potassium assimilable que les parcelles témoins. Comme dans le bloc A les meilleurs teneurs ont été notées dans les parcelles de feuillus comme *Acer platanoides* L. avec une augmentation de 46 % et *Quercus robur* L. avec 41,4% de plus que les parcelles témoins. **Dans 6 parcelles du bloc B, le potassium assimilable était plus élevé que dans les parcelles correspondantes du bloc A. Ces résultats confirment encore une fois, la pertinence d'ajouter de petites quantités de litière forestière.**

110 • À peu de chose près, les mêmes teneurs en potassium assimilable ont été notées dans le dispositif n° 1 que dans le n° 2. Selon notre classification, ces parcelles sont considérées comme ayant une faible teneur en potassium assimilable ou une très faible. Néanmoins, une augmentation considérable du potassium assimilable a été observée par rapport aux parcelles témoins, tout particulièrement dans le bloc B. Dans le bloc A, la valeur la plus élevée a été mesurée chez *Carpinus betulus* L. avec une augmentation de 127% par rapport aux témoins alors que l'augmentation la plus faible a été observée chez *Acer saccharinum* L. avec 7,6% de plus que les parcelles témoins. Dans le bloc B, la plus forte augmentation a été observée chez *Carpinus betulus* L. avec +225% par rapport aux parcelles témoins. Des indices moindres ont été mesurés chez *Salix caprea* L. avec une augmentation de 110,6%, et dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. avec une augmentation de 103,0% par rapport aux parcelles témoins. Le bloc B compte 9 parcelles avec un contenu en potassium assimilable plus élevé que dans le bloc A.

Le manganèse échangeable

111 • Dans les parcelles expérimentales, le contenu très élevé en manganèse échangeable a varié de 80,2 à 133,3 mg/kg de sol. Si l'on compare les relevés de la première année à la seconde, dans le dispositif n° 1, les indicateurs ont augmenté de 1,9% à 22,3% passant de 93,7 à 127,8 mg/kg de sol. Une augmentation de 3,2% fut également mesurée dans les parcelles témoins. Ce sont les parcelles traitées avec des BRF de *Betula verrucosa* Ehrh., *Acer platanoides* L. et *Salix caprea* L., qui montrèrent les plus fortes augmentations de manganèse échangeable allant de +10,7% à +20,5%. Les plus faibles augmentations ont été observées chez *Robinia pseudoacacia* L. avec +2,1% et chez *Corylus avellana* L. avec +5,7% par rapport aux parcelles témoins, **alors**

que l'application de BRF de *Quercus robur* L. a montré une baisse de 11,7% du manganèse échangeable⁸ par rapport aux parcelles témoins.

112 • C'est dans le bloc B que la plus forte augmentation du manganèse échangeable a été notée dans les parcelles d'*Acer platanoides* L. (+21,1%) et celle de *Tilia cordata* Mill. (+19,7%) alors que les augmentations les plus faibles ont été observées dans les parcelles traitées avec *Corylus avellana* L. (+12,4%) et *Populus tremula* L. (+13,1%). **Dans le dispositif n° 1, dans les parcelles de *Quercus robur* L. la diminution du manganèse échangeable a été de 13,4%.** Seules les parcelles traitées avec *Betula verrucosa* Ehrh. dans les deux blocs A et B n'ont pas varié.

113 • Dans le dispositif n° 2, les quantités de manganèse échangeable ont été plus réduites que dans le dispositif n° 1, allant de 82,1 à 103,4 mg/kg de sol. La plus forte teneur en manganèse échangeable a été mesurée dans la parcelle d'*Acer platanoides* L. du bloc A avec une augmentation de 16,8% alors que la plus faible augmentation l'a été chez *Corylus avellana* L. avec +0,8%. On observe une réduction du manganèse échangeable dans les parcelles d'*Acer saccharinum* L., *Robinia pseudoacacia* L., et *Quercus robur* L. soit de 2,7% à 5,0% par rapport aux parcelles témoins. Pour sa part, les teneurs en manganèse échangeable du bloc B où de petites quantités de litière forestière a été appliquée ont augmenté systématiquement dans toutes les parcelles soit de 4,2% à 7,3%. comme dans les parcelles de *Quercus robur* L., *Acer saccharinum* L. et *Tilia cordata* Mill. alors que celles de *Carpinus betulus* L. et *Salix caprea* L. montraient une augmentation allant de 19,8% à 22,8%. Quant à *Quercus rubra* L. et *Acer platanoides* L., nous avons noté une diminution plus marquée dans le bloc B par rapport au bloc A.

Le calcium échangeable

114 • Selon la classification retenue, les résultats situent le calcium échangeable dans la catégorie «très pauvre» c'est-à-dire, moins de 2,5 milléquivalents par 100 g. de sol, ou «pauvre» allant de 2,6 à 5,0 milliéquivalents par 100 g. de sol. (voir annexe n° 2).

115 • Dans le dispositif n° 2, le calcium échangeable a fluctué entre 2,0 et 4,4 milliequivalents par 100 g. de sol comme l'indique le tableau n° 20. Dans le bloc A, la plus haute teneur a été mesurée dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. avec +10% et *Acer platanoides* L. avec +3,3% par rapport aux parcelles témoins. Pour sa part, avec *Populus tremula* L. aucune modification n'a été notée par rapport aux parcelles témoins. Par contre, on a observé une diminution dans la parcelle de *Salix caprea* L. (-10,0%) et dans celle de *Quercus robur* L. (33,3%). Les teneurs en calcium échangeable ont été supérieures dans le bloc B et en particulier dans le cas des parcelles d'*Acer platanoides* L., *Populus tremula* L., *Robinia pseudoacacia* L. et *Tilia cordata* Mill. où les teneurs en calcium échangeable ont été supérieures aux parcelles témoins de 11,4% à 25,7%. Dans les parcelles traitées avec des BRF de *Betula verrucosa* Ehrh., il n'y a pas eu de différence avec les parcelles témoins. Par contre une diminution du calcium échangeable a été mesurée dans les parcelles de *Salix caprea* L. (-2,9%), *Corylus avellana* L. (-5,7%) et *Quercus robur* L. (-14,3%). **Dans toutes les parcelles du bloc B, les résultats ont été meilleurs que dans le bloc A.** Si l'on compare les deux années, il

⁸Nous savons depuis longtemps que le manganèse échangeable est responsable de plusieurs perturbations en particulier en tant qu'élément toxique pour la germination de plusieurs plantes tout en affectant le processus de nutrition de ces dernières. Il se complexifie rapidement aux lignines et à leurs dérivés.

faut convenir que les données ont changé de façon notable. Les parcelles témoins des deux dispositifs ont augmenté de l'ordre de 25%. Dans cinq parcelles les teneurs les plus élevées en calcium échangeable ont été celles de *Robinia pseudoacacia* L., *Acer platanoides* L., *Betula verrucosa* Ehrh., *Populus tremula* L. et *Salix caprea* L. allant de +8,0% à +20,0%. Dans les autres parcelles la diminution a été de -16,0% à -20,7%. De meilleurs résultats ont été mesurés dans le bloc B que dans le bloc A avec une augmentation de 7,1% pour *Quercus robur* L. et de 78,3% pour *Robinia pseudoacacia* L..

Le magnésium échangeable

116 • Dans les deux dispositifs, le contenu en magnésium échangeable a été très bas (voir la classification des sols, annexe n° 2)

117 • Dans le dispositif n° 1, l'indice a fluctué entre 0,4 et 0,7 milliéquivalents par 100 g de sol (voir le tableau n° 20). La meilleure teneur en magnésium échangeable du bloc A a été mesurée dans la parcelle d'*Acer platanoides* L. soit 0,2 milliéquivalents par 100 g de sol soit une augmentation de 40% par rapport aux parcelles témoins. Dans les parcelles traitées avec des BRF de *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. et *Betula verrucosa* Ehrh., le magnésium échangeable a été supérieur de 20% aux parcelles témoins. Par contre, dans la parcelle de *Corylus avellana* L. on a noté une diminution de 20% par rapport aux témoins. Dans le bloc B, les meilleures teneurs en magnésium échangeable l'on été sur les parcelles d'*Acer platanoides* L. et de *Betula verrucosa* Ehrh. (+ 50%) par rapport aux parcelles témoins. Dans cinq autres parcelles du bloc B, les teneurs ont été de 25% supérieures aux parcelles témoins, sauf chez *Tilia cordata* Mill. où les résultats ont été identiques aux parcelles témoins.

118 • En comparant les résultats de la première année avec la seconde, on constate une amélioration en 1998 dans le bloc A. Dans six parcelles les résultats ont été mesurés et les augmentations ont varié de 20,0% à 66,7% et la meilleure parcelle a été celle traitée avec des BRF de *Tilia cordata* Mill.. Dans quatre parcelles du bloc B, l'augmentation en magnésium échangeable a été de 20,0% à 25,0% tandis que dans les autres aucune variation n'a été notée.

119 • Dans le dispositif n° 2, le magnésium échangeable s'est amélioré. Ainsi, dans les parcelles traitées avec *Acer saccharinum* L., il y a eu 0,8 milliéquivalent /100 g. de sol et avec *Quercus rubra* L. et *Betula verrucosa* Ehrh. du bloc A, les teneurs ont été de 0,3 à 0,8 milliéquivalent/ 100 g. de sol. Les meilleurs résultats de ce bloc ont été enregistrés dans la parcelle de *Carpinus betulus* L. qui a été de 50% supérieure aux parcelles témoins. Dans le bloc B, c'est encore *Acer saccharinum* L. qui a donné les meilleurs résultats avec 30% de mieux que les parcelles témoins. On a observé une réduction de 25% du magnésium échangeable par rapport aux parcelles témoins dans trois parcelles du bloc A. La même tendance a été observée dans le bloc B avec une réduction de 20% inférieure aux parcelles témoins. En les comparant, on constate que les huit parcelles traitées ont donné de meilleurs résultats dans le bloc B alors que trois autres n'ont pas varié.

Les électrolytes

120 • La concentration en électrolytes totaux n'a pas varié de façon significative soit de 0,016% à 0,026% (voir tableaux 20 et 21).

Tableau 20. La teneur en calcium et magnésium assimilables dans le sol ainsi que les électrolytes totaux du dispositif expérimental n ° 1

Essences de BRF	Bloc	1998				1997			
		Ca mg/		Mg, mg/		Électr.		Ca mg/	
		100 g sol		100 g sol		concentration%		100 g soi	
M	m	M	m	M	m	M	m	M	m
Témoins	A	3,0	0,06	0,5	0,02	0,021	0,0004	2,4	0,4
	B	3,5	0,06	0,4	0,03	0,020	0,0004	2,8	0,4
<i>Quercus robur L.</i>	A	2,0	0,09	0,6	0,03	0,017	0,0006	2,5	0,5
	B	3,0	0,11	0,5	0,03	0,021	0,0006	2,8	0,4
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	A	2,5	0,09	0,6	0,04	0,020	0,0008	2,3	0,5
	B	4,1	0,09	0,5	0,03	0,022	0,0009	2,3	0,5
<i>Acer platanoides L.</i>	A	3,1	0,09	0,7	0,03	0,025	0,0009	2,3	0,5
	B	4,4	0,09	0,6	0,03	0,021	0,0006	2,8	0,5
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	A	3,3	0,11	0,6	0,03	0,025	0,0009	2,9	0,4
	B	3,5	0,06	0,06	0,04	0,020	0,0006	2,8	0,5
<i>Populus tremula L.</i>	A	3,0	0,09	0,5	0,03	0,017	0,0006	2,5	0,5
	B	4,2	0,11	0,5	0,03	0,026	0,0011	3,1	0,5
<i>Tilia cordata Mill.</i>	A	2,5	0,06	0,5	0,03	0,019	0,0009	2,8	0,3
	B	3,9	0,09	0,4	0,03	0,020	0,0006	2,9	0,4
<i>Salix caprea L.</i>	A	2,7	0,09	0,5	0,04	0,021	0,0009	2,5	0,5
	B	3,4	0,06	0,5	0,04	0,021	0,0007	2,5	0,5
<i>Corylus avellana L.</i>	A	2,1	0,06	0,4	0,03	0,016	0,0007	2,5	0,4
	B	3,3	0,09	0,5	0,03	0,019	0,0009	2,9	0,04

Tableau 21. La teneur en calcium et magnésium assimilables dans le sol ainsi que les électrolytes totaux du dispositif expérimental n ° 2

Essences de BRF	Bloc	Ca, mg/100 g de sol		Mg, mg/100 g. de sol		Électrolytes totaux %	
		M	m	M	m	M	M
Témoins	A	2,1	0,03	0,4	0,02	0,020	0,0004
	B	2,6	0,04	0,4	0,02	0,020	0,0005
<i>Quercus rubra L.</i>	A	1,7	0,10	0,3	0,03	0,020	0,0006
	B	2,6	0,08	0,5	0,03	0,025	0,0009
<i>Carpinus betulus L.</i>	A	1,9	0,07	0,6	0,03	0,015	0,0007
	B	2,1	0,06	0,5	0,04	0,020	0,0006
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	A	1,9	0,05	0,4	0,03	0,020	0,0004
	B	2,5	0,04	0,4	0,02	0,021	0,0004
<i>Corylus avellana L.</i>	A	2,9	0,06	0,5	0,04	0,021	0,0006
	B	3,0	0,08	0,6	0,03	0,025	0,0009
<i>Salix caprea L.</i>	A	2,4	0,07	0,5	0,03	0,022	0,0009
	B	2,8	0,06	0,7	0,06	0,026	0,0009
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	A	2,2	0,09	0,4	0,03	0,025	0,0009
	B	3,2	0,09	0,6	0,03	0,025	0,0009
<i>Populus tremula L.</i>	A	2,3	0,11	0,4	0,04	0,025	0,0011
	B	3,3	0,10	0,4	0,04	0,026	0,0009
<i>Alnus glutinosa Gaertn.</i>	A	1,9	0,09	0,4	0,03	0,020	0,0006
	B	1,5	0,09	0,4	0,04	0,026	0,0011
<i>Tilia cordata Mill.</i>	A	2,1	0,06	0,5	0,03	0,020	0,0007
	B	2,4	0,06	0,4	0,03	0,023	0,0009
<i>Quercus robur L.</i>	A	2,4	0,08	0,5	0,03	0,021	0,0009
	B	2,0	0,11	0,4	0,03	0,023	0,0009
<i>Acer saccharum Marsh.</i>	A	2,0	0,13	0,4	0,03	0,020	0,0006

	B	3,0	0,11	0,7	0,03	0,021	0,0009
<i>Acer negundo</i> L.	A	1,8	0,08	0,5	0,03	0,020	0,0006
	B	2,4	0,10	0,4	0,04	0,019	0,0007
<i>Acer platanoides</i> L.	A	1,7	0,09	0,3	0,03	0,022	0,0009
	B	2,5	0,10	0,5	0,03	0,025	0,0009

121 • Les résultats du dispositif n° 1 sont remarquables. L'augmentation des indicateurs reflétant la concentration des électrolytes totaux, comparés à l'année précédente, sont caractéristiques également des parcelles témoins. À notre avis, ceclà été causé par une seconde minéralisation des couches arables par la montée des sels depuis les horizons inférieurs vers la surface. Les conditions climatiques de l'été en seraient la cause par l'alternance de conditions froides et humides avec des périodes chaudes et sèches.

122 • La minéralisation a été évidente dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. des blocs A et B avec une augmentation des électrolytes totaux de 108,3%. et de *Populus tremula* L. du bloc B, qui lui a augmenté de 81,8%. Les électrolytes ont également augmenté de 1,5 fois dans les parcelles témoins. Les moindres augmentations ont été mesurées dans les parcelles de *Corylus avellana* L. (+7,1%), *Quercus robur* L. (+13.3%) et *Robinia pseudoacacia* L.(+25,0%).

123 • En comparant les concentrations en électrolytes totaux des parcelles expérimentales et des parcelles témoins, nous arrivons aux conclusions suivantes: dans le bloc A, les plus hautes valeurs ont été observées dans les parcelles d'*Acer platanoides* L. et de *Betula verrucosa* Ehrh. avec des concentrations supérieures de 19,1% aux parcelles témoins. **Le plus haut taux de minéralisation a été observé dans la parcelle de *Populus tremula* L. du bloc B avec un indice supérieur de 30% aux parcelles témoins.** Dans cinq parcelles du bloc A (*Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. et *Robinia pseudoacacia* L.), la minéralisation a été moindre que dans les parcelles témoins passant de -23.8% à -4,8%. Dans le bloc B, seul *Corylus avellana* L. montra un indice de minéralisation inférieur aux parcelles témoins avec -5,0% Le bloc A comptait 5 parcelles ayant des concentrations en électrolytes moindres que les mêmes du bloc B.

124 • Dans le dispositif n° 2, les résultats en électrolytes ont été presque analogues au dispositif n° 1. c'est-à-dire entre 0,015% et 0,026%. Il en fut de même pour les parcelles témoins. Le plus haut taux de minéralisation a été noté dans les parcelles de *Betula verrucosa* Ehrh. et *Populus tremula* L. du bloc A, avec 0,025% alors que plus le bas le fut dans la parcelle de *Carpinus betulus* L. avec une concentration de 0,015% en électrolytes. Dans le bloc B les plus fortes concentrations en électrolytes ont été observées dans les parcelles traitées avec des BRF de *Salix caprea* L., *Populus tremula* L. et *Alnus glutinosa* Gaertn. avec 0,026%. Les concentrations en électrolytes les plus faibles, comme dans le bloc A, l'ont été avec *Carpinus betulus* L. et *Acer platanoides* L. avec 0,020%. Il est intéressant de noter que 11 parcelles du bloc A ont montré des concentrations en électrolytes inférieures aux mêmes parcelles du bloc B. **Il faut en conclure que l'introduction de petites quantités de litière forestière n'a pas contribué à la minéralisation dans les bloc A et B également.**

125 • En regardant de près l'influence des BRF, on arrive à la conclusion que les conditions du sol sont largement améliorées. Comme prévu, les meilleures conditions ont été obtenues dans le dispositif n° 1 avec un contenu en humus, en «matière organique», en azote hydrolysé, en phosphore assimilable, en calcium et magnésium échangeables, etc. La majorité des indices ont été supérieurs dans le bloc B par rapport au bloc A. Ceci confirme la pertinence d'ajouter de petites quantités de litière forestière aux BRF. Nous avons mesuré de faibles augmentations non significatives d'éléments échangeables comme le manganèse. Toutefois, la chute du manganèse échangeable dans les parcelles de *Quercus robur* L. a été mesurée pendant la première et la deuxième année.

126 • L'amélioration des conditions du sol ont été plus importantes dans le dispositif n° 2. Ceci peut être expliqué par une application très récente des BRF dans le bloc 1. Dès la fin de l'an prochain, on pourra constater des améliorations significatives lors des analyses.

L'ÉTAT SANITAIRE DES GRAINS DE SEIGLE DANS LES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

127 • Dès la récolte du seigle terminée on a procédé à l'analyse de l'état sanitaire des grains selon la méthodologie décrite précédemment. Voyons maintenant les résultats apparaissant aux tableaux 22 et 23.

128 • La majorité des grains a été parasitée par des fungus pathogènes. Il en va de même dans toutes les régions d'Ukraine pour la majorité des cultures d'après les recherches menées par l'Institut de Microbiologie et de Virologie de l'Académie des Sciences d'Ukraine. La cause tient en grande partie aux conditions climatiques durant les périodes de végétation comme de longues périodes froides et humides favorisant le développement des fungus pathogènes.

Tableau 22. Les pertes causées par les micromycètes⁹ après la récolte dans le dispositif expérimental n° 1 exprimées en pourcentage

(I - *Quercus robur* L., II - *Robinia pseudoacacia* L., III - *Acer platanoides* L., IV - *Betula verrucosa* Ehrh., V - *Populus tremula* L., VI - *Tilia cordata* Mill., VII - *Salix Caprea* L., VIII - *Corylus avellana* L.)

N	Micromycetes	Bloc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Témoins
1	<i>Fusarium sporotriche</i> Ila var. <i>Poae Bilai</i>	A	22,1	40,0		52,0	50,3	40,5	25,0	0,20	36,0
		B	27,7	45,0		40,0	45,0	32,0	30,0	45,0	33,0
2	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	A	42,5	30,0	75,0	36,0	37,0	10,0	15,0	80,0	12,0
		B	43,5	45,0	70,0	52,0	23,3	13,0	15,0	55,0	20,0
3	<i>Acremonielle atra</i> (<i>Corda</i>) <i>Saccardo</i>	A						12,7	11,5		
		B						31,7	17,0		
4	<i>Cladosporium</i> <i>herbarum</i> Link.	A		15,0		8,0					12,0
		B						0,5			11,0
5	<i>Mycelia sterilia</i> (orange)	A	35,3	10,0		4,0			55,0		
		B	27,7	10,0		8,0			55,0		
6	<i>Fusarium</i> <i>graminearum</i> Schuabe	A			25,0			26,0			
		B			30,0			14,0			
7	<i>Mucor</i> sp.	A						12,0			40,0

⁹ Ceci correspond en gros aux Actinomycètes, ou champignons inférieurs

		B	10,0							36,0
8	Total	A	100,0	95,0	100,0	100,0	100,0	95,0	100,0	100,0
		B	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	95,5	100,0	100,0

129 • Dans les deux dispositifs, *Fusarium sporotrichiella* var. *Poae Bilai* et *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. étaient les plus répandus. Leurs caractéristiques biologiques et environnementales ont déjà été données plus haut. Dans le relevé du dispositif n° 2, s'ajoute *Mycelia sterilia* (orange). Le nombre d'espèces recensées dans le dispositif n° 1 est plus faible que dans le deuxième. **Dans le deuxième dispositif, quatre autres espèces de fungus s'ajoutent** *Trichothecium roseum* Link ex Fries., *Fusarium sambucinum* var. *Poae*, *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. et *Geotrichum candidum*. Il faut noter que ces fungus apparaissent dans certaines parcelles et certaines essences sans causer de dommages appréciables.

LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

130 • En 1998, nous avons porté une attention particulière à l'étude de la diversité biologique puisque son évolution est primordiale à l'amélioration du sol. Comme les données sur la mésofaune ont déjà été présentées, nous n'en traiterons pas ici. Les aspects mycologiques feront l'objet de notre attention. On a d'abord identifié les macromycètes¹⁰ qui sont apparus dans les dispositifs au cours de l'été et de l'automne. Pour ce faire, on a utilisé des méthodes bien connues et les travaux mycologiques. (Dudka, Wasser, 1987; Wasser 1980; Wasser, 1982; Wasser, 1977, Gorlenko, 1980; Dudka 1982, Zhyzn'rastenyi (La vie de Plantes) vol. 2 les Fungus, 1975; Zerova 1970; Zerova, Sosin, Rozhenko, 1979; Les méthodes de la mycologie expérimentale, 1982; Lebedeva 1949).

Tableau 23. Les pertes causées par les micromycètes après la récolte dans le dispositif expérimental n° 1 exprimées en pourcentage

(I- *Quercus rubra* L., II- *Carpinus betulus* L., III- *Robina pseudoacacia* L., IV- *Corylus avellana* L., V- *Salix caprea* L., VI- *Betula verrucosa* Ehrh., VII- *Populus tremula* L., VIII- *Alnus glutinosa* Gaertn., IX- *Tilia cordata* Mill., X- *Quercus robur* L., XI- *Acer saccharum* March., XII- *Acer negundo* L., XIII- *Acer platanoides* L.)

	Bock	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Témoins
<i>Fusarium sporotrichiella</i>	A	26,5	35,0	20,0	13,6	20,0		15,0	17,4	10,0	25,4	40,0	18,2	25,5	50,0
Var. <i>Poae Bilai</i>	B	22,4	30,0	15,0	9,1	20,0		20,5	13,1	15,0	20,9	45,0	13,7	30,0	60,0
<i>Alternaria alternata</i>	A	25,0	40,0		61,8	46,0	60,0	42,4	43,5	55,0	53,7	40,0	42,7	30,0	50,0
(Fr.) Feissl	B	20,3	30,0		59,0	20,0	40,0	35,0	56,3	52,0	51,0	40,0	27,2	30,0	40,0
<i>Acremonia atra</i>	A	10,2		25,0	4,5	24,0		20,0							20,0
(Corda) Saccardo	B	8,5		20,0	4,5	16,0			18,0					13,7	25,0
<i>Mycelia sterilia</i>	A		5,0	15,0	18,1	8,0	10,0	16,2	17,4	3,5	20,9	20,0	13,6	25,0	
(Orange)	B	18,0	15,5	10,0	27,2	16,0	10,0	21,2	21,7	2,5	18,1	15,0	13,4	15,0	
<i>Trichothecium roseum</i>	A	7,7		19,0						15,5					
Link. (ex Fries)	B			15,0		28,0	15,0			9,4					
<i>Fusarium sambucinum</i>	A	15,5					30,0								
var <i>Poae</i>	B	10,0		10,0			35,0								
<i>Bipolaris</i>	A		20,0							10,3			25,4		
<i>sorokiniana</i> Saccardo	B		25,0							5,4			31,7-		
<i>Mucor</i> sp.	A	10,4							21,7						
	B	12,3							8,7						
<i>Geotrichum</i>	A							6,4		3,5					
<i>candidum</i>	B							5,3		5,0					
TOTAL	A	95,3	100,0	79,0	98,0	98,0	100,0	100,0	100,0	97,8	100,0	100,0	99,0	100,0	
	B	91,5	100,0	70,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,8	92,0	90,0	100,0	99,7	100,0	

¹⁰ Il s'agit de champignons ayant des carpophores compésés en majorité de Basidiomycètes mais également avec quelques Ascomycètes.

131 • Comme il était prévu, la grande majorité des champignons recensés appartenait aux Basidiomycètes. Selon le Professeur G. Lemieux et d'autres chercheurs (1995-98) ces champignons sont d'une très grande importance dans le processus de transformation des BRF. Les résultats observés sont consignés dans les tableaux n° 24 et 25.

132 • Dans le dispositif expérimental n° 1, 26 espèces de macromycètes ont été repérées dont 21 identifiées formellement. En comparaison avec l'année précédente, l'éventail des espèces s'est élargi considérablement. Nous ne doutons pas que ceci a contribué à la transformation des BRF tout en affectant de manière positive les conditions du sol de même que le développement et la croissance des plantes. Les carpophores de *Ciatius Olla* étaient les plus répandus et les premiers à apparaître dans les parcelles expérimentales.

133 • Dans le dispositif expérimental n° 2, 15 espèces de macromycètes ont été identifiées. *Ciatius Olla*, tout comme dans le dispositif n° 1, a été le premier à apparaître et fut le plus commun de toutes les espèces. Nous n'avons pas établi de corrélation entre les espèces de champignons et les BRF de feuillus utilisés tout comme dans le dispositif n° 1. **Il est tout à fait remarquable que la grande majorité des macromycète appartient à la classe de Basidiomycètes. Comme ils ont été les «premiers occupants», ils ont entraîné le processus dans la voie que nous désirions.**

134 • Nous avons également étudié les micromycètes de la couche arable du sol (tableaux n° 26 et 27) en utilisant des méthodes reconnues en recherche mycologique (**Méthode de Mycologie Expérimentale, 1982**) tout comme les flores de (**Kyrilenko, 1978; Kyrilenko 1977; Litvinov 1967**).

Tableau 24. Les espèces de macromycètes du dispositif expérimental n° 1
(I - *Quercus robur* L., II - *Robina pseudoacacia* L., III - *Acer platanoides* L., IV - *Betula verrucosa* Ehrh., V - *Populus tremula* L., VI - *Tilia cordata* Mill., VII - *Salix Caprea* L., VIII - *Corylus avellana* L.)

Espèces	Bloc A								Bloc B							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<i>Caprinus atramentarius</i>	++	++	++	+	++	+	++	+	+	++	++	++	+	++	+	++
<i>Caprinus mlcaceus</i> (Fr.) Bull	+	+	++		+	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	++
<i>Cyathus olla</i> Pers.	+	+	++		+	+	+	+	+	++	++	+	+	+	+	+
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.,Fr.)Bull.	+	+			+	+	+	+	+			+	+			+
<i>Caprinus cinereus</i> (Fr.) S.F. Gran.	++	+	+	++	+	+	+	++	+	+	++	+	++	++	+	+
<i>Marasmius oreades</i> (Bolt.:Fr) Fr			+			+	+		+		+		+		+	+
<i>Hypholoma candoleanum</i> (Fr.) Quel.		+			+			+	+		+	+			+	
<i>Lepista nuda</i> (Bull.:Fr.) Cke.				+	+	+						+	+	+		+
<i>Trycholoma focale</i> (Fr.) Ricken			+		+				+	+		+				+
<i>Collybia butiyacea</i> (Bul.:Fr.) Quel.		+		+		+				+	+			+		
<i>Helvella atra</i> König.	+				+	+		+	+		+	+		+	+	+
<i>Peziza badia</i> Mer.	+	+	+						+	+	+	+				+

<i>Peziza rufescens</i> R. Sant.	+	+	+			+	+		+	+	+		+	+
<i>Otidea onotica</i> (Pers.) Fuck,		+			+					+	+		+	
<i>Clitocybe geotrop</i> (Bull.:Am.)				+		+					+		+	+
<i>Agaricus silvaticus</i> Schaeff.			+		+			+			+	+		+
<i>Inocybe fastigiata</i> Schaeff.	+	+		+		+	+				+		+	+
<i>Entoloma serriceum</i> (Bull.:Mer.) Quel.	+	+	+						+	+				
<i>Amanitopsis vaginata</i> (Bull.:Fr.) Roze				+	+			+		+	+			+
<i>Hevella elastica</i> Bull.					+	+					+	+		+
<i>Inocybe geophylla</i> (Sow.:Fr.)	+	+							+	+				

Les micromycètes

135 • Les micromycètes furent isolés sous la forme de cultures pures et on a décrit les modes de cultures et leurs caractéristiques morphologiques et on procéda à l'identification. Dans l'ensemble, 30 espèces ont été répertoriées, 26 dans le dispositif dans le dispositif n° 1 et 28 dans le dispositif n° 2. En général, une grande diversité est reconnue. Pour ce qui est du nombre de colonies, nous n'avons pas noté de différence appréciable dans les différentes recherches. **Le seul constat significatif est à l'effet que les parcelles témoins du dispositif n° 1 donnaient de plus nombreuses colonies que les parcelles traitées aux BRF.**

LES MYCORHIZES DU SEIGLE D'HIVER TRAITÉ AUX BRF

136 • Voici la méthodologie de recherche utilisée sur les aspects anatomiques et morphologiques. Pour identifier les mycorhizes, les racines ont été prélevées et lavées puis mises à sécher sur des papiers filtres. Par la suite, elle furent réduites en tronçons de 1 cm. et portées à ébullition dans une solution de KOH à 15% durant 90 minutes. Par la suite, les racines furent lavées une autre fois et trempées dans un colorant, l'aniline, durant 30 minutes. Elles furent lavées une fois de plus et déposées dans une solution à 1% d'acide lactique. Elles sont par la suite lavées une dernière fois et conservées dans de la glycérine. C'est sous le microscope que l'identification des mycorhises s'est effectuée. Les calculs de fréquence furent faits à partir de 10 préparations pour chaque plante. La moyenne des mycorhizes a été estimée pour chaque préparation microscopique. Les résultats sont donnés en pourcentage et en points. Nous avons établi 3 groupes de plantes selon les caractéristiques mycotrophiques, basses, moyennes et hautes. Les plantes ayant 1 à 2 points (les racines mycorhizées vont de 1% à 30%) sont de basse mycotrophie, celles de 3 points (30% à 45%) de mycotrophie moyenne et celles de 4 et 5 points mycorhizés (45% à 60% et plus) sont de mycotrophie élevée.

Tableau 25. Les espèces de macromycètes du dispositif expérimental n° 2

(I- *Quercus rubra* L., II- *Carpinus betulus* L., III- *Robinia pseudoacacia* L., IV- *Corylus avellana* L., V- *Salix caprea* L., VI- *Betula verrucosa* Ehrh., VII- *Populus tremula* L., VIII- *Alnus glutinosa* Gaertn., IX- *Tilia cordata* Mill., X- *Quercus robur* L., XI- *Acer saccharum* March., XII- *Acer negundo* L., XIII- *Acer platanoides* L.)

Espèces	Blocs	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
<i>Cyathus olla</i> Pers.	A	++	+	++	++	+	++	+	+	++	++	+	++	++
	B	+	++	++	++	++	+	++	+	++	+	++	+	++
<i>Caprinus micaceus</i> (Fr.) Bull.	A	+	+	++	+	+	+	++	+	++	++	+	++	+
	B	+	+	+	++	+	+	+	+	++	++	+	+	+
<i>Caprinus cinereus</i> (Fr.) S. F. Gran	A	+	+	++	+	+	+	+		+	+		+	+
	B	+	+		+	+	+	+	+		+			
<i>Caprinus</i>	A	++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++

<i>atramentarius</i> Fr.	B	+	++	+	++	+	+	++	+	+	++	+	+	+
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.:Fr.) Kumm.	A	+	+	+	+		+	+			+		+	+
<i>Peziza badia</i> Mer.	B	+	+	+		+	+	+	+		+		+	+
<i>Peziza rufescens</i> R. Sant. B	A		+		+	+			+		++	+		++
<i>Lepista nuda</i> (Bull.:Fr.) Cke	B		+		+	+	+	+	+		+		+	
<i>Trycholoma focale</i> (Fr.) Ricken	A	+		+	+		+					+		
<i>Entoloma sericeum</i> (Bull.:Mer.) Quel.	B		+	+							+			
<i>Inocybe geophylla</i> (Sow.:Fr.) Kumm.	A			+							+			
<i>Agaricus silvaticus</i> Schaeff. B	B		+								+		+	
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.:Fr.) Kumm	A				+		+	+						
<i>Marasmius oreades</i> (Bott.:Fr.) Fr	B		+		+			+			+			
<i>Clitocybe geotropa</i> (Bull.:St-Am.) Quel.	A	+				+								+
	B	+				+	+					+		++

137 • La recherche a montré que les mycorhizes apparaissaient au printemps sur le seigle d'hiver sous la forme arbusculaire.

138 • Les études microscopiques montrent qu'il y a deux modes de pénétration depuis le sol vers la plante, par le système vasculaire des racines¹¹ ainsi que par les cellules épidermiques. Les racines en cause avaient un diamètre variant de 140 à 395 microns. Les hyphes externes et internes sont dimorphes. Les hyphes des fungus des tissus racinaires avaient entre 3,5 et 7 microns en diamètre. Les arbuscules sont éphémères et très difficiles à identifier.

139 • Dans la phase de formation en épis, les hyphes se développent rapidement et vont de cellules en cellules. Les fungus responsables de la mycorhization s'établissent dans les premières et secondes couches de cellules du mésoderme en contact avec l'endoderme. Les hyphes se décomposent dans les cellules isolées donnant des gouttelettes de lipides. C'est à ce stade qu'apparaissent les mycorhizes sur les racines du seigle. Elles varient entre 25 et 105 microns. À l'intérieur des vésicules des gouttelettes de lipides et des granules apparaissent. Pour leurs part, les vésicules plus anciennes voient leurs parois s'épaissir. Durant la phase laiteuse du seigle, le nombre de vésicules augmente. Dans les sites où la fungolyse est active on aperçoit des gouttelettes de lipides et des hyphes résiduelles non digérées.

¹¹ Il y a certainement confusion puis que les mycorhizes n'atteignent jamais le système vasculaire des racines. Il s'agirait tout au plus de l'invasion d'un parasite.

140 • À cause d'une charge de travail trop importante, on a étudié que le développement des mycorhizes du dispositif n° 1. Les résultats sont consignés au tableau 28.

141 • Les données au tableau 28 montrent que dans les parcelles expérimentales le seigle s'est classé parmi les plantes fortement mycorhizées. Dans le bloc A, la différence de mycotrophie entre les parcelles traitées aux BRF et les parcelles témoins n'est pas significative. Ceci est également vrai de trois parcelles du bloc B comme celles de *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. et *Salix caprea* L. Dans 5 autres parcelles du même bloc, le niveau de mycorhization a été beaucoup plus élevé par rapport aux parcelles témoins allant de 14,% pour *Tilia cordata* Mill. à 48,2% pour *Betula verrucosa* Ehrh.

142 • Il est donc trop tôt pour tirer une conclusion à partir de nos données. Une recherche plus poussée est donc nécessaire. En fait, les résultats de la mycotrophie sont difficiles d'interprétation. Malgré de nombreuses études, plusieurs problèmes doivent être résolus et les opinions sont souvent contradictoires à leurs sujets. L'influence des mycorhizes sur la croissance et les rendements en grains du seigle demande à être mieux connue. L'impact des BRF sur l'intensité et le développement de la mycorhization en agriculture demande également d'être étudié à fond.

L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE TOTALE DU SOL DANS LES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

143 • C'est en isolant les divers groupes microbiologiques que l'on arrive à évaluer les tendances générales des processus du sol et de leur intensité soient leurs caractéristiques physiologiques ainsi que les espèces déjà isolées dans une partie précédente de ce rapport (page). Cependant, des indicateurs généraux seraient précieux et refléteraient la biodynamique du sol. Ainsi, les données portant sur la respiration du sol, sa nitrification et sa déshydrogénation pourraient être de tels indicateurs (Gorodniy, Koylevich, Serdyuk 1995; Mineev, 1989).

144 • Récemment, on a évalué l'activité biologique du sol à l'aide de la synthèse d'acides aminés captés par une membrane. Plus le nombre d'acides aminés était élevé dans une période de temps donné, plus l'activité biologique était intense. La formation d'acides aminés, donc de protéines, est le reflet du métabolisme des microorganismes effectuant la cellulolyse de même que de l'activité de la microflore. La présence de ces acides aminés est déterminée par chromatographie avec l'aide de produits tels la ninyhydrine, le brominephénol. etc., tandis que leur importance est mesurée par colorimétrie. Ceci permet d'exprimer l'activité biologique en termes quantitatifs. On a utilisé cette méthode dans la présente recherche.

Tableau 26. Nombre de colonies de micromycètes isolées à partir du sol de la rhizosphère du seigle exprimé en milliers à l'hectare du dispositif expérimental n° 1.
(C-control, I - *Quercus robur* L., II - *Robinia pseudoacacia* L., III - *Acer platanoides* L., IV - *Betula verrucosa* Ehrh., V - *Populus tremula* L., VI - *Tilia cordata* Mill., VII - *Salix Caprea* L., VIII - *Corylus avellana* L.)

Espèce	Bloc A										Bloc B							
	C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<i>Cunninghamella</i> <i>Lendner</i>		2				1	1				1			2		3	2	
<i>Mortierella alpina</i> <i>Peyronel.</i>		3	3			1						3	2		2			2
<i>Rhizopus arrhizus</i> <i>Fiuscher</i>	1	1				1		1				1					1	
<i>Fusarium gibbosum</i> <i>App. Et. Wr.</i>		4		5					5		3		6					
<i>Trichoderma</i> <i>aureoviridae Rifai</i>		2							1		1	1						
<i>Penicillium sp.</i>	12	8	7		5	10	7	6	6		9	6	7	6	4	5	6	7
<i>Fusarium solani</i> <i>(Mart.) App. Et. Wr.</i>	5		5		5	6	5	8		5		3		8	6	4	8	2
<i>Trichoderma</i> <i>koningi Ouden</i>			2			2	2			2								2
<i>Acremonium</i> <i>strictum Gans.</i>			3	3					4			2			3			
<i>Absidia coerulea</i> <i>Brain</i>		1			6													1
<i>Zygorhynchus</i> <i>moelleri Vuill.</i>					1		1											1
<i>Trichoderma album</i>					1						1	1			2			
<i>Mortierella nana</i> <i>Linnem</i>	4		1				2	2		1		1						
<i>Trichoderma</i> <i>viride Pers. Grau.</i>	1		1					2			1		2			2	3	
<i>Acremonium murorum</i> <i>(Corda) W, Gans.</i>								3		1								
<i>Rhizopus oryzae</i> <i>Went: Prins</i>		1		1		1						1		2				
<i>Mucor hiemalis</i> <i>Wehmer</i>				1			1				2							
<i>Alternaria alternata</i> <i>(Fr.) Keissl.</i>	2			3						2			3					
<i>Absidia spinosa</i> <i>Lender</i>			1						2			1				1		
<i>Cladosporium herbarum</i> <i>(Pers.) Kk i Grau.</i>				1			3			7	1				3			
<i>Cunninghamella</i> <i>echinatus</i>	4					1				1			2					1
<i>Fusarium</i> <i>sporotrichiella</i>				1						6								
<i>Cladosporium</i> <i>cladosporioides</i>		1			1			1		1		1		6			2	
<i>Mucor racemosus</i> <i>Fres.</i>	1			1					1		1					1		
<i>Aspergillus niger</i> <i>V. Tiegh.</i>				1				1			1		1					
<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Schl.</i>					1					1								
TOTAL	30	23	23	17	20	23	22	24	19	27	24	21	21	24	20	16	22	16

Tableau 27. Nombre de colonies de micromycètes isolées à partir du sol de la rhizosphère du seigle exprimé en milliers à l'hectare du dispositif expérimental n° 2 .

(I- *Quercus rubra* L., II- *Carpinus betulus* L., III- *Robina pseudoacacia* L., IV- *Corylus avellana* L., V- *Salix caprea* L., VI- *Betula verrucosa* Ehrh., VII- *Populus tremula* L., VIII- *Alnus glutinosa* Gaertn., IX- *Tilia cordata* Mill., X- *Quercus robur* L., XI- *Acer saccharum* March., XII- *Acer negundo* L., XIII- *Acer platanoides* L., C-control)

Espèces	Blocs	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	C
<i>Rhizopus oryzae</i>	A					1	1		1		1		1		
<i>Went.:Prins</i>	B	2									1			1	
<i>Cunninghamella elegans</i> Lendner	A			1		1	1	1		1		1	2		1
	B	1	2						1						
<i>Acremonium strictum</i> Gans.	A	4			1	5							5		3
	B	2				2			5						2
<i>Fusarium gibbosum</i> App.Et. Wr.	A	1				2	5		3	2		5		1	
	B					1	3	1							
<i>Trichoderma Koninki</i> Ouden	A	2				4				2		2			2
	B				3		2	1		1					
<i>Penicillium sp.</i>	A	1	2	3	7	3	3	3			6	6			8
	B	3	3	5	3	4	5	6	6	8	5	5	5	2	4
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	A		2			3									
	B		5											4	
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) app. Et. Wr.	A		3	5		2				3			3		1
	B	2		1					3	2	3	4		3	3
<i>Trichoderma aureoviride</i> Rifai	A				1	3							2		2
	B											2	2		
<i>Mucor racemosus</i> Fres.	A	1				2				2			2		
	B								1					1	1
<i>Rhizopus arrhizus</i> Fischer	A		1	1	2		1								
	B						1					1	1		1
<i>Absidia soinosae</i> Lendner	A			2											
	B											2			
<i>Acremonium murorum</i> (Corda) W. Gans.	A				3				2			3			5
	B	1			1	2	1					3	4	3	1
<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.	A				1			2							
	B		4			1							3		
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	A	1							2					2	1
	B		1	2	1					1					1
<i>Rhizopus sp.</i>	A						1					1			
	B										1		1		
<i>Trichoderma viride</i> Pers. Grau.	A		2					2						1	1
	B								2						2
<i>Gliocladium varians</i>	A									3					
	B	3								5					
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	A	1				1		1						1	
	B											1			
<i>Fusarium avenaceum</i>	A						2			2					
	B											1			
<i>Absidia coerulescens</i> Bain.	A					1					1				
	B	1				2								2	2
<i>Absidia glauca</i>	A											1			
	B						2		1	2				1	2
<i>Mortierella nana</i> Linnem	A							1						1	
	B					1				1		2		2	1
<i>Trichoderma album</i>	A	3			1				1				1	2	1
	B	2					1	2			2				
<i>Cunninghamella echinulata</i>	A								1				1	2	
	B		1	1	1								2		
<i>Trichoderma sp.</i>	A		2					1							1
	B	1	2			2			1						
<i>Mortierella longicollis</i> Dixon-Steward	A									1		1			1
	B				1		2			2					
<i>Trichoderma polysporum</i>	A	2												2	
	B	1						1		1					2
TOTAL	A	16	13	18	25	20	14	14	14	12	21	17	13	15	19
	B	18	17	16	14	16	13	18	21	18	19	19	18	17	15

Le protocole d'analyse

145 • Une plaque de verre de 10x30cm correctement lavée à l'acide chromique a été recouverte d'une membrane et déposée à la verticale dans le sol en s'assurant que le sol adhère correctement à cette dernière sur les 30 cm. Après 10 jours. les plaques ont été

récupérées et la membrane retirée. La membrane a été par la suite séchée et l'excédant desol évacué.

Tableau 28. Dynamique de la mycorhization sur le seigle d'hiver en corrélation avec les BRF utilisés dans le dispositif n° 1

Essences de BRF	Bloc	Tallaison,	racines infectées	Stade laiteux	
		%	points	%	points
Control	A	8,7	0,58	52,3	3,49
	B	8,5	0,57	55,2	3,68
<i>Quercus robur L.</i>	A	7,8	0,52	55,4	3,69
	B	7,5	0,50	58,3	3,89
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	A	9,4	0,63	57,8	3,85
	B	10,2	0,68	55,1	3,67
<i>Acer platanoides L.</i>	A	10,4	0,69	53,4	3,56
	B	9,3	0,62	69,3	4,62
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	A	8,6	0,57	56,1	3,74
	B	9,7	0,65	81,8	5,45
<i>Populus tremula L.</i>	A	10,3	0,69	54,7	3,65
	B	9,4	0,63	69,5	4,65
<i>Tilia cordata Mill.</i>	A	6,5	0,43	49,8	4,13
	B	11,6	0,77	62,9	4,19
<i>Salix caprea L.</i>	A	5,8	0,39	50,6	3,37
	B	6,2	0,41	58,6	3,91
<i>Corylus avellana L.</i>	A	7,6	0,51	58,9	3,93
	B	6,2	0,41	71,7	4,78

146 • Après ces opérations, la membrane fut aspergée d'une solution à 5% de nynhydrine dans de l'acétone et mise à sécher à la température de la pièce durant 24 heures. L'apparition des concentrations d'acides aminés rend possible l'évaluation de l'activité microbiologique dans les d'échantillons de sol.

147 • C'est par colorimétrie qu'il a été possible d'évaluer l'intensité. La membrane a été découpée en bandes et traitée à l'éthanol à 75% jusqu'à décoloration complète. Ainsi, l'extrait a été dissout entièrement et la concentration relative en acides aminés de chaque bande a été déterminée.

148 • Les résultats de l'activité biologique totale obtenus dans les parcelles apparaissent au tableau 29.

149 • Comme il était à prévoir, les indicateurs des parcelles traitées aux BRF ont été plus élevés sans exception par rapport aux parcelles témoins. Les valeurs les plus élevées étaient dans le bloc B comparées au bloc A. Seules deux parcelles ont fait exception, celles traitées avec *Robinia pseudoacacia L.* et *Tilia cordata Mill.*

150 • Dans le dispositif n° 1, c'est *Populus tremula L.* qui a eu l'indice d'activité biologique totale le plus élevé du bloc A. Des valeurs légèrement inférieures ont été notées dans les parcelles de *Quercus robur L.* et *Salix caprea L.*. Dans le bloc B les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans les parcelles de *Acer platanoides L.*, *Salix caprea L.* et *Populus tremula L.* Les valeurs les plus faibles ont été notées dans les parcelles de *Betula verrucosa Ehrh.* des deux blocs.

151 • Les résultats de certaines parcelles du dispositif expérimental n° 2 ont été semblables à ceux du dispositif n° 1, d'autres plus faibles. **Toutefois, les valeurs notées dans le dispositif n° 2 ont atteint des niveaux beaucoup plus élevés que dans le dispositif n° 1 pour les parcelles correspondantes.** Dans le bloc A, c'est *Betula verrucosa* Ehrh. qui a eu l'indice d'activité biologique le plus intense. Il n'y a pas eu de différence significative entre *Betula verrucosa* Ehrh. et *Carpinus betulus* L. alors que pour les autres les valeurs ont été inférieures. Dans le bloc B du dispositif n° 2, c'est *Carpinus betulus* qui a eu les plus hautes valeurs. Des valeurs moindres ont été notées chez *Acer saccharinum* L. dans le bloc A, ainsi que pour *Alnus glutinosa* Gaertn. dans le bloc B.

152 • L'augmentation de l'activité biologique totale du sol a été remarquable dans les parcelles traitées par rapport aux parcelles témoins. C'est un phénomène prévisible et naturel compte tenu de l'augmentation des macromycètes et des micromycètes de la mésofaune et d'autres microorganismes. Le résultat s'explique par l'amélioration des caractéristiques et de la fertilité du sol comme le démontrent les récoltes obtenues sur les diverses parcelles expérimentales.

CONCLUSIONS

153 • Selon le programme de recherche du Professeur Lemieux de la Faculté de Foresterie de l'Université Laval (Québec, Canada), nos essais ont été réalisés en deux dispositifs dans la forêt expérimentale de Boyarska. Le premier dispositif a été mis en place en mars 1997 avec des BRF dépourvus de feuilles. Le dispositif n° 2 fut mis en place en septembre de la même année avec des BRF et leurs feuilles. Ils furent fragmentés et incorporés au sol. Dans le dispositif n° 1, 8 essences de Dicotylédones feuillues furent étudiées alors que le dispositif n° 2 comptait 13 essences différentes. La culture choisie fut le seigle d'automne et les conditions du sol ont été évaluées en parallèle.

154 • Les observations se sont limitées aux stades de croissance et aux conditions phytosanitaires du seigle à partir du 11 mai et toutes les semaines jusqu'à la fin de la période de végétation. **Le seigle du dispositif n° 1 a donné de meilleurs résultats en terme de croissance et de développement.** Il est évident que les conditions du sol ont été améliorées par la transformation des BRF. **Ainsi la paille de seigle des parcelles expérimentales étaient plus haute comme ce fut le cas pour les parcelles d'*Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. et *Quercus robur* L. du bloc A. De meilleurs résultats ont été obtenus dans le bloc B où de petites quantités de litière forestière ont été ajoutées aux BRF.** De moins bons résultats ont été obtenus dans le dispositif n° 2 à cause de la trop courte période de temps écoulée entre l'épandage des BRF et la récolte. **Durant la première période de végétation, dans certaines parcelles on a observé un retard là où le feuillage avait été introduit avec les BRF. Plus tard la situation s'est redressée positivement et de très bons résultats ont été obtenus**

155 • Les conditions phytosanitaires de tous les dispositifs expérimentaux ont été satisfaisantes. Nous n'avons pas noté de dommages considérables causés par les insectes ou les maladies. L'utilisation de techniques agricoles appropriées et bien synchronisées a contribué à cet état de choses. C'est la raison pour laquelle il nous a été impossible d'établir des corrélations entre les conditions sanitaires et la récolte sur les diverses parcelles expérimentales. La faible diversité et la densité de la mésofaune

s'expliquent par une faible fertilité du sol. **En comparant la mésafaune de diverses parcelles, on a observé que dans le dispositif n° 1, la transformation intensive des BRF avait amélioré les conditions du sol et favorisé une augmentation du nombre d'espèces à comparer à l'année précédente.**

156 • L'analyse serrée de la récolte de seigle a fourni les meilleures preuves de l'efficacité des BRF sur la fertilité du sol. Voyons d'abord les résultats du dispositif n° 1. Les résultats de la campagne 1998 ont largement été supérieurs à la récolte de 1997. La production en grain a été de 45% supérieure comparé aux parcelles témoins et celle de la paille de 17,5%. On a constaté que les essences feuillues avaient donné les meilleurs résultats dans les deux dispositifs. Les résultats obtenus dans le bloc B ont été supérieurs au bloc A. Une tendance vers des résultats encore supérieurs a été notée dans le dispositif n° 2.

157 • L'apport de BRF s'est traduit par une augmentation de la matière sèche dans toutes les parties du seigle, c'est-à-dire les racines, la paille et les grains. Encore une fois, c'est dans le bloc B où des feuillus furent épandus, ainsi que de petites quantités de litière forestière que les meilleurs rendements furent obtenus.

158 • L'analyse des indicateurs de qualité tels le poids aux 1000 grains, le poids à l'unité de volume ainsi que le contenu protéinique révèlent des augmentations considérables après l'application des BRF. Les meilleurs résultats ont été atteints dans le dispositif n° 1 où la transformation des BRF avait été la plus intense. La qualité des grains a été supérieure sur les parcelles traitées avec des BRF de feuillus. L'adjonction de petites quantités de litière forestière dans le bloc B s'est révélée positive.

Tableau 29. L'activité biologique moyenne (M) des parcelles du dispositif n° 1

Dispositif n° 1	Analyses (N)	Bloc A		Bloc B	
		M	% contrôle	M	% contrôle
Témoins	4	0,95	--	0,101	---
<i>Quercus robur L.</i>	2	0,134	141,4	0,157	155,5
<i>Robinia pseudocacia L.</i>	2	1,129	135,8	0,148	146,5
<i>Acer platanoides L.</i>	2	0,125	131,6	0,167	165,4
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	2	0,118	124,2	0,136	134,7
<i>Populus tremula L.</i>	2	0,139	146,3	0,161	159,4
<i>Tilia cordata Mill.</i>	2	0,124	130,5	0,145	146,5
<i>Salix caprea L.</i>	2	0,132	139,0	0,164	162,4
<i>Corylus avellana L.</i>	2	0,128	134,7	0,142	140,6
Dispositif n° 2	Analyses (N)	Bloc A		Bloc B	
		M	% contrôle	M	% contrôle
Témoins	6	0,086	--	0,090	---
<i>Quercus rubra L.</i>	2	0,119	138,4	0,137	152,2
<i>Carpinus betulus L.</i>	2	0,162	188,4	0,198	220,0
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	2	0,166	193,0	0,149	165,6
<i>Corylus avellana L.</i>	2	0,135	157,0	0,156	173,3
<i>Salix caprea L.</i>	2	0,110	127,9	0,125	138,9
<i>Betula verrucosa Ehrh.</i>	2	0,145	144,2	0,139	154,4
<i>Populus tremula L.</i>	2	0,117	136,1	0,130	144,4
<i>Alnus glutinosa Gaertn.</i>	2	0,105	122,1	0,116	128,9

<i>Tilia cordata</i> Mill.	2	0,143	166,3	0,129	143,3
<i>Quercus robur</i> L.	2	0,119	184,4	0,134	148,9
<i>Acer saccharum</i> Marsh.	2	0,108	125,6	0,125	138,9
<i>Acer negundo</i> L.	2	0,104	120,9	0,133	147,8
<i>Acer platanoides</i> L.	2	0,111	129,1	0,127	141,1

159 • Sous l'influence des BRF, les propriétés physiques et chimiques des sols se sont grandement améliorées en particulier dans le dispositif n° 1. Ainsi, les teneurs en humus, matière organique, azote hydrolysé, phosphore assimilable, calcium et magnésium échangeables, ont augmenté de façon notoire. La majorité des indicateurs ont été plus élevés dans le bloc B par rapport au bloc A. Certains paramètres chimiques caractéristiques des sols agricoles ont été améliorés dans la majorité des parcelles du dispositif n° 2.

160 • Les conditions phytosanitaires du seigle dans les deux dispositifs n'ont pas été satisfaisantes tout comme dans la majorité des régions ukrainiennes les grains ont été affectés à cause des conditions climatiques durant la période de croissance. Les grains ont été affectés par les micromycètes pathogènes sensiblement les mêmes, durant les deux saisons de croissance.

161 • Tout au cours de cette recherche, nous avons porté une attention particulière à l'augmentation de la biodiversité du sol en tant que facteur majeur d'amélioration des sols. Comme il était à prévoir, les BRF ont causé une augmentation des champignons et des fungus en particulier dans le dispositif n° 1 où la transformation des BRF était plus avancée. **Les deux dispositifs ont été colonisés en grande majorité par des Basidiomycètes. Ils sont les premiers «arrivants» qui orientent le processus de transformation tout comme sous le couvert forestier. Pour sa part, la couche arable du sol est largement colonisée par des micromycètes.**

162 • Nous avons également évalué la mycorhization chez le seigle d'hiver du dispositif n° 1 et le seigle était fortement mycorhizé. Toutefois, nos données de 1998 ne sont pas suffisantes pour en tirer une conclusion. Des études supplémentaires seront nécessaires pour connaître l'influence des BRF sur la mycorhization du seigle.

163 • L'intensité de la biodynamique du sol a été mesurée par des indicateurs portant sur l'activité biologique totale. **De ce fait, ces indicateurs sont supérieurs dans toutes les parcelles traitées par rapport aux parcelles témoins. Les indicateurs du bloc B ont été supérieurs à ceux du bloc A.**

164 • Ceci nous autorise à conclure que la technologie des BRF est efficace. Ce n'est qu'en fin de 1999 que nous pourrions conclure de manière définitive sur la pertinence de cette technologie

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme (1975) «Les ennemis des plantes et des arbres» (édité par V.P.Vasilev). — Kyiv: Urozshaj, 1973-1975. Vol. 1-3.

- Anonyme (1976)** «La vie des Plantes». Vol.2. Les champignons. —Moscou: Prosveshenie, 479p.
- Anonyme (1979)** «L'Atlas des sols d'Ukraine» URSS (édité par N.K.Krupskij & N.I.Polupan). — Kyiv: Urozshaj,. — 160 p.
- Anonyme (1982)** «Les méthodes de la mycologie expérimentale». édité par Bilai V.I.: Livre de références Kyiv: Naukova Dumka, 551p.
- Anonyme (1989)** «Les Microorganismes et la protection du sol» édité par D.T.Zviagintseva. — Publié à l'Université de Moscou, 206 pages.
- Anonyme (1990)** «Les méthodes de détermination qualitative des céréales et des légumineuses» Standards d'état de l'URSS. Céréales, légumineuses et plantes oléagineuses Deuxième partie. — Moscou. Édition des Standards. p.3-158.
- Anonyme (1980)** «Les champignons de l'URSS» (édité par M.V.Gorlenko). — Moscou: Mysl, 303 p.
- Babaeva I.P., Zenova G.M (1989).** «La biologie des sols» — Moscou: Publié par l'Université de Moscou, — 366 p.
- Bej-Bienko G.Ya. (1980)** «Entomologie générale». École Supérieure de Moscou,., 416p.
- Bilaj B.I. (1977)** «Phuzaries». — Kyiv: Naukova Dumka, 442 p.
- Bilaj V.I. (1980)** «Le bases de la mycologie générale». — École Supérieure de Kiev: 1980. 360 p.
- Caron, C. (1994)** «Ramial chipped wood: a basic tool for regenerating soils». Lincoln University New-Zealand IFOAM meeting, Christchurch, 8 pages, ISBN 2-921728-07-09.
- Dolia M.M., Pokozij I.T. (1996)** «Travaux pratiques de zoologie». Kiev: Urozshaj, 143 p.
- Dolin V.G.(1964)** «Les larves des Élatéridés de la partie européenne de l'URSS». Kiev: Urozshaj, -
- Dudka I.A. (1982)** «La classe des Ascomycètes». — Dans "Les méthodes de la mycobiologie expérimentale", Kiev: Naukova dumka, 1982, p.40-42.
- Dudka I.A., Vasser S.P. ()** «Les champignons: Un ouvrage de référence destiné au mycologues et aux amateurs», Kiev: Naukova Dumka, 536 p.
- Giliarov M.S.(1941)** «Méthodes quantitatives de prélèvement de la faune du sol» || Pedologie. - 1 4..
- Godron, M, & Lemieux, G. (1998)** Le bois des rameaux, un élément crucial de la biosphère» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec Canada, publication n° 88, 32 pages ISBN 2-921728-35-4
- Gorodnij M.M. et all (1995).** «L'analyse agricole» Ecole Supérieure de Kiev 320 p.
- Gorodnyj N.N. (1990)** «Agriculture». — École Supérieure de Kiev, 286 p.
- Gosz, J.R. & Fischer, F.M. (1984)** «Influence of clear-cutting on selected microbial processes in forest soils.» in "Current Microbial Ecology. Perspectives Proceedings of the third International Symposium on Microbial Ecology" (Klug, M.J. & Reddy editeurs.) - 4 FQ94-3014, 187 pages.
- Gosz, J.R., Holmes, R.T., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1978)** «Le flux d'énergie dans un écosystème forestier» in "Pour la Science" juin 1987 p. 101-109.
- Guay, E. Lachance, L. & Lapointe R.A. (1982)** «Emploi des bois raméaux fragmentés et des lisiers en agriculture» Rapports techniques 1 et 2, Ministère des Terres et Forêts du Québec, Québec.74 pages.

- Guay, E. Lapointe, R.A. & Lemieux, G. (1991)** «La restructuration humique des sols» Ministère des Forêts du Québec et Université Laval, ISBN 2-550-22289-X FQ91-3070, 14 pages.
- Koslowky, G. & Winget, C.H. (1964)** "The role of reserves in leaves, branches, stems and roots on shoots and growth of Red Pine" Amer. Jour. Bot. 52: 522-529.
- Kuzmichev E.P. Biological (1986)** «Une particularité des Fusarium qui causent des mycoses vasculaires chez le chêne. Ecologia I zaschita lesa. Saint Petersburg, p. 78-84. (Digeste scientifique).
- Kuzmichev E.P.(1983)** «Les fusarioses causant la flétrissure du chêne» Zashita rastenij». 110. p. 29.
- Lebedeva L.A.(1949)** «La définition des champignons pubescents». Moscou Saint-Petersbourg: Selkhozgiz. 548p.
- Leisola, M. S. & Garcia, S. (1989)** «The mechanisms of lignin degradation» in *Enzyme systems for lignoncellulose degradation*. Workshop held in Galway, Ireland, published by Elsevier Applied Science, p. 89-99, The Netherlands.
- Leisola, M.S. & Waldner, R. (1988)** «Production , characterization and mechanisms of lignin peroxidases» In Zadrazil, & F. Reiniger, P. edt. "Treatment of lignoncellulosic with white rot fungi. Elsevier Appl. Sci. Pub. New York p. 37-42 4.
- Leisola, M.S.A. & Garcia, S. (1989)** "Lignin degradation mechanism" in "Enzyme systems for lignocellulose degradation" Galway, Ireland, Elsevier publication pp 89-99
- Lemieux, G. (1997)** «Fundamentos de pedogenesis en el Ecostema Forestal: Una Aproximacion a la Metastabilidad A traves de la Biologia Telurica» Grupo de Coordinacion sobre Madera Rameal, Universidad Laval Ciudad Quebec, Canada, publicacion n° 88, 44 pages ISBN: 2-921728-36-2 translated from french by Prof. José Marcano.
- Lemieux, G. & Goulet, M. (1992)** «Sylvagraire" und "Sylvasol, Neue Wege zum Aufgradieren von Acker - und Waldböden». Diisseldorf, Université Laal, 4 pages
- Lemieux, G. & Lapointe R.A. ((1986)** «Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol» Université Laval, Québec, Canada 17 pages ISBN 2-550-2138
- Lemieux, G. & Tetreault, J.-P. (1993)** «Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés"» édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada) ISBN 2-550-28794
- Lemieux, G. (1992)** «L'aggradation des sols par le patrimoine microbiologique d'origine forestière» Escola Superior Agraria de Coimbra PORTUGAL ISBN 2-550-26521-1
- Lemieux, G. (1993)** «A universal pedogenesis upgrading processus: RCWs to enhance biodiversity and productivity» Food and Agriculture Organization (FAO) Rome, ISBN 2-921728-05-2, 6 pages
- Lemieux, G. (1993)** «Le bois raméal fragmenté et la méthode expérimentale: une voie vers un institut international de pédogénese" in "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec. (Canada) ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 124-138.

- Lemieux, G. (1995)** "The basics of the economical and scientific green revolution of Sahel" Canadian International Development Agency, Pointe-au-Pic Conference of the *Club of Sahel* 26 pages ISBN 2-921728-13-3
- Lemieux, G. (1996)** «Cet univers caché qui nous nourrit: le sol vivant» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada 51 pages, publication n° 59 ISBN:2-921728-15-X
- Lemieux, G. (1996)** «The Hidden World that feeds us: the living soil» Coordination Group on Ramial Wood, Laval University, Canada, publication n° 59, 46 pages, ISBN 2-921728-17-6
- Lemieux, G. (1997)** «Fundamentals of Forest Ecosystem Pedogenetics: An approach to Metastability Through Tellurian Biology» Coordination Group on Ramial Wood, Laval University, Quebec, Canada publication n° 72, 59 pages, ISBN 2-921728-24-9
- Lemieux, G. (1997)** «Les fondements pédogénétiques des écosystèmes forestiers; une approche de la métastabilité tellurienne» Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Université Laval, Québec, Canada publication n° 71, 73 pages, ISBN: 2-921728-25-7
- Lobanov N.V.(1953)** «La mycotrophie des plantes ligneuses» Moscou: Sovetskaia nauka, 1953. 232p.
- Malevich I.I. (1950)** «La recherche et la récolte des lombrics responsables de la génèse des sols». Moscou-Saint Petersburg: Selkhozgiz,.
- Migulin A.A., Osmolovskij G.E.(1976)** «Entomologie agricole» Moscou: Kolos.
- Minaev V.G. (1989)** «Travaux pratiques de chimie agricole» Moscou: Agropromizdat,
- Padij M.M.(1993)** «Entomologie forestière». Kiev: publié par l'Académie des Sciences Agricoles d'Ukraine, 351 p.
- Perel T.R. (1979)** «Distribution des lombrics dans la faune d'URSS ». Moscou: Nauka,
- Peresyphkin V.Ph. et al. (1985)** «Dictionnaire de référence en pathologie végétale». Kiev: Uroshaj, 199 p.
- Peresyphkin V.Ph. et al.(1989)** «Maladies affectant les céréales et les Légumineuses» Maladies des plantes agricoles in 3 volumes. Vol.1 Kiev. Uroshaj, 214 p.
- Peresyphkin V.Ph.(1987)** «Atlas de maladies des plantes» Kiev: Uroshaj, 1987. 143 p.
- Peresyphkin V.Ph.(1989)** «Pathologie des plantes agricoles.» Moscou: Agropromizdat,. 479 p.
- Phasulaty K.K. (1971)** «Les invertébrés du sol» — École Supérieure Moscou:
- Rayner, A.D. & Boddy, L. (1988)** «Fungal Decomposition of Wood» John Wiley and Sons, 597 pages.
- Seck, M.A. (1993)** «Essais de fertilisation organique avec les bois raméaux fragmentés de filao (*Casuarina equisetifolia*) dans les cuvettes maraîchères des Niayes (Sénégal)» in "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés" édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada) ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 36-41
- Selivanov I.A. (1981)** «Les symbioses mycotrophiques en tant que mode de liaison du monde végétal de l'URSS» Moscou: Nauka, 232 p.

- Shemahanova N.M.(1962)** «Mycotrophia» Moscou: publié par l'Académie des Sciences de l'URSS 375 p.
- Shubin V.I. (1988)** «Les champignons de la partie nord-ouest de l'URSS». Petrozavodsk: publié par l'Académie des Sciences de l'URSS, 176 p.
- Swift, M.J. (1976)** «Species diversity and structure of microbial communities» in J.M.Anderson & A.MacFaden editors "Decomposition processes" Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 185-222
- Teit R. (1991)** «Soil's Organic Substance» Translated from English by O.D.Masalova, D.S.Orlova. — Moscow: Mir, 299 p.
- Tisdall, & Oades, J.M. (1982)** «Organic matter and water stable aggregates» in. Soil. Sci. 32 141-163.
- Toutain, F. (1993)** «Biodégradation et humification des résidus végétaux dans le sol: évolution des bois raméaux (étude préliminaire)" in "Les actes du quatrième colloque international sur les bois raméaux fragmentés» édité par le Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux, Département des Sciences forestières, Université Laval, Québec (Canada) ISBN 2-550-28792-4 FQ94-3014, p. 103-110.
- Vasser S.P (1982).** La classe des Basidiomycètes. — In Méthodes de la mycologie expérimentale Kiev: Naukova Dumka, p.42-58.
- Vasser S.P, Soldatova I.M. (1977)** «Les Basidiomycetes supérieurs de la steppe Ukrainienne — Kiev: Naukova Dumka, 1977. — 355 p.
- Vasser S.P. (1980)** «La flore des champignons d'Ukraine: les Agaricales». Kiev: Naukova Dumka, 328 p.
- Veselovskij I.V., Lysenko A.K., Manko Yu.P.(1988)** «Malherbologie ukrainienne. — Kiev: Urozshaj, 71 p.
- Yagodin B.A.(1987)** «Travaux pratiques de chimie agricole». Moscou: Agropromizdat, — 512p.
- Zelikov V.D., Maltsev G.I. (1986)** «Le bases de la chimie en pédologie». Moscou: Agropromisdat, 238p.
- Zerova M.Ya. (1970)** «Les champignons comestibles et toxiques d'Ukraine. 2-d edt. Kiev Naukova Dumka, 137 p.
- Zerova M.Ya., Sosin P.E., Rozshenko G.L. (1979)** «Flore des champignons d'Ukraine». Vol.5. Basidiomycètes Kiev. Naukova Dumka, 565 p.40

ANNEXE N° 1 (1995)

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DESTINÉ À L'UKRAINE¹²

par le
Professeur Gilles Lemieux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Université Laval
Québec
Canada

Caractéristiques pédogénétiques du matériau

Le **Bois Raméal Fragmenté** ou **BRF** est constitué de rameaux fragmentés ayant un diamètre inférieur à 7 cm en morceaux de 1 à 10 cm se prêtant à l'invasion rapide des champignons Basidiomycètes qui en utilisent les nutriments tout en permettant à la lignine jeune de se dépolymériser pour constituer la base de l'humus, des acides humique et fulvique, la base même de la pédogénèse et de la constitution des chaînes trophiques.

Sources et qualités

C'est l'utilisation des rameaux de grands arbres ou d'arbustes qui n'ont pas d'utilité ni pour le bois de chauffe ni pour celui de sciage ou de charpente. Toutefois, il s'avère qu'au point de vue biologique, c'est une partie qui contient tous les éléments précieux pour la croissance: celluloses, hémicelluloses, lignine, protéines, tous les types de sucres de même que les hormones de croissance. À ces produits de la photosynthèse, il faut joindre tous les éléments chimiques nécessaires à cette dernière ainsi qu'à la croissance (NO_3^- , NH_4^{++} , P_2O_5 , K^+ , Ca^{++} , Mn^{++} , Fe^{++} , etc.). **Dans toute la mesure du possible, ce matériau doit être retourné au sol immédiatement sans fermentation ou compostage.**

Mécanismes de fonctionnement sur le sol

Pour que les BRF soient efficaces, il faut qu'ils entrent en contact avec le sol, soit sous la forme d'une nouvelle litière en forêt ou mélangés avec le sol agricole en agriculture, jardinage ou maraîchage. Si ces conditions simples de départ ne sont pas respectées, l'efficacité du processus est compromise. Si l'infection se fait par les bactéries ou Actinomycètes au départ, les Basidiomycètes seront repoussés et la dépolymérisation de la lignine sera aléatoire ou inhibée, introduisant ainsi des perturbations au niveau de la mise en disponibilité des nutriments puis dans la régie de l'eau.

Si les BRF ne sont pas en contact intime avec le sol, la colonisation se fera et les BRF seront métabolisés uniquement au profit des «colonisateurs» mais au

¹² Cette première proposition a été présentée au CRDI en 1995. Elle sera modifiée en mai 1996 à la suite des entretiens de Kiev avec le Dr Shabli.

détriment du sol. L'énergie que contiennent les BRF sera dissipée sans plus et les nutriments emportés dans l'eau de drainage ou par le vent selon les circonstances. Actuellement la métabolisation hors sol nous semble un don du ciel dans la perception «déchetière» de notre univers (résultat direct de l'esprit de *développement* plutôt que de recherche).

Les résultats différés: mécanismes et raisons

Dans tous les cas les résultats sont décalés d'au moins une année à moins que l'application n'ait été faite au début de l'hiver. Les transferts énergétiques se faisant lentement par concentration des cycles benzéniques et la modification de la structure de la lignine, les nutriments doivent passer dans la biomasse microbienne composée en premier lieu du mycélium des Basidiomycètes puis par les individus de la microfaune fongivore emprisonnant ainsi tous les nutriments et l'énergie dans la biomasse microbienne. C'est ainsi après une première ingestion, les nutriments sont bloqués dans cette biomasse, mais non soumis aux lois de la chimie conventionnelle, d'où l'absence de pertes par lessivage dans la nappe phréatique.

C'est l'activité de la biomasse microbienne qui sera responsable de la relaxation des nutriments dans la solution du sol pour la croissance des plantes, ce qui implique une utilisation optimale et des pertes minimales. C'est la raison principale des résultats obtenus soit des augmentations de rendement qui vont de 30% à 1000%. Pour cela il faut des nutriments, de l'énergie et une régie des deux en synchronisation avec les besoins des plantes. Voilà ce qu'apportent les BRF au sol avec des effets qui se font sentir fortement sur une période de 5 ans sous nos conditions de climat. C'est tellement élémentaire que peu en comprennent l'abc.

Les paramètres qui seront modifiés

Les paramètres modifiés seront nombreux tant du sol lui-même que des plantes qui y sont cultivées:

- a) la couleur du sol devient plus sombre (ce qui sera différent sur les tchernozem probablement)
- b) la structure réapparaîtra sous la forme d'agrégats stables à l'eau. Ceux-ci sont constitués de matières minérales et végétales, contenant les spores de champignons et les bactéries nécessaires à la décomposition des polyphénols. Le ciment est constitué des polysaccharides extracellulaires sécrétés par les Basidiomycètes en particulier. De ce fait, les agrégats deviennent des aliments à leur tour et sont détruits par la flore bactérienne en particulier, faisant ainsi partie du cycle énergétique. Il faut donc pourvoir au remplacement.
- c) c'est le mécanisme que nous venons de décrire qui sera le plus important dans la prévention de l'érosion qui cause des pertes de sol si importantes. Non seulement les agrégats permettent l'existence d'une atmosphère dans le sol mais permettent la gestion du CO₂, de l'oxygène et de l'eau de la solution du sol.

d) on doit passer sous silence toute la gestion et la production de polyphénols à partir de la lignine, responsables de la germination et de la stabilité de l'«édifice» sol. Ainsi avons nous noté la disparition de nématodes en milieux tropicaux et d'un contrôle important des pucerons en milieux tempérés. On soupçonne que le contrôle de la mouche blanche des fruits pourrait avoir comme origine la surabondance d'azote libre dans le sol. C'est à prouver.

e) l'augmentation du contenu en matière sèche chez la pomme de terre est un phénomène imprévu mais qui a de nombreuses répercussions économiques. Il en va de même de l'élimination presque totale des sclérotés de *Sclerotheca solani*.

f) chez les graminées, la répartition des nutriments dans les pailles et les grains est très différente dans les champs traités aux BRF. Ici on note une augmentation de 30% du nombre de grains par épi accompagnée d'une augmentation du poids de chacun.

g) en climat tropical, l'augmentation en matière sèche du maïs est de l'ordre de 400% en Côte d'Ivoire, mais les essences utilisées ont montré des variations importantes.

h) il en va de même chez les maraîchers de la zone des Niayes à l'est de Dakar au Sénégal avec des augmentations de 400% chez la tomate, 300% chez la tomate amère (*Solanum æthiopicum*) et de 1000% chez l'aubergine par rapport aux témoins.

Cahier des charges: première option

Comme les conditions dans lesquelles la première expérimentation devra se faire me sont étrangères à ce point, il faudra établir un dispositif expérimental de petites parcelles à quatre répétitions avec témoins. Ceci aura pour but de rassurer les statisticiens et de permettre d'évaluer *de visu* les praticiens, surtout les paysans du canton.

L'approvisionnement en rameaux

Théoriquement, ces rameaux pourraient être importés de régions plus éloignées, mais en pratique il serait préférable que les gens du pays voient rapidement une source d'approvisionnement en relation avec les résultats escomptés.

Je propose que l'on fragmente à l'aide d'une fourragère (les fragmenteuses forestières risquent d'être d'accès difficile) des rameaux d'essences connues provenant d'élagage de plantations en concomitance avec des rameaux de milieux forestiers naturels (toutes les espèces de feuillus en mélange)

Les parcelles

Elles auront un are chacune (10 mètres de côté) y compris les témoins avec ou sans engrais chimiques. On y plantera ou sèmera des espèces communes de la région: blé, maïs, tournesol, pomme de terre, tomates etc...

Préparation du sol

Après fragmentation, les BRF seront épandus à raison de 2cm d'épaisseur et intimement mélangés avec les 10 premiers cm du sol tout simplement à l'aide d'un râteau d'une herse de type «chisel» ou d'une bêcheuse rotative.

Période d'épandage

La première période d'épandage devrait se situer en décembre ou début janvier avec une seconde plus problématique en pleine saison de croissance. Dans la deuxième conjoncture, il faut prévoir un supplément azoté d'origine naturel si possible pour un équivalent de 500 gr de NO_3 par tonne verte de BRF. La présence de feuilles fermentescibles apportent toujours des difficultés par rapport à l'infection primaire par les Basidiomycètes.

Les évaluations

Toutes les parcelles doivent être évaluées en ce qui regarde un grand nombre de paramètres

a) La végétation

C'est en mesurant la taille et le poids des divers organes que nous obtenons les meilleurs évaluations

- 1) pour ce faire on pèse les fruits ou on compte le nombre de grains par épi chez les graminées.
- 2) on pèse les feuilles et les tiges.
- 3) on extrait et on fait sécher le système racinaire pour le peser, débarrassé de la terre qui s'y attache
- 4) durant toute la saison de croissance une mesure de l'accroissement en hauteur sera faite

La végétation adventice

Des observations locales comme en Afrique nous montre un changement considérable dans la flore adventice
La composition d'une telle flore change et surtout son agressivité. Toutes les observations et mesures à ce chapitre sont intéressantes et permettent d'expliquer les augmentations de rendement.

Les paramètres sanitaires

En même temps on procède aux observations sanitaires comme la présence de nématodes, de sclérotés de

Scleroderma solani, chez la pomme de terre, etc... en comparant toujours les divers traitements par rapport aux témoins.

Les analyses

Il faut procéder à l'analyse des nutriments et à leur répartition dans la plante depuis les racines, la tige, les feuilles et les fruits.

L'analyse du contenu en protéines, du rapport C/N et des contenus en fibres doit être faite selon les espèces.

b) Le sol

Il va de soi que la partie la plus importante sera le sol selon divers paramètres.

- 1) Comparaison de la couleur par rapport aux témoins
- 2) Concentration de la solution du sol en sels dissous
- 3) mesure du pH dans les 10 premiers cm.
- 4) mesure du rapport C/N
- 5) évaluation et comptage des agrégats stables à l'eau par gramme
- 6) évaluation et identification des champignons et des bactéries
- 7) évaluation et identification de la microfaune par la méthode de piégeage sous lumière.
- 8) évaluation de la phosphatase alcaline
- 9) évaluation des acides aminés libres dans le sol.
- 10) mesure de l'indice d'entraînement du fer et de l'aluminium
- 11) analyse de N, P, K, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Na etc...
- 12) piégeage à l'alcool des lombricidés et comptage des cocons si possible.

Cahier des charges: seconde option

Si il s'avère impossible de procéder avec minutie pour l'obtention de données fiables au point de vue scientifique, une seconde option plus pragmatique mais non moins percutante peut être proposée.

Il s'agit de proposer la fragmentation de tous BRF disponibles, de les épandre sous la forme d'une couche de 2cm d'épaisseur et d'y planter ou semer la plante disponible et de mesurer visuellement les résultats, sans autre forme de procès. Les différences observées à la récolte devraient susciter des réactions

ANNEXE N° 2

Tableau n° 1. Classification des sols par leurs contenus en humus (d'après Tyurin)

Contenu en humus	Coloration	Indicateurs
Très bas	rouge	0-20
Bas	orange	2,1-4,0
Moyen	jaune	4,1-6,0
En hausse	vert	6,1-8,0
Haut	bleu pâle	8,1-10,0
Très haut	bleu	> 10,0

Table 2. Les sols caractérisés par le pH

Les niveaux	Coloration	Valeurs
Très acide	vert foncé	<4,0
Acide	rouge foncé	4,1-4,5
Moyennement acide	rouge	4,6-5,0
Basse acidité	orange	5,1-5,5
Près de la neutralité	jaune	5,6-6,0
Neutre	vert pâle	6,1-7,0
Peu alcalin	bleu	7,1-7,5
Alcalinité moyenne	bleu foncé	7,5-8,0
Très alcalin	brun	> 8,5

Table 3. Contenu des sols en azote faiblement hydrolysé
d'après *Cornfield* exprimé en mg/kg de sol

Contenu en azote	Valeurs
Très bas	moins de 100
Bas	101-150
Moyen	151-200
Haut	plus de 200

Tableau 4. Contenu des sols en phosphore et potassium assimilables
d'après *Kirsanov* exprimé en mg/kg de sol.

Contenus	Phosphore	Potassium
Très bas	moins de 20	moins de 40
Bas	21-50	41-80
Moyen	51-100	81-120
En hausse	101-150	121-170
Haut	151-250	171-250
Très	plus de 250	plus de 250

Tableau 5. Contenu du sol en calcium et magnésium échangeable
exprimé en milliéquivalents par 100 g .

Contenus	Ca++	Mg++
Très bas	0-2,5	0-0,5
Bas	2,6-5,0	0,6-1,0
Moyen	5,1-10,0	1,1-2,0
En hausse	10,1-15,0	2,1-3,0
Haut	15,1-20,0	3,1-4,0
Très haut	plus de 20,0	plus de 4,0

Table 6. Le manganèse et la somme des bases échangeables

Contenu	Mn, mg/kg de sol	Bases échangeables , Milliéquivalents/100 g de sol
Très bas	mins de 15	moins de 5
Bas	16-20	5,1-10,0
Moyen	21-30	10,1-15,0
En hausse	31-45	15,1-20,0
Haut	46-75	20,1-30,0
Très	76-100	plus de 30

ANNEXE N° 3

LISTE DES AUTEURS ET DES PRINCIPAUX COLLABORATEURS

Chervonyj, A. Ye. Directeur de projet et du laboratoire de la Station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Fouchilo, Ya. D. Associé sénior de recherche en sciences agricoles de la station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Radchuk, M.F. Associé sénior de recherche en sciences agricoles de la station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Grinchenko, M. Associé sénior de recherche en sciences agricoles de la station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Rydbak, V.O. Associé sénior de recherche en sciences agricoles de la station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Ellaska, I. O. Chercheure principale de l'Institut de Microbiologie et de Virologie de l'Académie Nationale des Sciences de l'Ukraine (microbiologie)

Professeur Padiy M. Chercheur principal associé de l'Université Agricole Nationale (entomologie)

Svyridenko, V.I. Chercheur associé Station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Dushar, B.I. Associé sénior de recherche Station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Sosnovskij, E.V. Associé junior de recherche Station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

Lyannskh, M. Assistan sénior de laboratoire, Station Forestière Expérimentale de Boyarska, Kiev.

ACRONYMES

BRF	Bois Raméal Fragmenté
M	Valeur moyenne d'une variable aléatoire
m	Erreur de la valeur moyenne
s	Déviation standard
V	Facteur de variation
P	Précision de la valeur moyenne

oo

ANNEXE N° 4

***Deuxième proposition à l'Ukraine pour l'établissement d'une série
d'expériences scientifiques portant sur les caractéristiques
pédogénétiques des BRF
en agriculture***¹³

par le
Professeur Gilles Lemieux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
Université Laval
Québec
Canada

Cette proposition de recherche porte sur l'amélioration des sols dans une optique à la fois écologique et économique de la gestion de l'environnement. C'est dans un cadre agricole en relation avec la forêt que cette proposition se situe et le CRDI est disposé à lui consentir une aide financière avec l'assistance scientifique de l'Université Laval, Québec, Canada.

Tel que défini dans la publication portant le titre de : «*Cet univers caché qui nous nourrit: le sol vivant*» (Lemieux (1996)¹⁴ et dans la version en langue ukrainienne effectuée par le CRDI «*Les germes scientifiques et économiques de la révolution verte au Sahel*» [Lemieux 1995]¹⁵, le projet traite de l'utilisation du bois raméal provenant de branches ayant moins de 7 cm de diamètre. Elles sont fragmentées et incorporées au sol pour en faire l'aggradation et ainsi constituer une sol «forestier» sans la présence des arbres mais pour des besoins agricoles.

Voici les lignes de l'entente conclue entre la Station forestière expérimentale de Boyarska et l'Université Laval. Ceci ne constitue pas un ensemble de

¹³ Ce texte a été proposé à la suite de la première rencontre de Kiev. Il n'a pas été respecté entièrement en particulier à cause du changement de culture passant de la pomme de terre au seigle. Ce fut le résultat d'une grande méfiance de nos collègues ukrainiens à l'endroit de notre proposition première

¹⁴ Lemieux, G. (1996) Publication n° 59, 55 pages ISBN 2-921728-15-X Université Laval, Québec, Canada

¹⁵ Publication de l'Université Laval et de l'ACDI, octobre 1995, 2 pages ISBN 2-921728-13-3.

contraintes formelles mais énoncent les moyens en vue d'enrichir les connaissances scientifiques de l'ensemble du processus.

En quelques mots, la technologie qui utilise les BRF pour améliorer et réhabiliter les sols est axée sur la dépolymérisation de la lignine aux nutriments chimiques des rameaux sur lesquelles s'effectue la photosynthèse par les feuilles qu'ils supportent. Fragmentés, ces rameaux sont incorporés aux 10 premiers centimètres du sol où il se métabolisent complètement en contribuant à la structuration des chaînes trophiques tout en maintenant la fertilité et la productivité du sol, sa structure et sa durabilité.

Durant les pourparlers, les deux parties ont reconnu la pertinence du type de lignine des Dicotylédones, comme les arbres, pour l'amélioration de la structure et de la fertilité des sols.

A- Les essences suggérées

Comme il a été impossible de dresser une liste complète des essences disponibles en Ukraine, nous recommandons les essences suivantes comme matériel de base pour obtenir les BRF nécessaires aux expériences scientifiques:

- a) Tilleul (*Tilia cordata*, *T. europaea*, *T. platiphyllos*)
- b) Robinier (*Robinia pseudoacacia*)
- c) Tremble (*Populus tremula*).
- d) Bouleau (*Betula verrucosa*)
- e) Chêne (*Quercus robur* [syn. *Q. pedunculata*])
- f) Érables (*Acer platanoides*, *A. negundo*, *A. saccharinum*)
- g) Marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanum*)
- h) Pin sylvestre (*Pinus silvestris*)

B- Les techniques de fragmentation

Les rameaux des essences retenues doivent avoir moins de 7 cm de diamètre. Au tout début de l'hiver, les essais devraient débiter avec des rameaux dépourvus de feuilles. Au printemps, les essais continueront avec des parcelles qui recevront des BRF comprenant des feuilles.

La fragmentation des BRF devrait se composer de fragments n'excédant pas 10 cm. de longueur. Deux types de machines peuvent être utilisées pour la fragmentation. La première machine peut être une fragmenteuse à couteaux rotatifs ou montés sur un volant. Le second type est un broyeur à marteaux sans couteaux mais muni d'un tamis qui calibre les particules à la sortie. Les fragments obtenus seront plus petits mais également plus uniformes¹⁶. Plus les fragments

¹⁶En république Dominicaine nous avons utilisé un broyeur à marteaux d'origine italienne avec un moteur Brigg & Stratton de 8 hp.

¹⁷ C'est finalement le seigle qui sera choisi

sont petits, plus il faut surveiller la fermentation spontanée qui déprécie grandement les BRF.

C- Transport et épandage immédiats

Pour éviter des pertes de qualité, l'épandage doit être fait immédiatement après la fragmentation. Il est important que les BRF soient d'abord colonisés par les Basidiomycètes car une colonisation bactérienne empêcherait la dépolymérisation de la lignine, ne pouvant donner les acides humique et fulvique. La fragmentation automnale ou hivernale réduit les dangers de colonisation bactérienne tout comme les fermentations, car les feuilles sont tombées et les températures sont inférieures.

D- Sites et superficies nécessaires.

Les parties ont estimé que la superficie nécessaire serait de moins d'un hectare. Comme aucune labour ne sera pratiqué, le sol sera préparé par un chisel et un hersage. Le site n'a pas été identifié sur le terrain mais le sera dans les environs de Kiev. Il sera divisé en quatre blocs.

E- Les parcelles et leurs caractéristiques

Chaque essence forestière dont les BRF feront l'objet de recherche occupera des parcelles de 15 m² (3 x 5m.). Toutes les mesures et les observations seront faites dans les 4 m² du centre de chaque parcelle pour éviter les effets de bordure.

À l'épandage, la couche de BRF appliquée ne doit pas dépasser 2 cm d'épaisseur ou 200m³/ha.

Le bloc **A** de chaque dispositif ne recevra que les BRF.

Le bloc **B** recevra en plus des BRF, 150 g. de litière forestière.

Ces blocs seront répétés dans les deux dispositifs dont le premier sera établi tôt au printemps et le second en septembre de la même année.

Une série de parcelles témoins sera distribuée au hasard dans les deux dispositifs.

F- La préparation des parcelles

La couche uniforme de BRF frais n'excédant pas 2 cm sera mélangée aux premiers 10 cm du sol. Cette opération a pour but d'assurer la colonisation rapide par les Basidiomycètes pour s'assurer que le processus d'aggradation s'installe.

G- La nécessité d'une culture d'évaluation

Dans le but de mieux comprendre le processus d'aggradation, plusieurs paramètres doivent être observés et mesurés. Les résultats, selon des variables indépendantes et variées, vont refléter les caractéristiques du sol et des plantes. On se doit d'utiliser une espèce qui va réagir à court terme alors que les modifications à long terme seront mesurées dans le sol même.

Comme le but avoué de cette recherche est d'augmenter autant la quantité que la qualité des récoltes en fonction d'une saine économie et un environnement de qualité, on devrait utiliser une plante d'importance économique reconnue.

La pomme de terre¹⁷ sera la première culture témoin pour cette expérience. Les tubercules devront être plantés immédiatement après l'épandage des BRF. Il est important de ne pas appliquer de fertilisants azotés, même si les plantes en montrent une déficience momentanée. Cette carence temporaire sera corrigée par le sol lui-même et ne sera pas dommageable aux plantes¹⁸. Il sera nécessaire d'utiliser un insecticide pour contrôler les populations de doryphores.

H- Le suivi des parcelles durant la période de végétation

La plupart des observations se feront durant la période de végétation de la pomme de terre. Elles devront être consignées à partir de la plantation.

- 1) Un paramètre important à mesurer sera la taille des plantes établies chaque semaine.
- 2) La vigueur ou le retard de la croissance des plantes devront être évalué tout comme la couleur du feuillage.
- 3) La présence ou l'absence d'insectes parasites tout comme la présence de maladies fongiques devront être soigneusement notées.
- 4) La mesure des tiges à la récolte est également un bon indice de la vigueur et peut être corrélié au rendement en tubercules.
- 5) L'analyse de ces données permettra de comparer le mode de croissance aussi bien dans les parcelles expérimentales que dans les parcelles témoins.

I- La récolte

C'est à l'époque de la récolte que les succès ou les lacunes de la méthodologie suivie apparaîtront:

- a) Pour chaque parcelle, les tiges et les feuilles seront récoltées et mises à sécher afin de mesurer leur teneur en matière sèche.
- b) Tous les tubercules par plante seront comptés et pesés.
- c) On procédera à l'évaluation de l'état sanitaire des tubercules.

¹⁸Guay, E. Lachance, L., et Lapointe A. (1982) « Emploi des bois raméaux fragmentés et des lisiers en agriculture » Ministère des Terres et Forêts du Québec, 77 pages, ISBN 2-550-21339-4

- d) Le système racinaire sera également évalué par la mesure de la teneur en matière sèche. On devra porter une attention particulière aux parasites des racines comme la présence de nématodes.
- e) Les sclérotés de *Scleroderma sclerotinum* devront faire l'objet d'un comptage minutieux sur les tubercules.
- f) Dans toute la mesure du possible, une évaluation du comportement des tubercules à l'entreposage devra être effectuée et sur une longue période dans le but de mesurer l'influence des différentes essences forestières sur la conservation.
- g) Des appréciations gustatives devront être faites pour mesurer l'amélioration des propriétés organoleptiques des tubercules ainsi traités.

J- Une première évaluation de la microfaune et de la microflore

Les échantillons de sol serviront à l'évaluation de la microfaune capturée en par des pièges lumineux et les spécimens récoltés dans de l'éthanol. On procédera par la suite à l'identification des groupes et des espèces. Les plus importants seront sans doute les lombrics, acariens, collemboles etc...

Comme les Basidiomycètes¹⁹ sont les organismes les plus importants et les plus actifs dans l'aggradation du sol, leur identification est essentielle. Toutefois des difficultés peuvent surgir si d'autres fungus comme le Actinomycètes colonisent en premier les BRF. Une identification rigoureuse permettra une meilleure interprétation des résultats.

L'une des sources les plus importantes d'azote, sinon la plus importante en terme d'équilibre, provient de l'activité enzymatique des bactéries non symbiotiques. On devra procéder à la mesure de l'activité enzymatique de ces bactéries en les identifiant tant dans la rhizosphère des racelles qu'autour des hyphes des mycorhizes.

Tout ceci doit se faire en relation avec les mycorhizes qui, à leur tour, seront évaluées et pourront compter des Basidiomycètes mêmes.

Quant à la mésofaune, une attention particulière sera portée aux lombrics et aux espèces qui en font partie. Ils sont d'une grande importance pour briser les liens du complexe tannins-protéines et d'autres composés polyphénoliques²⁰.

K- Les analyses chimiques

¹⁹ Dommergue, S.Y & Mangenot, F. (1970) «Écologie microbienne du sol»
Eriksson, K.E., Blanchette R.A. & Anderson, O. (1990) «Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components»
Kirk, T.K. & Fenn, P. (1982) «Formation and action on ligninolytic system in Basidiomycetes»
Rayner, A.D.M & Boddy, L. (1988) «Fungal decomposition of wood: its biology and ecology»
²⁰ Davies, R.L. (1971) «Relation of polyphenols to decomposition of organic matter and to pedogenetic processes»
Harborne J.B. (1995) «Plant polyphenols and their role in plant defence mechanisms»
Haslam, E. (1995) «Complexation and oxidative transformation of polyphenols»

Comme la chimie des sols est très bien développée en Ukraine et depuis fort longtemps, on pourra très bien détecter les différences entre les BRF provenant de différentes essences forestières. Toutefois, nous désirons souligner l'importance des mesures liées au ratio C/N, au phosphore et au potassium assimilables ainsi qu'au Ca, Al, Fe, Mn, Zn, et Cu²¹.

L- Les caractéristiques physiques du sol

Le contenu en «matière organique» du sol doit être mesuré avec précision car ces mesures peuvent avoir plusieurs significations encore mal comprises. Il y a toutefois des liens entre la dépolymérisation de la lignine et les types de polyphénols du sol, dans une période donnée. Elle reflète le processus de la pédogénèse qui nous préoccupe.

Une attention spéciale doit être portée aux changements de coloration du sol. La couleur devrait passer au brun foncé²² soit une couleur plus intense que dans les parcelles témoins. Si la couleur du sol tourne au noir, elle indique une mauvaise évolution du carbone et va plutôt vers l'entourbement et vers des niveaux inférieurs de productivité.

La quantité d'agrégats stables à l'eau devrait augmenter. Une première évaluation devrait être faite à la fin de la première saison.

Si on devait irriguer, il faudrait porter une grande attention entre parcelles expérimentales et parcelles témoins. L'utilisation de grandes quantités d'eau peut causer un manque d'oxygène temporaire et arrêter ainsi complètement le processus de dépolymérisation de la lignine et du fait même, l'ensemble du processus de pédogénèse.

Des observations comparatives seront nécessaires en ce qui a trait à la structure du sol. Que le sol soit lourd ou léger, la structure devrait s'améliorer rapidement. Les variations en électrolytes du sol devraient être mesurées chaque mois durant la période de végétation au cours des deux premières années.

M-Les caractéristiques physico-chimiques du sol

Le pH sera mesuré à l'aide d'un pHmètre conventionnel et pour le sol et dans l'eau. Les échantillons seront prélevés dans les 10 premiers centimètres du sol tous les mois durant la période de végétation. On obtiendra ainsi des données sur l'évolution du carbone, de l'aluminium, du fer et du calcium. Les parcelles expérimentales et les parcelles témoins seront échantillonnées et mesurées simultanément.

²¹Lemieux, G. & Furlan, V. (1996) « Protocole d'essais pour l'utilisation des bois raméaux fragmentée »

²²Leisola, M.S.A. & Garcia S. (1989) «The mechanisms of lignin degradation»

part, il s'embles bien que les essences ayant un taux de lignine syringyl élevé sont nettement plus efficaces (*Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L. et *Robinia pseudoacacia* L.) alors que les essences, pionnières appartenant surtout aux familles des Betulacées (*Betula verrucosa* Ehrh., *Alnus glutinosa* Gaertn.) et des Salicacées (*Salix caprea* L. et *Populus tremula* L.) sont nettement moins riches en lignine et particulièrement en lignine syringyl, et elles sont moins efficaces en regard de la fertilité des sols.

Presque tous les indices mesurés sont largement positifs, surtout lorsque de la litière forestière est ajoutée à raison de 10 g/m². Ceci rejoint en grande partie nos observations de la décennie 1980-1990, mais l'étude statistique des différents paramètres vient le confirmer.

Il reste donc à compiler toutes ces données, par essence pour en évaluer le potentiel réel et par la suite évaluer les interactions entre essences pour obtenir finalement ce que nous cherchons: une technologie complexe et adaptable aux différents paramètres qui régissent la fertilité des sols tant forestiers qu'agricoles.

La collaboration entre la Dr Stevanovic-Janezic, dont la compétence en matière de synthèse de la lignine est exceptionnelle et d'autres chercheurs européens comme le Dr Senesi de l'Université de Bari en Italie, va permettre la progression de nos connaissances scientifiques dans le domaine de la synthèse de l'humus et de la formation des sols, de la pédogénèse, à la fois par la biochimie et la biologie tellurienne.

Professeur Gilles Lemieux
Université Laval, Québec
28 mai 1999

oo

