

BRF ET PÉDOGENÈSE

CIRAD-AGROPOLIS-UNIVERSITÉ LAVAL

Montpellier

27 mars 2006

FRANCE

Les actes

Regard croisé sur les BRF (Bois Raméal Fragmenté) et leur utilisation agricole

**rédigé par
FRANCIS FOREST
Agroclimatologiste
CIRAD-ca
Montpellier**

**Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux
Département des Sciences du Bois et de la Forêt
UNIVERSITÉ LAVAL
Québec G1K 7P4**

**Canada RegARDS croisés sur les BRF Bois raméaux
fractionnés et leur utilisation agricole.
Réunion au Centre Cirad - 27 mars 2006**

Participants

Mme Tatjana Stevanovic, ing., Ph.D. professeure titulaire, Département des sciences du bois

et de la forêt, Université Laval, Québec, Canada

Mr Daniel Henry, agronome , Université Laval, expert ACDI.

M. Michel Raunet , morphopédologue, CIRAD -ca

M. Francis Forest , Agroclimatologiste, Cirad-Ca

M Miche Valès, Ecophysiologiste, Cirad-Ca

M. Raphael Manlay, écologie forestière

M. Bernard barthès

M. P. Enjalric, agronome

M. E Penot , agro économiste – plantations perennes. Cirad-CP.

M. F. Ganry, agronome (excusé , a rencontré D. Henry le 28)

Antécédents.

Les travaux du Pr Lemieux sont largement connus au sein de la communauté agronomique française. De par leur originalité, ils font ainsi l'objet de controverse voire d'une relative réserve de la part des spécialistes des sciences du sol, en particulier lorsque l'usage des BRF est mis en relation avec un rôle sur la *pédogenèse des sols* Envisagée à l'occasion de précédentes rencontres entre nos collègues canadiens avec M. Michel Griffon de la direction générale du Cirad, cette réunion amicale au Centre de Montpellier, visait , autour des BRF, à échanger et à tenter de clarifier les points de vue des agronomes des forestiers et des spécialistes des sciences du sol.

Objectif :

Echanger les points de vue et expériences conduites en agriculture écologique (technologie SCV) et en agroécologie (technologie BRF). En pratique, la réunion visait aussi à identifier les possibilités de collaboration entre des équipes françaises canadiennes et européennes à partir d'une reconsidération des concepts et enjeux scientifiques tels que fertilité, résilience, pédogenèse, susceptibles d'être remis en cause par les BRF d'une part et les SCV d'autre part. Dans l'affirmative, si les équipes le souhaitent et sous réserve qu'un enjeu majeur pour l'action serait confirmé, une initiative de type ANR, voir de type 7ème PCRD pourrait être envisagée : en particulier les expérimentations et analyses visant à mieux comprendre le rôle de la lignine et des champignons dans le processus d'agrégation du sol cultivé sous ces deux modalités de gestion de la phytomasse que sont les plantes cultivées et de couverture, leur mulch résiduel d'une part, et l'apport et l'épandage de bois raméal fragmenté à la parcelle cultivée, d'autre part.

La lignine support renouvelable source des bio-transformations en écosystème forestier.

En introduction aux présentations des approches « techniques », une réflexion de nature biochimique, a été proposée par Mme Tatjana Stevanovic, ing., Ph.D. professeur de l'université de Laval (Québec) autour de l'importance sous estimée de la lignine et de son rôle dynamique dans la régulation et la résilience du système sol-plante, en particulier dans le cas de l'écosystème forestier. Son exposé a permis de lancer une discussion autour des processus biochimiques et microbiologiques à la base des concepts de fertilité, résilience et stabilité des écosystèmes forestiers mais aussi cultivés.

« Il a été rappelé ainsi que l'utilisation des BRF en agriculture visait aux services agro-environnementaux suivants :

- valorisation des résidus forestiers par apport de **la lignine** et d'autres polyphenols d'origine forestière
- amélioration de la fertilité des sols par reconstitution de **l'humus**
- contribution à la séquestration du **carbone**
- contribution à la **préservation de l'environnement et à agro-écologie**¹ par recyclage des sous-produits et de résidus de l'exploitation forestière ,

Le rôle de la ligne et des polyphenols en général

Les polyphénols, en mobilisant les champignons, lesquels interagissent avec les constituants du bois (dont les polyphénols), et contribuent à la production des substances humiques et de l'énergie pour les arthropodes, qui participent à la création de la chaîne trophique (nutrition), sont, dans ce processus, considérés comme les **pilliers des sols fertiles et durables**. Ces polyphenols, en particulier, les lignines comme les constituants structuraux, proviennent des résidus fragmentés issus de l'exploitation forestière : les BRF (bois de feuillus). On rappellera que ceux-ci comprennent :

- Les écorces qui sont riches en polyphénols
- Les Polyphénols structuraux , soit les lignines constituants à la fois des cellules du bois et de l'écorce et de tous les tissus vasculaires

¹ Cf définition d'Altieri 2004: *The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments*. in *Agriculture Ecosystem-1971(2002)*.1-24.

- Les Polyphénols extractibles : les tannins condensés qui ont les constituants importants des écorces des arbres et d'autres types de polyphénols dans le bois et dans l'écorce

Les Polyphénols et l'humification dans les sols forestiers

On rappellera que les ressources riches en lignines et en autres polyphénols décomposent plus lentement que les sucres et les protéines. Cette caractéristique fonde la théorie de la formation de l'humus dans les sols forestiers à partir des polyphénols avec les hypothèses suivantes :

Les substances humiques sont une combinaison des biopolymères biodégradés

L'avancement de biodégradation dépend de:

- i) la structure de la lignine et des polyphénols dans le *matériau végétal du départ*
- ii) la nature des microbes du sol.

Les polyphénols déterminent la structure des substances humiques (les acides humiques) dans les sols forestiers. En effet, les analyses élémentaires des acides humiques ressemblent mieux à celles de la lignine saine qu'à celles de la lignine biodégradée. Il conviendrait alors de vérifier les hypothèses suivantes susceptibles de valider le principe de conservation de la lignine et de son rôle dans la fabrication des acides humiques : Soit montrer que la partie préservée après la biodégradation de la lignine est :

- liée à la matrice du sol ;
- sous une forme macromoléculaire, partiellement modifiée seulement ;
- active et contribue à la formation d'humus par des réactions à la fois de dégradation et de condensation.

Soit , en terme de méthodes analytiques au laboratoire, démontrer que

- Les propriétés spectrales de la lignine (de BRF en particulier) et des acides humiques sont comparables
- Idem pour la composition élémentaire : C/N dans les BRF, dans les acides humiques et dans la lignine de l'écorce... »

Outre l'intérêt scientifique d'être en mesure d'expliquer les raisons pour lesquelles l'écosystème forestier est stable et durablement productif, l'exposé concluait à l'opportunité d'appliquer la « technique de la forêt » au cas des sols agricoles en faisant appel aux BRF considérés comme une des solutions pour mettre en synergie AGRICULTURE ET FORESTERIE.

Le contexte des BRF et la revisite du concept de fertilité.

Pour bien mesurer les enjeux, il convient de citer le texte ci après extrait d'une publication de M Daniel Henry, agronome de l'Université LAVAL, laquelle fait référence aux travaux du Pr Lemieux .

« L'évolution socio-économique de nos sociétés a suscité un profond divorce entre l'agriculture et la forêt. Peu se soucient du fait que les sols agricoles sont presque toujours issus de sols forestiers, et que ceux-ci dérivent de la forêt feuillue sous toutes les latitudes. Les sensibilités écologiques initiées dans les années 60 provoquent de nombreuses réflexions, tant sur l'environnement que sur la crise de civilisation actuelle. Notre anthropocentrisme nous a fait connaître intimement notre monde, mais nous a également forcés à l'« **artificialisation** » qui entraîne inévitablement des baisses de rendement et de qualité, menaces directes de

l'écoviabilité de notre économie. Tous les efforts ont porté sur la minéralisation en agriculture et en foresterie. Peu a été fait sur **l'humification** qui, en fait, régit la **minéralisation** et la fertilité... En comparant les sols agricoles et forestiers, il faut admettre que toute la sylviculture retient l'agriculture comme modèle de référence, d'où l'«artificialisation» de la forêt sans horizons écologiques et économiques pondérables. La lignine des Angiospermes est au centre de **l'humification et des contrôles biologiques de la fertilité**. C'est par la dépolymérisation faite par les Basidiomycètes («pourritures blanches») que la **lignine donne un humus stable et réactif**, base de toutes les réactions biochimiques et microbiologiques du sol. Plusieurs filières sont responsables de la fertilité, et l'une des principales est *la filière fongique*, avec un facteur limitant toutefois, qui est la barrière aliphatique occasionnée par la présence et la synthèse de matières grasses. La seconde filière est celle de la *faune du sol*, largement tributaire de la filière fongique, suivie de la filière générale que nous avons appelée «microbiologique», la plus commune en sols agricoles. Finalement, la filière biochimique s'intéresse au rôle des polyphénols et du complexe tanins-protéines. Il faut ajouter ici la structure de la lignine elle-même, responsable du fonctionnement de ces filières. Le bois raméal fractionné (BRF) est à la base de la compréhension de tous ces processus par la possibilité d'application de la méthode expérimentale. L'absence d'attention portée à la structure et l'importance du **système humique est sans doute à la base de la crise agricole actuelle et principalement de la désertification**. Pour ce qui est de la forêt, la crise est imminente et ne saurait tarder. Il est urgent d'amener les universités à coopérer dans un effort de compréhension et de recherche à l'échelle internationale

Le contexte des SCV et la reconsidération du potentiel agronomique des cultures.

Il convient ici de faire référence aux travaux de M Lucien Séguy et al, initiés au Brésil , puis développés avec succès à Madagascar , au Laos, au Cameroun ..« Prenant pour hypothèse que la production agricole dans les régions chaudes et humides de basse altitude de l'ouest (Mato Grosso) et du centre (Cerrados) du Brésil était limitée par des modes de gestion des sols inadaptés aux conditions naturelles de ces écosystèmes, les auteurs ont conçu et développé une démarche agronomique qui a conduit à la mise au point progressive de systèmes de culture basés sur le semis direct des cultures (riz soja, coton...) sur des couvertures végétales permanentes. Les recherches conduites ont visé à démontrer qu'une alternative agronomique est possible au transfert des modes de gestion mécanisée des sols développés dans les pays du nord , lesquels on eu des effets négatifs désastreux sur les agricultures du Brésil , en particulier sur la dégradation et l'érosion des sols, sur leur qualité biologique, sur la contamination de l'eau par les sédiments, les éléments minéraux (*eutrophisation des milieux, pollution des nappes par les nitrates*), et les pesticides.

Pour enrayer ce processus, le semis direct mécanisé sur paillis avait été introduit dans le sud du Brésil (climat d'altitude subtropical) dès les années 70 avec un ensemble de travaux conduits principalement par la Fondation ABC et l'IAPAR. Ces systèmes ont rapidement donné satisfaction en raison notamment de la bonne protection du sol par les litières du fait de la faible température limitant la dégradation de la biomasse. En revanche, en zone tropicale chaude de basse altitude, ces techniques n'eurent pas le succès espéré car elles ne permettaient qu'une protection éphémère en raison d'un taux de minéralisation de la matière organique très élevé (supérieur à 5 %).

Face à ce constat, et pour répondre aux attentes des producteurs récemment installés dans les fronts pionniers amazoniens, les premiers travaux dès 1990, de l'équipe du CIRAD associée à des partenaires brésiliens² ont permis de démontrer la nécessité de faire appel à des plantes de couverture et non au seul mulch pailleux, pour assurer une production durable de biomasse (aérienne et souterraine) nécessaire pour garantir d'une part l'obtention d'une litière protectrice et d'autre part pour assurer une installation durable dans le profil d'un chevelu racinaire améliorateur des caractéristiques biologique et physique du sol cultivé.

Après plus de dix années de travaux, les résultats au champ et en vraie grandeur, ont confirmé la véracité des hypothèses initiales et de plus ils ont montré qu'il est possible avec ces techniques de semis direct sur couverture végétale permanente d'atteindre voire de dépasser les normes de rendement potentiel communément admises par la communauté scientifique. On citera le cas du riz pluvial produisant plus de 7 t/ha sur des sols ferrallitiques chimiquement vides, parmi les plus pauvres du monde (L Séguy, 2003).

Pour expliquer ces performances, la réflexion proposée par les auteurs conduit à remettre en cause le concept de fertilité communément répandu en redonnant son importance à l'interaction entre l'activité biologique (faune, microflore) dans le sol considérablement augmentée et la dynamique de dégradation de la litière (cellulose, lignine..) considérée comme le produit du recyclage sans cesse renouvelé des éléments fertilisants, assuré par une activité racinaire quasi permanente au cours de l'année qu'autorise les systèmes de culture ainsi mis au point.

² coopératives agricoles, société Maeda, Agronorte et Ide multiples instituts techniques

Au fil du temps et avec l'expérience acquise, la démarche des auteurs est progressivement devenue de type « **compréhensive** », en opposition à celle des scientifiques par construction de type « **explicative** ». Les résultats obtenus, en particulier l'analyse des effets des SCV sur l'état du milieu, ont montré que la connaissance globale par les agronomes du fonctionnement de ces systèmes de culture permettait d'établir de *nouveaux concepts* remettant en cause de nombreuses hypothèses considérées comme établies par la recherche, et que de plus, elle était suffisante puisque permettant de créer et de faire progresser des systèmes de culture reproductibles puisque se diffusant rapidement avec des performances fiables.

Ainsi, conscients que leur démarche a conduit au cours de ces dernières années à identifier des problématiques nouvelles du plus grand intérêt, les auteurs, par leurs réalisations exemplaires, n'ont cessé de contribuer au progrès de la science agronomique en particulier en invitant la communauté scientifique à *reconsidérer son approche*, ses modes d'intervention pour que ceux ci soient en mesure de mieux prendre en compte la dimension agroécologique dans leurs schémas conceptuels.

Echanges, débat et perspectives.

Faute de temps, la discussion entre les participants a porté essentiellement sur trois aspects estimés déterminants pour envisager une perspective de travail conjoint sur à cette question des BRF.

1/ la faiblesse des connaissances expérimentales comme scientifiques susceptibles de fonder les potentialités et limites de la technologie BRF.

2/ la très faible utilisation de ces techniques dans le milieu forestier et agro-forestier (à la différence de l'approche SCV (70 millions ha dans le monde).

3/ La reconnaissance du caractère stratégique de l'enjeu scientifique sous jacent à cette thématique BRF en agro-foresterie particulièrement structurante et la volonté de prendre dans l'avenir les initiatives ad hoc pour la traiter à fond.

Concernant *l'aspect scientifique*, il était alors discuté de la nécessité à clarifier les objectifs de recherche. Allez vers une recherche explicative ou vers des travaux sur les effets et impacts en milieu réel de cette technologie. Les questions de qualité des protocoles, de modes opératoires en milieu contrôlé comme en parcelles paysannes hétérogènes ont ainsi été discutés à la lumière des expériences de chacun. En guise de conclusion au sujet du traitement scientifique de cette question des BRF, il était admis par tous le fait que l'effort de recherche sur cette question avait été à ce jour largement insuffisant.

Au regard des *actions de développement*, de leur suivi évaluation, il a été reconnu la réussite de certaines actions pilotes. Les questions relatives à la praticabilité, au besoin en main d'œuvre, au coût des interventions techniques ont été rapidement abordées, compte tenu de l'intensité de travail et des volumes nécessaires pour garantir l'apport ad hoc de biomasse ligneuse.

La comparaison des techniques SCV et BRF, évoquée comme une voie d'avenir au cours de la réunion, pourrait être une excellente entrée pour combiner recherche de solution et recherche explicative autour de la question du rôle de la lignine/cellulose sur les dynamiques du carbone et de l'azote dans le continuum sol

plante atmosphère. En effet, les SCV, étant en mesure de faire intervenir des phytomasses à large spectre de valeur de C/N et de proportion lignine/cellulose au cours de l'année devrait permettre de créer des situations et de générer leurs analyses correspondantes *in situ* très utiles pour développer le modèle eco-forestier « arbre- lignine- acides humiques » proposé par l'Université de Laval, complémentaire du modèle agro-biologique (plantes cultivées- litière- agrégation- protection de C) proposé par l'UPR SCV .

En conclusion, les participants à la réunion ont fait savoir leur intérêt à poursuivre ensemble la réflexion en vue de construire une offre de projet pour mise en œuvre en 2007 et susceptible d'être conduit en mode réseau en Europe, au Canada et dans un ou deux pays du sud. A noter que dans le cas de la plupart des équipes, dont l'UPR SCV , cette perspective est largement conditionnée à la mise à disposition de financements et de ressources humaines ad hoc. Soit la nécessité, au niveau de la programmation scientifique des institutions concernées de donner une grande priorité à cette thématique pour les années à venir.

Montpellier, le 4 avril 2006

F. Forest.

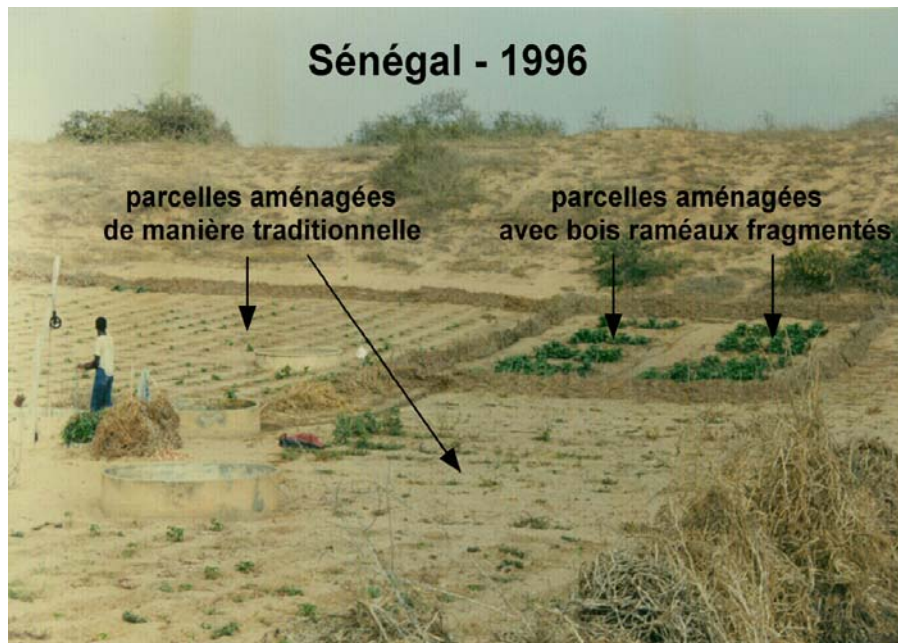


Illustration : action pilote BRF de l'Université de Laval au Sénégal dans les Niayes

Annexes

➤ **Personnes identifiées à ce jour, intéressées à poursuivre la réflexion en vue projet commun**

« **bases scientifiques des applications agricoles des BRF.** ».

- **Equipe du Québec**

Mme Tatjana Stevanovic, biochimie agricole, université de Laval, Québec, Canada tatjana.stevanovic@sbf.ulaval.ca>

Professeurr Gilles lemieux , laboratoire de foresterie et Géomatique , Université de laval, Québec.

Draft - Note de réunion BRF-Cirad- Agropolis- Université de Laval – 27 mars 2006

Gilles Lemieux <gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca>

M. Daniel Henry , Agronome , expert Afrique et Moyen orient, de l'ACDI.

Daniel henry <djbh2003@yahoo.com>

- **Equipes européennes travaillant avec Mme T. Stevanovic**

Prof. Teodoro M. Miano

Università degli Studi di Bari

Dipartimento di Biologia e Chimica

Agro-Forestale ed Ambientale

Via Amendola, 165/A - 70126 Bari, Italia

voice: +39.080.544.2857; fax: +39.080.544.2850

e-mail: miano@agr.uniba.it

Prof. Nicola Senesi

Istituto di Chimica Agraria, University of Bari

Via Amendola, 165/A - 70126 Bari

Ph. +39.080.544.2853; Fax. +39.080.544.2813

e-mail: senesi@agr.uniba.it

- **Equipes de recherche sur Agropolis.**

Dr Francis Ganry, agronome au Cirad-Ca , spécialiste de la fertilité, dynamique azote

Francis.ganry@cirad.fr

Dr Raphael Manlay , Agroécologie écosystèmes naturels et cultivés, Engref-IRD.

MANLAY Raphael <manlayengref.fr>

Draft - Note de réunion BRF-Cirad- Agropolis- Université de Laval – 27 mars 2006

Dr Frank Enjalric , agronome UMR system. Fonctionnement de la parcelle multi-espèce.

enjalric@cirad.fr

F. Forest UR SCV , montage de projets en agroécologie.

forest@cirad.fr

Dr Bernard Barthès, spécialiste matière organique/sol. IRD.

Bernard Barthes <barthes@mpl.ird.fr>

➤ **Documentation et publications récentes sur les BRF accessibles sur Internet**

Revue BRF « Aggradation »

Site CIRAD web des connaissances <http://agroecologie.cirad.fr>

Bachelier, G (1965) "La vie animale dans les sols" ORSTOM, Paris, 280 pages
tiré-à-part publication n° 200 Université Laval, Québec,

Groupe de Coordination sur les
Bois Raméaux Département
des Sciences du Bois et de la
Forêt Université Laval,
Québec, Canada G1 K 7P4

Lemieux, G. (2004) " Une alliance entre forêt et agriculture pour sauver les sols et l'eau en voie de perdition à travers des milliers de conflits territoriaux et ethniques"
Université Laval; publication 184, 11 pages

Lemieux, G. (2004) "Soil fertility and water availability, the main ingredients for conflicts of all kind throughout the world" Université Laval, publication 185, 9 pages.

Henry, D. (2004) "Les sols: réflexions dans une perspective d'aide au développement" ACIDI, Ottawa et Université Laval, publication no 186, 4 pages

Lemieux, G. (2004) "La forêt, trame honteuse de notre société: pourquoi?". Mémoire à la Commission d'Étude sur l'avenir de la forêt, Université Laval, publication 187, 57 pages

Anonyme (2004) "Revalorisation de l'agriculture africaine par une gestion de la fertilité respectueuse des mécanismes pédogénétiques" ACIDI, Ottawa Université Laval, publication 188 6 pages

Chotte, J.L. (2004) "Optimisation des systèmes agroforestiers: gestion des litières dans les rotations courtes, jachères arborées" IRD, ISRA, UCAD, Dakar, Sénégal Université Laval, publication 189, 4 pages

Brown, L.R. (2004) "Assessing the Food Deficit: the Food Prospect" The Earth Policy Reader, Université Laval, publication 190 30 pages

Bammer, A. (2004) " Fragmentiertes Zweigholz" Permakultur Austria, Autriche, Université Laval, publication 191, 2 pages

Keeley, James and Scoones . Ian (2004) *GLOBAL SCIENCE, GLOBAL POLICY: LOCAL TO GLOBAL POLICY PROCESSES FOR SOILS MANAGEMENT IN AFRICAIDS* publication n°115, 42 pages

Corman, Bruno (2004) "Rôle des aquaporines dans le maintien de l'équilibre hydrique" Service de Biologie Cellulaire, CEA, Centre d'Études de Saclay, Gif-sur-Yvette, 91191 France 13 pages Tiré-à-part Université Laval

Greenhill, Robert (2005) "Making a difference? External Views on Canada's International Impact " Institut Canadien des Affaires Internationales 25 pages Tiré-à-part Université Laval

Maini, J.S. (2004) " Future arrangement on Forest" PNUD, Ottawa 30 pages,
Tiré-à-part. Université Laval

Henry, D, (2005) "La fracture agricole mondiale" Conférence de Dakar
Agricole, 4-5 février 13 pages Notes de la conférence Université Laval publication
n° 196.

Henry, D, (2005) "Agriculture, développement durable, environnement
et les gens: un cube de Rubick" conférence donnée au Glendon College de
Toronto, 20 pages ACDI et Université Laval, publication n°197.

Voloshchuk, Nataliya M. (2005) "Les micromycètes des BRF de feuillus et
leurs propriétés écobioologiques sur les podzols dégradés de la steppe forestière
nordique d'Ukraine Forêt expérimentale de Boyarska" Département de
Phytopathologie Université Nationale Agraire d'Ukraine Institut Botanique
Académie des Sciences d'Ukraine Kiev traduction française du sommaire 3 pages,
texte original en ukrainien Université Laval, Département des Science du Bois et de
la Forêt.

Voloshchuk, Nataliya M. (2005) "*Micromycetes of the ramial chipped wood of*
deciduous and their ecologically-biological properties in sod-podzol soil of
Ukraine, North Forest-steppe; Boyarska Experimental Forest" English summary
from ukrainian 3 pages Department of Phytopathology. National Agrarian
University of Ukraine. National Academy of Sciences of Ukraine 13, Gerpjiv
oborony str, 03041 Kiev Ukraine.