

Biodiversité microfongique du *Fagus grandifolia* dans une forêt ancienne: bioindicateurs et structure mycosociologique

VLADIMIR VUJANOVIC^{1,2} et JACQUES BRISSON¹

¹Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal, 4101 est, rue Sherbrooke, Montréal, Québec H1X 2B2 Canada

²Département de Sciences biologiques, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale « Centre-ville », Montréal, Québec, H3C 3J7 Canada

Vujanovic, Vladimir, et Jacques Brisson. 2001. Biodiversité microfongique du *Fagus grandifolia* dans une forêt ancienne : bioindicateurs et structure mycosociologique. *Canadian Field-Naturalist* 115(1): 34–42.

En Amérique du Nord, l'étude de la biodiversité des micromycètes dans les forêts anciennes représente un potentiel incontournable et largement inexploré. Le présent inventaire nous a permis de mettre en évidence la biodiversité microfongique, les bioindicateurs et la structure mycosociologique associée au hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) dans une forêt ancienne de l'est du Canada. La méthodologie utilisée s'appuie sur la stratégie proposée par le *All-Taxa Biodiversity Inventory of Fungi* (ATBIF). Plusieurs espèces s'avèrent des nouvelles mentions sur un hôte du genre *Fagus*. C'est le cas pour tous les membres de la sous-famille *Phialostromatinae* (*Deuteromycota*, *Coelomycetes*), soit quatre genres et cinq espèces, dont certaines pourraient être des espèces très rares ou menacées. Quatre associations, chacune étant associée à une partie spécifique de l'arbre, ont été déterminées. De plus, deux autres associations sont caractéristiques d'habitats particuliers dans la forêt. Notre étude supporte l'hypothèse selon laquelle les forêts anciennes sont des écosystèmes en homéostasie qui constituent des réservoirs d'espèces microfongiques d'une grande diversité génétique. Outre la valeur intrinsèques de cette diversité exceptionnelle, les micromycètes ont également une valeur pratique potentielle, comme dans le contexte de la lutte biologique.

Mots clés: All Taxa Biodiversity Inventory (ATBI), biodiversité, micromycètes, bioindicateurs, coelomycetes, endophytes, hêtre, forêt ancienne, *Fagus grandifolia*, Québec.

Les micromycètes entretiennent des relations de parasitisme ou de mutualisme très intimes avec les plantes, insectes, animaux ou autres micro-organismes suite au processus de coévolution (Pirozynski et Hawksworth 1988). Ce groupe taxonomique est pourtant fort important, car on estime qu'il y a beaucoup plus d'espèces de micromycètes dans la nature que de plantes hôtes (Hawksworth 1991). Ces espèces microfongiques sont étroitement associées à des substrats particuliers, soit un hôte spécifique, à une partie d'un hôte (écorce, feuille, graines, etc.) ou encore à un stade de développement particulier (Lisiewska 1992). Ainsi, dans une biocénose fortement organisée comme dans une forêt âgée, le plus grand nombre de niches potentielles peut résulter en une plus grande biodiversité microfongique (Arnolds 1988). Les micromycètes sont davantage susceptibles de se comporter comme des indicateurs particuliers de l'âge de la forêt, mais aussi des changements environnementaux (Horn 1985; Miller 1989; Vujanovic 1994).

La forêt ancienne est reconnue par des arbres âgés, de grandes variétés de milieux, sa complexité et sa richesse biologique ainsi que ses communautés d'Organismes vivants (Carroll 1995; Stone et al. 1996). La communauté microfongique est une composante intégrale de ces milieux (McCutcheon et al. 1993) qui interagissent avec d'autres organismes selon la physiologie, la structure et de la couverture des arbres (Chapela 1989). Comme résultat, on détecte une vari-

ation de la distribution spatiale de micromycètes colonisateurs (Chapela et Boddy 1988). Le paradigme de la colonisation des arbres vivants par des micromycètes est déterminé majoritairement par la position des niches écologiques; la lumière, la disponibilité de la chaleur et l'humidité (Boddy et Rayner 1983; Oshima et al. 1997).

Le retard à combler dans la connaissance de la biodiversité fongique, l'augmentation de pathogènes virulents (CFS, 1997) et une diminution drastique de plusieurs de ces organismes utiles dû à l'influence de l'activité humaine (Roberts et Gilliam 1995) ont mené au développement d'une nouvelle stratégie scientifique, le *All-Taxa Biodiversity Inventory of Fungi* (ATBIF), une composante majeure du *All-Taxa Biodiversity Inventory* (ATBI) (Rossmann 1994). Le ATBIF propose une méthodologie de réalisation d'inventaire qui tient compte de la variété des substrats (hôtes) et de la variation d'abondance des champignons dans l'espace et dans le temps. Cette stratégie s'avère particulièrement appropriée pour l'étude de la biodiversité des micromycètes dans un habitat, et sur une superficie limitée (Vujanovic et al. 1997).

La réserve écologique du Boisé-des-Muir est une forêt ancienne dominée par l'érable à sucre, le hêtre et la pruche. Avec ses arbres tricentenaires, elle serait une des dernières représentantes de la grande forêt décidue de l'Amérique du Nord, telle qu'elle existait à l'arrivée des premiers colons européens (Brisson et al.

1992). Conséquemment, elle est susceptible de révéler une biodiversité microfongique particulière incluant des espèces très rares et associées à des niches écologiques étroites. Notre étude préliminaire a permis la découverte de deux espèces de micromycètes nouvelles pour la science, le *Diarimella laurentidae* Vujanovic, St-Arnaud, Neumann & Fortin (Vujanovic et al. 1998) et le *Polynema muiirii* Vujanovic, St-Arnaud, Neumann, Fortin & Brisson (Vujanovic et al. 1999a).

Il est généralement reconnu qu'une biodiversité spécifique est associée aux forêts en santé (Aplet et al. 1993). Il y a donc une certaine urgence à mieux connaître la biodiversité du Boisé-des-Muir si on veut pleinement profiter des bénéfices de sa spécificité, car son intégrité écologique est menacée par l'introduction récente d'une maladie fongique exotique, la maladie corticale du hêtre (Vujanovic et Brisson 1999b). La maladie corticale menace de causer la disparition de certains micromycètes associés directement ou indirectement au hêtre, et l'augmentation d'espèces pathogènes ou de décomposeurs qui profiteront de l'affaiblissement du hêtre. À plus longue échéance, les changements climatiques et l'éventualité de plus en plus grande que des événements climatiques extrêmes, comme le récent verglas, viennent bouleverser l'équilibre de la forêt, favoriseront vraisemblablement une augmentation des maladies fongiques (Coakley 1995).

L'objectif principal de cette recherche est d'examiner la biodiversité microfongique, les bioindicateurs et la structure mycosociologique associée aux parties aériennes du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) dans la réserve écologique du Boisé-des-Muir.

Méthodologie

La méthodologie utilisée s'appuie sur la stratégie développée par ATBIF (Rossman 1994). Étant donné que la diversité microfongique peut varier selon les situations édaphiques et phytosociologiques locales (Vujanovic 1995; Vujanovic et Vuckovic 1994), l'échantillonnage a été stratifié à l'aide des cartes de distribution des arbres de la réserve (Brisson et al. 1989) afin de couvrir tout le spectre des conditions locales.

Échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué 2 fois, en automne 1996 et 1997. Un échantillonnage systématique a été réalisé en sélectionnant 45 arbres dont 15 dans chacune des catégories suivantes: étage supérieur, étage médian et sous-bois. Aussi, des parties vivantes et mortes ont été récoltées afin de couvrir à la fois les champignons pathogènes et décomposeurs. Au total, 1911 échantillons d'écorce ont été récoltés sur différentes parties de l'arbre: tronc (morceau d'écorce de 36 mm²), branches (diamètre > 3 cm ; portions de branche échantillonnée de 10 à 20 cm de longueur),

rameaux (diamètre = 0,5 à 3 cm; portions échantillonnées de 5 à 10 cm) et ramilles (diamètre < 0,5 cm portions échantillonnées de 1 à 5 cm).

Notons qu'étant donné le court mandat de cette étude, l'échantillonnage ne couvre qu'une partie de la biodiversité microfongique associée au hêtre car elle ne permet pas de couvrir les micromycètes apparents à d'autres moments de l'année (l'hiver, le printemps, l'été) ou sur d'autres parties de la plante (fruits, feuilles, graines). Les échantillons récoltés ont été placés dans des boîtes ou sacs stériles. Au moment du prélèvement, nous avons noté les traces de symptômes, la date de prélèvement et la localisation dans le boisé (Myren et al. 1994).

Isolation des micromycètes sur milieux de culture

Les échantillons ont été conservés dans les sacs stériles en plastique à l'obscurité dans un incubateur à 4°C, jusqu'à leur traitement. La procédure de l'isolation consiste : (i) stérilisation des surfaces des échantillons d'écorce et de rameau à l'aide de bain d'hypochlorite de sodium (0.5%); (ii) la préparation des milieux de culture (potato dextrose agar, czapeck agar, malt agar); (iii) l'inoculation d'une pièce d'écorce (8 mm²) sur chacun des milieux, en trois répétitions; (iv) le repiquage et la purification des isolats et (v) la conservation des isolats sur milieux nutritifs selon la procédure développée par Dhingra and Sinclair (1987) et Booth (1971).

Identification

Les identifications de champignons ont été faites selon les caractères morphologiques et culturaux à l'aide des clés d'identification : *Microchampignons* selon Ellis et Ellis (1985) et Lanier et al. (1978); *Coelomyces* selon Nag Raj (1993) et Sutton (1980); *Ascomycota* selon Hanlin (1990), Sivanesan (1984), Breitenbach et Kranzlin (1981), Dennis (1978), et Barr (1978); *Deuteromycota* selon Barnett et Hunter (1987); *Hyphomycètes* selon Ellis (1971). La nomenclature et la phylogénie adoptée est celle de Hawksworth et al. (1995). Étant donné la complexité souvent encore inexplorée associée au groupe des micromycètes, plusieurs des identifications réalisées se limiteront au stade du genre, et certains champignons demeureront même non identifiés.

Les spécimens microfongiques sur l'écorce portant des fructifications des micromycètes ont été déposés à l'Herbier Marie-Victorin (IRBV, MT: 10311-13260).

Statut des espèces trouvées

La biodiversité microfongique est si mal connue qu'il est souvent difficile de statuer sur la rareté des taxons identifiés. Les connaissances actuelles concernant le statut des espèces en Amérique du Nord en est à peine à l'étape de l'inventaire. La liste des micromycètes du Boisé-des-Muir a été comparée avec l'inventaire le plus récent des espèces trouvées au Québec (SPPQ 1996) au Canada (Ginns 1986), aux États-Unis (Farr et al. 1989). Enfin, nous avons quali-

fié la rareté des taxons à l'échelle du Boisé-des-Muir selon leur représentation dans les échantillons récoltés.

Résultats et Discussion

Biodiversité microfongique sur l'hôte du hêtre

Au total, 60 genres comprenant 76 espèces appartenant au *Ascomycota*, *Deuteromycota* (= Mitosporic Fungi) et au *Zygomycota* ont été isolés (Figure 1 et Tableau 1). Parmi ces espèces, 65 % des *Hyphomycetes*, 75% de *Coelomycetes* et 39% des *Ascomycotina* représentent les nouvelles mentions comme colonisateurs du hêtre au Canada (Figure 1). Pour le Québec, on parle de 84%, de 100%, et de 96%; et pour les États-Unis, de 58%, de 45% et suivi de 26%, respectivement. D'ailleurs, plusieurs espèces trouvées au Boisé-des-Muir n'avaient encore jamais été mentionnées sur un hôte du genre *Fagus*. C'est notamment le cas pour tous les membres de la sous-famille *Phialostromatinae* (classe *Coelomycetes*) trouvés au boisé (Figure 2), soit quatre genres i) *Diarimella*, ii) *Dinemasporium*, iii) *Polynema*, et iv) *Pseudolachnea*, comme le confirme la mise à jour de ce groupe de microchampignons réalisée par Nag Raj (1993).

Biodiversité microfongique selon la position dans l'arbre

Plusieurs espèces s'attaquent spécifiquement à une portion d'arbre, alors que d'autres s'avèrent ubiquistes (Tableau 1 et Figure 3).

I. Association : *Ustulineto-Nectrietum*. Au total 20 espèces caractérisent cette mycocénose. *Ustulina deusta* agent de la carie blanche et plusieurs *Nectria* spp. responsables de chancre necrien colonisent la

partie basse du tronc des vieux arbres, jusqu'à une hauteur de 3 m;

II. Association : *Hypoxylonetum*. Au total 9 espèces caractérisent cette mycocénose, dont celles du complexe de l'*Hypoxylon* spp. (chancre hypoxylonien). Elles dominent sur les premières branches de la couronne et sur la partie supérieure du tronc;

III. Association : *Quaternato-Diatrypetum*. La communauté microfongique associée aux rameaux (0.5-3 cm diam.) est représentée par les espèces pathogènes du complexe de *Diatrype* spp. (dépérissement diatrypéen). La biodiversité de cette mycocénose compte au total 28 espèces récoltées ;

IV. Association : *Valsetum*. Sur les ramilles (<0.5 cm. diam.), les espèces du complexe *Valsa* spp., anamorphe: *Cytospora* spp., (chancre cytosporéen ou dépérissement cytosporéen) dominant. Dix-sept espèces caractérisent cette mycocénose.

Parmi les genres ubiquistes, on retrouve *Verticillium*, *Trichoderma* et *Cladosporium*. Quelques-unes de ces espèces présentent un potentiel intéressant comme agent de lutte biologique, contre certaines maladies fongiques dont la maladie corticale du hêtre (Lonsdale 1982).

Dispersion horizontale des communautés microfongiques du Boisé-des-Muir

Un traitement complémentaire a été fait dans l'optique d'enrichir l'analyse de la diversité par une information mycosociologique basée sur les bioindicateurs des habitats étudiées (Tableau 2).

A₁₋₆. Association : *Ascodichaenetum*. L'apparition de l'espèce différentielle *Ascodichaena rugosa* et les quatre autres espèces (*Diatrypae*, *Botryosphaeria*, *Microdiplodia*, *Valsa*) est l'indicateur plus contribu-

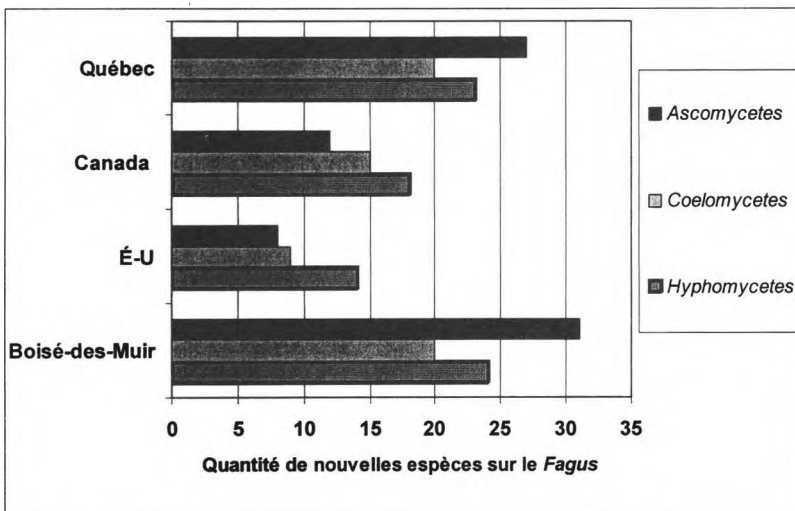
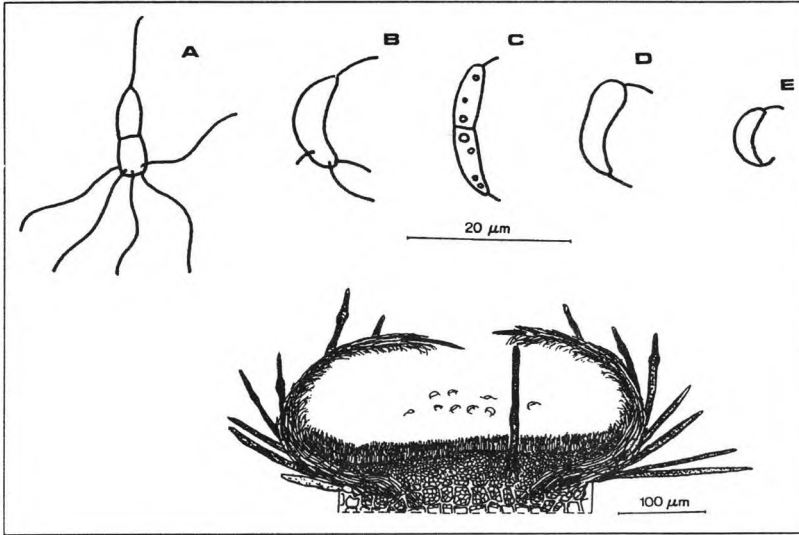


FIGURE 1. Niveau de connaissance de la biodiversité d'espèces des microchampignons du hêtre en Amérique du Nord

TABLEAU 1. Biodiversité microfongiques des phyla Ascomycota, Deuteromycota et Zygomycota sur l'écorce du hêtre (*Fagus grandifolia* Ehrh.) et des communautes microfongiques selon le vertical axis des arbres dans la forêt Boisé-des-Muir.

Brindille:		Rameau:		Branche:		Tronc:			
Association: Valsatum		Association: Quaternato-		Association: Hypoxylonetum		Association: Ustilineto-			
Vujanovic & Brisson		Diatrypium Vujanovic & Brisson		Vujanovic & Brisson		Nectrietum Vujanovic & Brisson			
P	P	P	P	P	P	P	P		
<i>Camarosporium</i> sp.	H	<i>Asteromassaria macrospora</i> (Desm.) Höhnelt	A	<i>Diatrype disciformis</i> (Hoffm.: Fr.) Fr.	A	<i>Ascodichaena rugosa</i> Butin	A	<i>Aureobasidium pululans</i> (de Bary) Arnaud	H
<i>Coniothyrium fagi</i> Techon	C	<i>Botryosphaeria</i> sp.	A	<i>Hypoxylon cohaerens</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A	<i>Asterosporium asterospermum</i> (Pers.: Fr.) Hugh	C	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.:Fr.) Keissl.	H
<i>Cytospora</i> sp.	C	<i>Cytospora</i> sp.	C	<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A	<i>Coniothyrium fagi</i> Techon	C	<i>Acremonium</i> sp.	H
<i>Diarimella laurentidae</i> Vujan et al.	C	<i>Diarimella laurentidae</i> Vujanovic et al.	C	<i>Hypoxylon rubiginosum</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A	<i>Durella</i> sp.	A	<i>Anpelmomyces</i> sp.	H
<i>Dinemasporium</i> sp.-1	C	<i>Dinemasporium</i> sp.-1	C	<i>Hypoxylon mammatum</i> (Wahl.) J.H. Mill.	A	<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers.:Fr.) Fr.	A	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.:Fr	H
<i>Dinemasporium</i> sp.-2	C	<i>Diplodia</i> sp.	C	<i>Microdiplodia</i> sp.	C	<i>Hypoxylon mammatum</i> (Wahl.) J.H. Mill.	A	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fr.) De Vries	H
<i>Eutypella</i> sp.	A	<i>Dasyyscyphus</i> sp.	A	<i>Nectria</i> sp.	A	<i>Hypoxylon rubiginosum</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A	<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.: Fr.) Link	H
<i>Fusicoccum</i> sp.	C	<i>Diatrype disciformis</i> (Hoffm.: Fr.) Fr.	A	<i>Neohendersonia kickxii</i> (West.) Sutt. & Pol.	A	<i>Hypoxylon cohaerens</i> (Pers.:Fr.) Fr.	A	<i>Cylindrocarpon</i> sp.	H
<i>Libertella faginea</i> Desm.	C	<i>Diatrype stigma</i> (Hoffm.: Fr.) Fr.	A	<i>Quaternaria quaternata</i> (Pers.) Chroter	A	<i>Karstenula</i> sp.	A	<i>Cylindrocarpon destructans</i> (Zinss.) Scholten	H
<i>Phoma</i> sp.	C	<i>Diatrype</i> sp.	A		A	<i>Lastosphaeria</i> sp.	A	<i>Cylindrocladium</i> sp.	H
<i>Phomopsis oblonga</i> (Desm.) Trav.	C	<i>Durella</i> sp.	A		A	<i>Massarina</i> sp.	A	<i>Endophragiella</i> sp.	H
<i>Phyllosticta</i> sp.	C	<i>Eutypella</i> sp.	A		A	<i>Microthyrium</i> sp.	A	<i>Epicoccum nigrum</i> Link	H
<i>Polymoma mairii</i> Vujan. et al.	C	<i>Fusicoccum</i> sp.	C		C	<i>Leptographium</i> sp	H	<i>Epicoccum purpurascens</i> Echenb.	H
<i>Pseudolachnea</i> sp.	C	<i>Hypoxylon cohaerens</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A		A	<i>Microdiplodia</i> sp.	C	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl.:Fr.	H
<i>Uncinula</i> sp.	A	<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A		A	<i>Nectria coccinea</i> (Pers.:Fr.) Fr.	A	<i>Fusarium</i> sp.	H
<i>Valsa ambiens</i> (Pers.:Fr.) Fr.	A	<i>Hypoxylon mammatum</i> (Wahl.) J.H. Mill.	A		A	<i>Nectria</i> sp.	A	<i>Gliocladium</i> sp.	H
<i>Valsa</i> sp.	A	<i>Libertella faginea</i> Desm.	C		C	<i>Nectria galligena</i> Bres.	A	<i>Hendersonia</i> sp.	H
		<i>Mollisia</i> sp.	A		A	<i>Trematosphaeria</i> sp	A	<i>Leptographium</i> sp.	H
		<i>Nectria cimabarinia</i> (Tode: Fr.) Fr.	C		C	<i>Ustilina deusta</i> (Fr.) Petrak	A	<i>Mucor racemosus</i> Fresen.	Z
		<i>Neohendersonia kickxii</i> (West.) Sutt. & Pol.	C		C	<i>Xylaria polymorpha</i> (Pers.:Fr.) Grev.	A	<i>Nectria episphaeria</i> (Tode:Fr.) Fr.	A
		<i>Phoma</i> sp.	C		C			<i>Penicillium</i> sp.	H
		<i>Phomopsis oblonga</i> (Desm.) Trav.	C		C			<i>Pecillomyces farinosus</i> (Holm.) Brown & Sm.	H
		<i>Pseudolachnea</i> sp.	C		C			<i>Pleospora</i> sp.	A
		<i>Quaternaria quaternata</i> (Pers.) Chroter	C		C			<i>Rhynocladiella</i> sp.	H
		<i>Scolicosporium</i> sp.	C		C			<i>Rhizopus</i> sp.	Z
		<i>Trematosphaeria</i> sp.	A		A			<i>Trichoderma harizanum</i> Rifai	H
		<i>Valsa ambiens</i> (Pers.: Fr.) Fr.	A		A			<i>Trichoderma viridae</i> Pers.:Fr.	H
		<i>Valsa</i> sp.	A		A			<i>Verticillium lecanii</i> (Zimm.) Viég.	H

Note : P — Phylum; A — Ascomycota, C: Deuteromycota — Coelomycetes ; H: Deuteromycota — Hyphomycetes; Z: Zygomycota



Note : A - *Polynema muirii* ; B - *Diarimella laurantidae*; *Pseudolachnea* sp. ; *Dinemasporium* sp.-1 ; *Dinemasporium* sp.-2

FIGURE 2. Nouvelle sous-famille *Phialostromatinae* (Coelomycètes) pour l'hôte du genre *Fagus* d'origine des isolats du Boisé-des-Muir

tive du côté positif, concernant d'humidité modéré. Six localités typiques du mesohabitat mésique sont déterminées. *Ascodichaena rugosa* est l'espèce épiphytique sur l'écorce vivante du hêtre, particulièrement bien installé sur la partie basal du tronc. Il se comporte comme l'antagoniste de la maladie corticale du hêtre — *Nectria coccinea*. L'abondance et la fréquence de fructifications sont en fonction de l'âge de l'hôte ainsi qu'en fonction du changement de la structure d'écorce (Butin, 1977).

B₁₋₅. Association : *Ustulinetum*. L'apparition de l'espèce différentielle *Ustulina deusta* et les quatre autres espèces (*Asterosporium*, *Asteromassaria*, *Massarina*, *Xylaria*) indique, du côté négatif, caractéristiques de milieu plus humide. Cinq localités typiques de mesohabitat hydrique sont identifiées. La pathogène *U. deusta* cause un chancre basal sur le tronc d'arbres submatures. De plus, l'association est indicative d'un sol mal drainé et la présence d'eau stagnante d'un microhabitat forestier (Sinclair 1993). L'apparition de fructifications est premier signe de la mortalité d'un arbre (Lisiewska 1992).

Conservation de la diversité génétique des micromycètes aux forêts anciennes

Les résultats de notre recherche, pourtant préliminaire, sur les micromycètes à la réserve écologique du Boisé-des-Muir nous ont permis de mettre en évidence la biodiversité remarquable de ce groupe dans les forêts anciennes. Une grande quantité d'espèces répertoriées comme endophytes sont à leur première mention du genre *Fagus* (Figure 1.) tant au Canada (59%), au Québec (93%), qu'en États-Unis (43%) et même à l'échelle mondiale. Deux d'autre, elles ont

d'ailleurs été récemment décrites (Vujanovic et al. 1998; Vujanovic et al. 1999a). Ce premier constat est d'ailleurs incomplet car plusieurs espèces récoltées sont restées non identifiées.

Bien qu'une partie importante des découvertes réalisées dans le cadre de notre étude peut être attribuée au manque de connaissances générales sur la répartition et l'abondance des organismes fongiques, il n'y a toutefois pas de doute que la réserve écologique Boisé-des-Muir possède une diversité microfongique exceptionnelle et unique. Cette réalité est confirmée, également, par le nombre de communautés fongiques trouvées lors de cette étude et par la complexité de leur dispersion verticale sur le hêtre (Figure 2). Certaines autres espèces différentielles distribuées horizontalement sont considérées comme bioindicateurs d'habitats mésique ou hydrique du hêtre. À l'aide de celles-ci, on reconnaît deux sub-associations différentes de forêt du Boisé-des-Muir (Tableau 2). Les conditions environnementales d'un habitat mésique (subassociation *Acereto-Fagetum grandifoliae*) peuvent permettre à l'initiation et à l'établissement de communautés microfongiques beaucoup plus rapidement qu'avec un habitat hydrique (subassociation *Acereto-Fraxinetum nigrae*), ainsi que leur succession (Auclair and Goff 1971). Mais au cours du temps, une des associations microfongiques « hydriques » (association *Ustulinetum*) deviendra considérablement plus riche en nombre d'espèces par rapport à une association « mésique » (ass. *Ascodihaenetum*) (Burton et al. 1992).

Notre inventaire préliminaire supporte l'hypothèse selon laquelle les forêts anciennes sont des écosys-

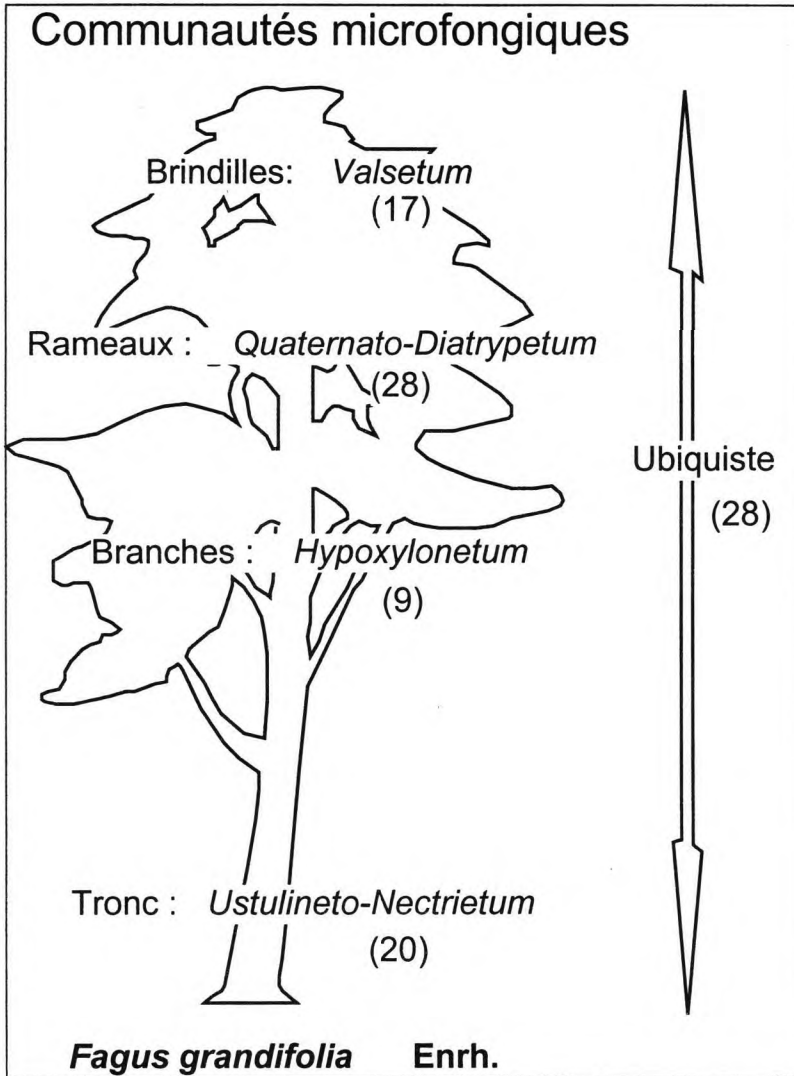


FIGURE 3. La distribution spatiale des mycocoénoses caractéristiques avec le nombre d'espèces associé aux parties aériennes du Hêtre.

tèmes en homéostasie (Roberts and Gillam 1995) qui constituent des réservoirs d'espèces microfongiques d'une grande diversité génétique (Stone et al 1996). Toutefois, pour être en mesure de pleinement apprécier le caractère distinctif de la biodiversité des forêts anciennes, il faudrait établir des comparaisons précises avec des données quantitatives récoltées dans les forêts aménagées (Hansen et al. 1991), sous des conditions abiotiques similaires, données qui sont pour le moment inexistantes.

Les stress environnementaux tel que celui du verglas de janvier 1998 peuvent modifier la composition microfongique et favoriser les groupes pathogènes

(Coakley 1993). La réduction en biomasse de la couronne peut augmenter significativement le risque d'une progression de la maladie corticale du hêtre et l'infection par des pathogènes secondaires (Woodcock et al. 1995) ou encore la disparition d'espèces microfongiques rares ou vulnérables (Christensen and Emborg 1996).

Outre la valeur intrinsèque de leur diversité exceptionnelle, les micromycètes ont également une valeur pratique potentielle, comme dans le contexte de la lutte biologique. D'ailleurs, l'exploitation commerciale de biopesticides à base de champignons est déjà bien établie dans le monde entier (ARS 1997). L'utili-

TABLEAU 2. Dispersion horizontale des communautés microfungiques comme bioindicateur des mesohabitats caractéristiques du Boisé-des-Muir.

Communauté microfungique	Espèces différentielles des micromycètes	Mesohabitat			
		Sub-associations de forêt	Condition hydrique	Condition édaphique	Condition topographique
Ascodichaenetum Vujanovic & Brisson [A ₁ -A ₆]	<i>Ascodichaena rugosa</i> ,	Acereto-Fagetum grandifoliae <u>Espèces différentielles:</u> <i>Acer saccharum</i> -50% <i>Fagus grandifolia</i> -15% <i>Tilia americana</i> -10% <i>Tsuga canadensis</i> -5% etc.	Mésique	Brunisol distrique ortique	Petit sommet
	<i>Diatrypae</i> sp.,				
	<i>Botriosphaeria</i> sp.,				
	<i>Microdiplodia</i> sp.,				
Ustulinetum Vujanovic & Brisson [B ₁ -B ₆]	<i>Ustulina deusta</i> ,	Acereto-Fraxinetum nigrae <u>Espèces différenciels:</u> <i>Fraxinus nigra</i> -25% <i>Ulmus americana</i> — ? <i>Acer saccharum</i> -20% <i>Tilia americana</i> -20% <i>Fagus grandifolia</i> -5% etc.	Hydrique	Brunisol eutriphique gleyifié	Dépression
	<i>Asterosporium asterospermum</i> ,				
	<i>Asteromassaria marospora</i> ,				
	<i>Massaria</i> sp.,				
	<i>Xylaria polymorpha</i>				

sation de micromycètes dans le cadre d'une lutte contre la maladie corticale du hêtre semble aussi présenter un potentiel intéressant (Houston et al. 1979). Bernier et al. (1996) ont constaté qu'une diversité plus grande de micromycètes offre une plus grande chance de trouver des antagonistes. Aussi, il a été démontré que certaines espèces des genres *Cladosporium* sp., *Nectria* sp., *Verticillium* sp. et *Paecilomyces* sp. peuvent, en culture *in vitro*, parasiter la cochenille du hêtre (Lonsdale 1982). Dans le cadre de notre inventaire, nous avons remarqué que la maladie était absente si la communauté d'*Ascodichaenetum* était présente. Plusieurs autres espèces, notamment les ubiquistes, pourraient avoir des propriétés antagonistes face à la maladie corticale du hêtre (Lonsdale 1982). Enfin, nous avons isolé et identifié plusieurs espèces de champignons hyperparasites ou antagonistes de la cochenille ou du champignon responsable de la maladie corticale. Ces espèces peuvent constituer une base solide pour le développement d'une lutte biologique efficace. Le potentiel d'utilisation de micromycètes dans la lutte contre la maladie corticale ne constitue qu'un exemple des bénéfices pratiques que ces organismes représentent.

Remerciements

Cette recherche a été financièrement supportée par le Ministère de l'Environnement et de la Faune, et le Ministère de Ressources naturelles, Direction de l'environnement forestière.

Documents Cité

- Agricultural Research Service (ARS).** 1997. List of commercially available biocontrol products. The Biocontrol of Plant Disease Laboratory. USDA, Beltsville, MD, USA.
- Canadian Forest Service (CFS).** 1997. Biodiversity in the forest. The Canadian Forest Service Three — Year Action Plan. Natural resources Canada, CFS, Science Branch. Ottawa, Canada.
- Société de protection des plantes du Québec (SPPQ).** 1996. Noms des maladies des plantes au Canada. MAPAQ, Direction de la recherche et du développement., Québec, Canada.

Littérature Citée

- Arnolds, E.** 1988. Status and classification of fungal communities. Pages 153–156 in *Dependent plant communities*. Edited by J. J. Barkman and K. V. Sykora. SPB Academic Publications, The Hague.
- Auclair, A. N., and F. G. Goff.** 1971. Diversity relations of upland forests in the western Great Lakes area. *American Naturalist* 105: 499–528.
- Barnett, H. L., and B. B. Hunter.** 1978. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th edition Macmillan Publishing Company., New York. 218 pages.
- Barr, M. E.** 1978. The Dothideales in North America with emphasis on *Gnomonia* et its segregates. *Mycological Memoirs* 7. 232 pages.
- Bernier, J., O. Carisse, and T. C. Paulitz.** 1996. Fungal communities isolated from dead apple leaves from orchards in Québec. *Phytoprotection* 77: 129–134.
- Boddy, L. and A. D. M. Rayner.** 1983. Origins of decay in living deciduous trees: the role of moisture content and

- a reappraisal of the expanded concept of tree decay. *New Phytologist* 94: 623–641.
- Booth, C.** 1971. *Methods in Microbiology*. Pages 57–90, Volume 4. Academic Press, New York.
- Breitenbach, J., and F. Kranzlin.** 1981. *Champignons de Suisse, Tome 1 — Les Ascomycetes*. Mycologia edition. Lucerne, Suisse. 310 pages.
- Brisson J., Y. Bergeron, and A. Bouchard.** 1992. The history and tree stratum of an old-growth forest of Haut-Saint-Laurent region, Quebec. *Natural Areas Journal* 12: 3–9.
- Brisson J., Y. Bergeron, and A. Bouchard.** 1989. Étude éco-dynamique d'une forêt d'origine pré-coloniale située dans le Haut-Saint-Laurent. Groupe de recherche en écologie forestière (GREF). Université du Québec à Montréal, rapport de recherche number 3. 52 pages.
- Burton, P. J., A. C. Balisky, L. P. Coward, S. G. Cumming, and D. D. Knesshaw.** 1992. The value of managing for biodiversity. *Forestry Chronicle* 68: 225–237.
- Butin, H.** 1977. Taxonomy and morphology of *Ascodichaena rugosa* gen et sp. nov. *Trans British Mycological Society* 69: 249–254.
- Carroll G. C.** 1995. Forest endophytes: pattern and process. *Canadian Journal of Botany* 73(Supplement 1): S1316–S1324.
- Chapela I. H.** 1989. Fungi in healthy stems and branches of American beech and aspen: a comparative study. *New Phytologist* 113: 65–75.
- Chapela I. H., and L. Boddy.** 1988. Fungal colonization of attached beech branches. *New Phytologist* 110: 39–45.
- Coakley, S. M.** 1995. Biosphaeric change: will it matter in plant pathology? *Canadian Journal of Plant Pathology* 17: 147–153.
- Christensen, M., and J. Emborg.** 1996. Biodiversity in natural versus managed forest in Denmark. *Forest Ecology and Management* 85: 47–51.
- Dennis, R. W. G.** 1978. *British Ascomycetes*. J. Cramer., Vaduz. Lichenstein. 585 pages.
- Dhingra, O. D., and J. B. Sinclair.** Editors. 1987. *Basic plant pathology methods*. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Ellis, M. B., and J. P. Ellis.** 1985. *Microfungi on land plants*. Macmillian Publishing Co, New York. Pages 121–136.
- Ellis, M. B.** 1971. *Dematiaceae Hyphomycetes*. CMI, Kew, England. 608 pages.
- Farr, D. F., G. F. Bills, G. O. Chamuris, and A. Y. Rossman.** 1989. *Fungi on plants and plant products in the United States*. APS Press, St Paul, Minnesota.
- Ginns, J. H.** 1986. *Compendium of plant disease and decay fungi in Canada (1960–1980)*. Research Branch, Agriculture Canada. 416 pages.
- Hanlin, R. T.** 1990. *Illustrated genera of ascomycetes*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 263 pages.
- Hansen, A. J., T. A. Spies, F. J. Swanson, and J. L. Ohman.** 1991. Conserving biodiversity in managed forests. *Bio-Science* 41: 382–392.
- Hawksworth, D. L., P. M. Kirk, B. C. Sutton, and D. N. Pegler.** Editors. 1995. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. CAB International. Wallingford.
- Hawksworth, D. L.** 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research* 93: 641–655.
- Horn, M. N.** 1985. Effects of air pollution and acid rain on fungal and bacterial diseases of trees. *DRIFLP*. Wageningen. Band 20(1). 73 pages.
- Houston, D. R., E. J. Parker, R. Perrin, and K. J. Long.** 1979. Beech bark disease: a comparison of the disease in North America, Great Britain, France and Germany. *European Journal of Forest Pathology* 9: 199–211.
- Lisiewska, M.** 1992. Macrofungi on special substrates. Pages 151–182 in *Fungi in vegetation science*. Edited by W. Winterhoff, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Lanier, L., P. Joly, P. Bondoux, et A. Bellemere.** Editors. 1978. *Mycologie et pathologie forestières*. Tome 1. (487 pages) et Tome 2. (478 pages.). Masson. Paris.
- Lonsdale, D.** 1982. Fungal association in the build-up and decline of *Cryptococcus fagisuga* population. Pages 99–104 in *Proceedings IUFRO, Beech Bark Disease, WP Conference*, Hamden, Connecticut.
- McCutcheon, T. L., G. C. Carroll, and S. Schwab.** 1993. Genotypic diversity in populations of a fungal endophyte from Douglas-fir. *Mycologia* 85: 180–186.
- Miller, J. A.** 1989. Diseases for our future. *BioScience* 39: 509–517.
- Myren, D. T., G. Laflamme, P. Singh, L. P. Magasi, et D. Lachance.** 1993. *Maladies des arbres de l'est du Canada*. RNC — Service canadien des forêts. Ottawa. 159 pages.
- Nag Raj, T. R.** 1993. *Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia*. Mycologue Publications, Waterloo, Ontario, Canada. 1101 pages.
- Oshima, K., Y. Tang, and I. Washitani.** 1997. Spatial and seasonal patterns of microsite light availability in remnant fragment of deciduous riparian forest and their implication in the conservation of *Arisaema heterophyllum*, a treated plant species. *Journal of Plant Research* 110: 321–327.
- Pirozynski K. A., and D. L. Hawksworth.** 1988. Coevolution of fungi with Plant and Animals: Introduction and overview. Pages 1–31 in *Coevolution of fungi with Plant and Animals*. Edited by K. A. Pirozynski. and D. L. Hawksworth. Academic Press. San Diego.
- Roberts, M. R., and F. S. Gilliam.** 1995. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: implications for forest management. *Ecological Applications* 5: 969–977.
- Rossmann, A. Y.** 1994. A strategy for an All-Taxa Inventory of Fungal Biodiversity. Pages 169–174 in *Biodiversity and terrestrial ecosystems*. Edited by C.-I. Peng and C. H. Chou. Institute of Botany, Academy Sinica Monograph Series number 14.
- Selva, S. B.** 1996. Using lichens to assess ecological continuity in northeastern forests. Pages 35–48 in *Eastern old-growth forests*. Edited by M. B. Davis. Island Press, Washington. 384 pages.
- Sinclair, W. A., H. H. Lyon, and W. T. Johnson.** 1993. *Diseases of trees and shrubs*. 3rd edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. 575 pages.
- Sivanesan, A.** 1984. *The bitunicate ascomycetes and their anamorphs*. J. Cramer Publications, Vanduz, Lichenstein. 701 pages.
- Stone, J. K., M. A. Sherwood, and G. C. C. Carroll.** 1996. *Canopy Microfungi: Function and Diversity*. *Northwest Science* 70: 37–45.
- Sutton, B. C.** 1980. *Coelomycetes, fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, United Kingdom. Pages 466–468.
- Vujanovic, V., M. St-Arnaud, P. Neumann, and A. J. Fortin.** 1998. *Diarimella laurentidae* anam. — sp. nov.

- from Québec. *Canadian Journal of Botany* 76: 2037–2041.
- Vujanovic, V., M. St-Arnaud, P. Neumann, A. J. Fortin, and J. Brisson.** 1999a: *Polynema muirii* sp. nov. on *Fagus grandifolia*. *Mycologia* 91: 136–140.
- Vujanovic, V., J. Brisson, and M. St-Arnaud.** 1999b. A simple technique to evaluate *Nectria coccinea* infection pattern in beech forests. *Phytopathology* 89 (6) (Supplement): 81
- Vujanovic, V., M. St-Arnaud, and P. Neumann.** 1997. Biodiversity inventories of fungal taxa associated with three different pine crown ecological niches in the Jardin botanique de Montréal (JBM). *American Journal of Botany* 84(6): 128.
- Vujanovic, V.** 1995. Research of health condition of coniferous forests in the region of the National park Durmitor (UNESCO) with special reference to pathogenic mycoflora. Ph.D. thesis, University of Belgrade, Forestry Faculty. 278 pages.
- Vujanovic, V.** 1994. A study of air pollution and climatic impact on the new type of forest dying in Montenegro using biomonitoring. Pages 585–597 in *Plant Protection Today and Tomorrow*. Edited by Sestovic, M., Neskovic, N and Peric I. Plant Protection Society, Belgrade.
- Vujanovic, V., and M. Vuckovic.** 1994. Die Lage Gefährdung der Walder im National park Lovcen. *ASM Journal of Science* 34: 175–183.
- Aplet G. H., N. Jonson, J. T. Olson, and V. A. Sample. Editors.** 1993. *Defining Sustainable Forestry*. Island Press, Washington. 320 pages.
- Woodcock, H., P. Vollenweider, R. Dubs, and R. M. Hofer.** 1995. Crown alterations induced by decline: a study of relationships between growth rate and crown morphology in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Trees-Structure and Function* 9: 279–288.

Received 24 November 1999

Accepted 29 May 2000