



HAL
open science

Le protocole mycologique du programme GNB : cadre méthodologique et retour d'expérience

H. Voiry, O. Rose, Frédéric Gosselin

► To cite this version:

H. Voiry, O. Rose, Frédéric Gosselin. Le protocole mycologique du programme GNB : cadre méthodologique et retour d'expérience. *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, 2015, 48-49, pp.23-33. hal-01281091

HAL Id: hal-01281091

<https://hal.science/hal-01281091v1>

Submitted on 1 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le protocole mycologique du programme GNB : cadre méthodologique et retour d'expérience

L'étude de la biodiversité et surtout de son évolution sous l'effet de divers facteurs suppose de disposer d'inventaires fiables, réalisés selon des protocoles rigoureux sans lesquels les analyses complexes n'auraient pas de base légitime. Pour certains compartiments de la biodiversité, de tels protocoles ont été mis au point de longue date. Pour d'autres, plus difficiles à appréhender, c'est un thème de collaboration nouveau et nécessaire entre chercheurs et naturalistes. C'est le cas du protocole mycologique du programme « Gestion, naturalité, biodiversité », qui combine une grande exigence et des aspects très terre-à-terre.

L'extension raisonnée du réseau de réserves intégrales/biologiques forestières est une des mesures d'application de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité; cette mise en libre évolution des peuplements a vocation à restaurer des composantes de l'écosystème forestier tronquées par la sylviculture, et donc permettre de conserver la biodiversité associée. Toutefois, les différences de biodiversité entre les forêts exploitées et les réserves biologiques sont peu décrites dans la littérature, concernent surtout les milieux boréaux et souffrent de problèmes méthodologiques (Paillet et al., 2010). Face à ce constat, le projet de recherche « Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité » (GNB, 2008-2016) piloté par Irstea, a pour objectif principal d'étudier l'impact de l'arrêt de l'exploitation forestière sur la structure des peuplements et sur la diversité des espèces qu'ils hébergent.

Ce projet s'appuie sur la comparaison de la structure dendrométrique et de la composition de différents groupes taxonomiques entre des placettes en forêt « gérée » avec leur pendant « en réserve, sans exploitation depuis au moins 20 ans ». Le plan d'échantillonnage comprend 213 placettes réparties dans 15 massifs forestiers dont 9 en hêtraie-chênaie-charmaie de plaine

et 6 en hêtraie-sapinière-pessière de montagne. En matière dendrométrique, c'est tout naturellement le « Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières » (PSDRF; Bruciamacchie, 2005) légèrement adapté qui a été utilisé. Pour quantifier et mieux comprendre la réponse de la biodiversité à l'arrêt des coupes, 7 groupes taxinomiques ont été retenus : bryophytes, champignons, plantes vasculaires, coléoptères saproxyliques et carabiques, oiseaux et chauve-souris. Si l'acquisition des données de biodiversité a pu s'appuyer sur des protocoles existants pour certains taxons, dans le cas des mousses et champignons il a fallu

concevoir et tester des protocoles originaux. Pour les champignons, ce travail s'est fait en collaboration entre les chercheurs et le réseau Mycologie de l'ONF, qui par la suite a réalisé les relevés mycologiques.

L'objet du présent article est de présenter le protocole d'inventaire mycologique à travers la démarche de conception, depuis la réflexion initiale jusqu'au retour d'expérience de la phase opérationnelle de terrain. Les résultats écologiques feront l'objet d'une publication ultérieure après consolidation des analyses (pour une première série de résultats, voir Gosselin et al. 2014).



Gérald Gruhn, ONF

Réflexions préalables

L'étude des champignons en forêt distingue classiquement les champignons du sol (terricoles) et ceux du bois (lignicoles). Les champignons terricoles sont mycorhiziens (associés aux racines des arbres) ou décomposeurs de la litière; la caractérisation du groupe trophique n'est d'ailleurs pas évidente à faire sur le terrain. Le nombre d'espèces est potentiellement très élevé (plus de 15 000), certains genres sont très difficiles à déterminer (Cortinaires, Russules...) et l'utilisation du microscope ne suffit pas toujours pour valider les identifications. Les champignons lignicoles sont en nombre plus restreint, de l'ordre de 2 500, et leur apparition est moins « capricieuse » que celle des terricoles (fugace et sensible à des conditions météorologiques très spécifiques). Certains groupes sont impossibles à déterminer à l'œil nu mais l'utilisation du microscope permet de valider les identifications. Ce constat (contraintes pratiques, problèmes de fiabilité des inventaires et par conséquent des analyses ultérieures), conduit à choisir les champignons lignicoles pour rendre compte de la

diversité fongique. L'échantillonnage des lignicoles pose beaucoup moins de problèmes méthodologiques que celui des terricoles; en outre, pour faire le lien avec des informations dendrométriques (volume et type de pièces de bois), il paraît logique de s'intéresser d'abord aux champignons qui sont inféodés à ces pièces de bois

Analyse bibliographique : méthodes d'inventaire mycologique

Un constat s'impose : les publications scientifiques concernant les protocoles d'inventaire mycologique sont peu nombreuses. Nous avons concentré notre analyse bibliographique sur les études méthodologiques traitant des échantillonnages de champignons lignicoles par le relevé de leur fructification. Cette approche reste à l'heure actuelle la meilleure approximation de la richesse spécifique d'un site, malgré le développement prometteur (mais pas encore opérationnel) de méthodes faisant appel au séquençage de l'ADN fongique à partir d'échantillons de bois (Renvall, 1995; Rajala *et al.*, 2011).

Il en ressort essentiellement deux études qui font le point sur les méthodes existantes : Huhndorf *et al.* (2004) et Stokland *et al.* (2004), et dont nous pouvons résumer les principales recommandations ainsi :

- utiliser de grosses pièces de bois (de plus de 15 cm de diamètre) plutôt que des placettes comme unité d'échantillonnage;
- utiliser des petites placettes pour échantillonner les champignons sur de petits substrats (de moins de 15 cm de diamètre);
- noter des paramètres concernant les conditions stationnelles (type de forêt, zone climatique, altitude...);
- noter des informations sur la pièce de bois support : essence, nature (tronc, branche...), classe de diamètre, position et contact au sol, classe de décomposition;
- relier l'échantillonnage mycologique à l'inventaire dendrométrique;
- retenir que l'utilisation des polypores est préconisée dans la forêt boréale pour le suivi de la biodiversité fongique lignicole.

En France, le projet RESINE (Représentations Sociales et Intérêts Écologiques de la Nécromasse, Bouget *et al.*, 2009) s'est appuyé sur des placettes PSDRF en forêt de Rambouillet pour étudier le lien entre descripteur du bois mort et la biodiversité des champignons. Tous les champignons lignicoles sur bois de plus de 5 cm de diamètre, dont les corticiés, ont été inventoriés en trois passages sur 30 placettes. L'étude a mis en évidence la difficulté de rééchantillonner les mêmes pièces de bois d'un passage à l'autre lorsqu'on prend en compte les espèces corticioides dont la détermination nécessite un prélèvement susceptible d'être destructif. En conformité avec les recommandations précédentes, cette étude assez proche de notre problématique peut être considérée comme un « précédent » instructif légitimant l'idée d'adosser le protocole d'inventaire mycologique au PSDRF.

Les champignons lignicoles

Le vocable de champignons lignicoles, c'est-à-dire qui poussent sur le bois, ne correspond pas à une coupure taxonomique; il recouvre des champignons macroscopiques appartenant au groupe des basidiomycètes et des ascomycètes. En revanche, les myxomycètes, tout lignicoles qu'ils soient, n'en font pas partie car, s'ils ont longtemps été rattachés au règne fongique, on sait maintenant qu'ils se rapprochent plutôt des protistes et appartiennent à un règne bien particulier défini récemment (Protozoa).

Parmi les basidiomycètes (dont les spores sont issues d'une baside, cellule en forme de « gourdin »), on distingue :

- les polypores, espèces coriaces dont la surface fertile est couverte de pores. Ces champignons peuvent se présenter sous formes diverses : avec un chapeau uniquement, avec un chapeau sur un pied, en touffes ou appliquées au bois (espèces résupinées). Quelques rares espèces sont pérennes : leurs chapeaux en consoles se développent pendant plusieurs années et sont persistants.
- les corticiés, espèces lignicoles généralement appliquées au bois (d'où le nom de « croûtes » qu'on leur donne aussi) à surface fertile lisse. Quelques-uns peuvent posséder un mince chapeau.
- les lamellés ou champignons à lames parmi les genres suivants : Armillaire, Collybie, Marasme, Mycène, Pholiote, Pleurote, Plutée...
- les autres basidiomycètes parmi les genres *Hericium*, *Lycoperdon*...

Parmi les ascomycètes (dont les spores sont contenues dans des asques) :

- les pyrénomycètes,
- autres ascomycètes lignicoles.

Analyse bibliographique : études de champignons lignicoles

En Europe, un certain nombre d'études traitent d'une problématique proche du projet GNB. Malheureusement les protocoles mis en œuvre n'y sont pas toujours suffisamment détaillés pour qu'on puisse les discuter ou les reproduire.

En Scandinavie, parmi les nombreuses études sur les champignons lignicoles, nous avons trouvé deux publications qui se rapprochent du projet GNB. La première (Junninen 2006) compare les champignons lignicoles dans les forêts boréales de pins selon trois degrés d'intensité d'exploitation et cinq stades de succession. 41 sites ont été ainsi sélectionnés : 12 en forêt exploitée de façon intensive, 15 en forêt dite semi-naturelle et 14 en forêt dite naturelle. Dans chaque site sont inventoriées 10 placettes de 10 m de rayon (soit 314 m²). On y examine, en un passage, tous les supports vivants ou morts de plus de 5 cm de diamètre. Pour un site donné, les placettes de relevés mycologiques sont différentes des placettes de relevés dendrométriques. Le nombre total d'espèces lignicoles est de

195, correspondant à 60 polypores et 135 corticiés. L'auteur reconnaît que les inventaires de champignons basés seulement sur la présence de fructifications omettent les espèces qui ne fructifient pas à la période de l'inventaire même si elles sont présentes à l'état de mycélium. Il précise que l'inventaire des mycéliums avec des méthodes moléculaires sur des milliers de pièces de bois serait laborieux et très coûteux.

La seconde étude scandinave (Stokland et Larsson, 2011) concerne des forêts de pin et d'épicéa. On y compare des forêts exploitées sur 90 placeaux à des forêts non exploitées sur 34 placeaux. La surface des placeaux est de 5 000 m². Dans chaque zone d'étude, on mesure les pièces de bois mort au sol de plus de 10 cm de diamètre et de plus de 60 cm de long et on caractérise le degré de dégradation puis on y inventorie les champignons en un seul passage. Le champ taxinomique comprend les polypores et les corticiés comme dans l'étude précédente. Le nombre de champignons lignicoles relevé est de 56 polypores et de 234 corticiés.

En Allemagne, une étude comparative a été conduite en hêtraie selon

trois modalités d'intensité de gestion : sylviculture intensive, sylviculture avec conservation de bois mort et réserve intégrale depuis au moins 30 ans (Müller *et al.*, 2007). On utilise des placettes dendrométriques circulaires de l'inventaire forestier de 1 000 m² où les données sur le bois mort ont été collectées. L'inventaire mycologique a concerné 69 placettes où toutes les pièces de bois mort de plus de 12 cm ont été examinées. Le champ taxinomique couvert comprend toutes les espèces lignicoles, sauf les corticiés et les polypores résupinés dont l'identification est jugée trop consommatrice de temps. Trois passages ont été réalisés dans l'année. Le nombre total d'espèces de champignons lignicoles est de 196 (dont 42 polypores à chapeau et 66 lamellés).

En Suisse, Küffer *et al.* (2007) ont étudié les champignons lignicoles, principalement les corticiés, sur les substrats de très faible diamètre (moins de 10 cm). L'étude concerne 86 placettes de 50 m², réparties dans différents types de forêts soumises à différentes intensités de gestion : tous les supports de bois sont examinés en un seul passage et tous les petits débris ligneux sont emportés pour examen microscopique. 238 espèces ont été recensées dont 175 espèces corticioïdes et 32 polypores.

En Espagne, une étude comparable a été menée en 2012 dans les hêtraies du Pays Basque (Abrego et Salcedo, 2014) dans 150 placettes de 100 m². Dans chaque placette, tous les débris de bois de plus de 0,2 cm de diamètre sont mesurés et classés par dimension et classe de décomposition. Ces débris sont examinés et tous les champignons basidiomycètes ou ascomycètes de plus de 1 mm sont emportés pour détermination. Les placettes sont parcourues une fois en automne entre septembre et début novembre. Au total sur 216 espèces, on a relevé une majorité de corticiés (131), 42 polypores, 20 lamellés, 3 autres basidiomycètes et 20 ascomycètes.



Patrick Blanchard, ONF

Fistulina hepatica – Langue de bœuf (basidiomycète, polypore)

Principes retenus pour le protocole d'inventaire mycologique GNB

Principes généraux

L'analyse des études publiées conforte le choix de réduire le champ taxinomique aux champignons lignicoles, la question à trancher étant plutôt de savoir s'il faut vraiment examiner toutes les espèces lignicoles ou si on peut se limiter aux polypores. D'après les études scandinaves, en effet, cela correspondrait à une liste restreinte d'espèces facilitant les déterminations et suffisamment longévives pour être facilement observées.

Ces études soulignent aussi le lien entre l'essence, les dimensions du support, l'état de décomposition et la diversité des champignons lignicoles, mais elles ne raccordent pas forcément l'inventaire mycologique à la caractéristique spécifique de la pièce de bois. Or les données du protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) mis en œuvre dans l'étude GNB permettent, pour l'essentiel, de bien caractériser les supports. En outre, cet inventaire se fait sur des placettes de 20 m de rayon soit 1 250 m² : cette surface est supérieure à celle des placettes de l'étude suisse privilégiant les corticiés (50 m²). Elle est équivalente aux placettes de l'étude allemande privilégiant les lamellés et

les polypores à chapeau (1 000 m²). Elle est intermédiaire entre les surfaces retenues dans les deux études scandinaves qui prospectent les polypores et les corticiés (314 m² et 5 000 m²). Par ailleurs le PSDRF permet de suivre les recommandations de la littérature en ce qu'il augmente l'échantillonnage des gros bois (vivants debout) et en diminue celui des petits bois.

C'est pourquoi le premier principe retenu est bien d'adosser l'inventaire mycologique à l'inventaire dendrométrique PSDRF, c'est-à-dire de relever la diversité fongique lignicole pour les différents supports correspondants, moyennant quelques ajustements. Cette approche est plus précise que la plupart des études citées dans la bibliographie en ce sens qu'il y a une volonté de rattacher la donnée mycologique à la pièce de bois caractérisée. Restaient aussi à arbitrer le champ taxinomique du protocole, à définir la notion d'abondance, à calibrer en conséquence le temps à consacrer à chaque relevé, le nombre de personnes par équipe et enfin le nombre de passages sur chaque placette.

Placette et pièces de bois

L'inventaire dendrométrique PSDRF (voir figure 1) associe, pour chaque placette :

- des relevés sur surface fixe (placette circulaire principale de 20 m de

rayon + sous-placettes de recensement petites tiges et régénération), pour l'échantillonnage des arbres vivants, des arbres morts debout (dont chandelles et souches de plus de 40 cm de haut) et des gros bois morts au sol ($\varnothing \geq 30$ cm) ;

- des relevés sur surface variable : placettes à angle fixe, pour équilibrer la représentation des gros bois vivants ($\varnothing \geq 30$ cm) ;
- et des relevés sur trois transects longs de 20 m, partant du centre de la placette et orientés à 0 grade, 133 grades et 267 grades, pour les petits bois morts au sol ($5 < \varnothing < 30$ cm).

Les bois debout, vivants ou morts, sont individualisés et géoréférencés en azimut et distance au centre de la placette (sauf les très petits bois de $\varnothing < 7,5$ cm). Inversement, les gros bois morts au sol peuvent être dissociés en plusieurs billons (pour permettre des calculs de volume/ha par type de bois mort ; figure 2). Enfin, pour le bois mort au sol, les notations dimensionnelles s'accompagnent d'indication sur les degrés d'altération du bois (écorce et pourriture).

Les pièces de bois recensées ainsi constituent les différents « supports » de l'inventaire des champignons lignicoles, moyennant quelques ajustements. Pour les bois sur pied vivants, seuls sont prospectés les gros bois ($\varnothing \geq 30$ cm). Les gros bois morts au

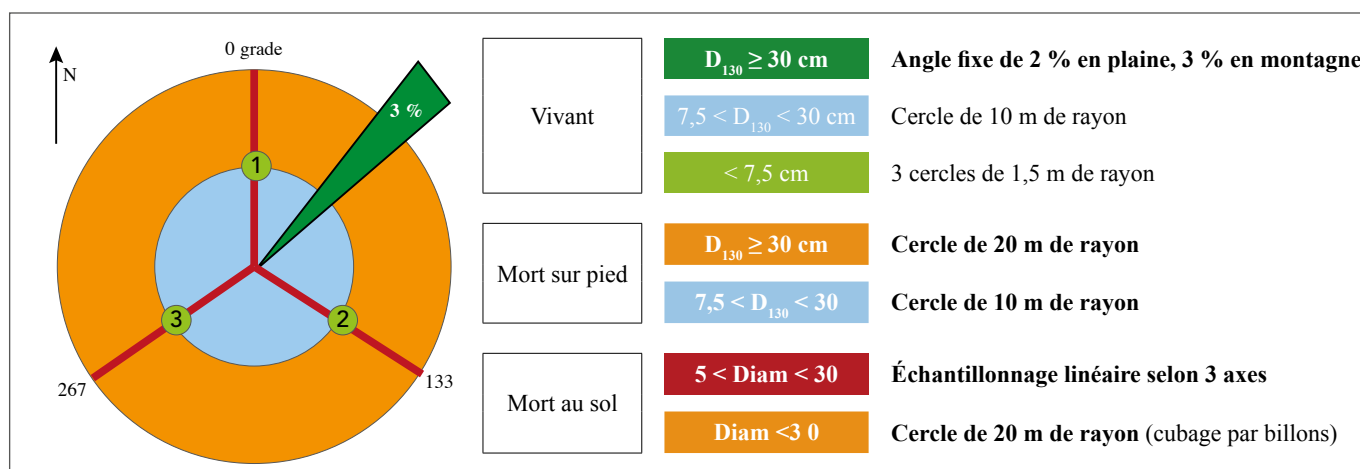


Fig. 1 : placette d'inventaire dendrométrique (PSDRF) et mycologique

En gras, les parties de l'inventaire dendrométrique reprises pour la prospection mycologique : les gros bois vivants, les bois morts sur pied, et les bois morts au sol moyennant adaptations (voir figures 2 et 3)

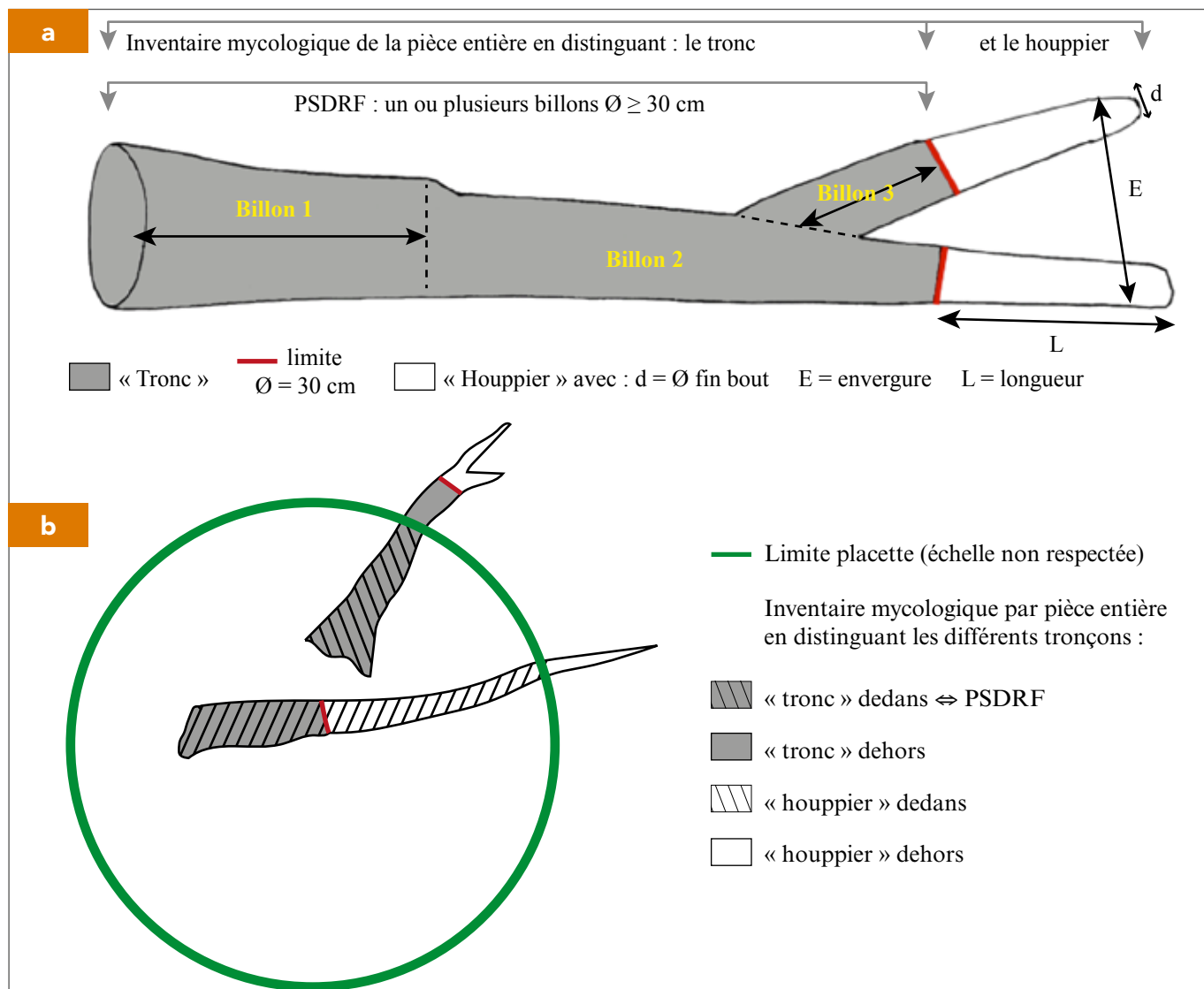
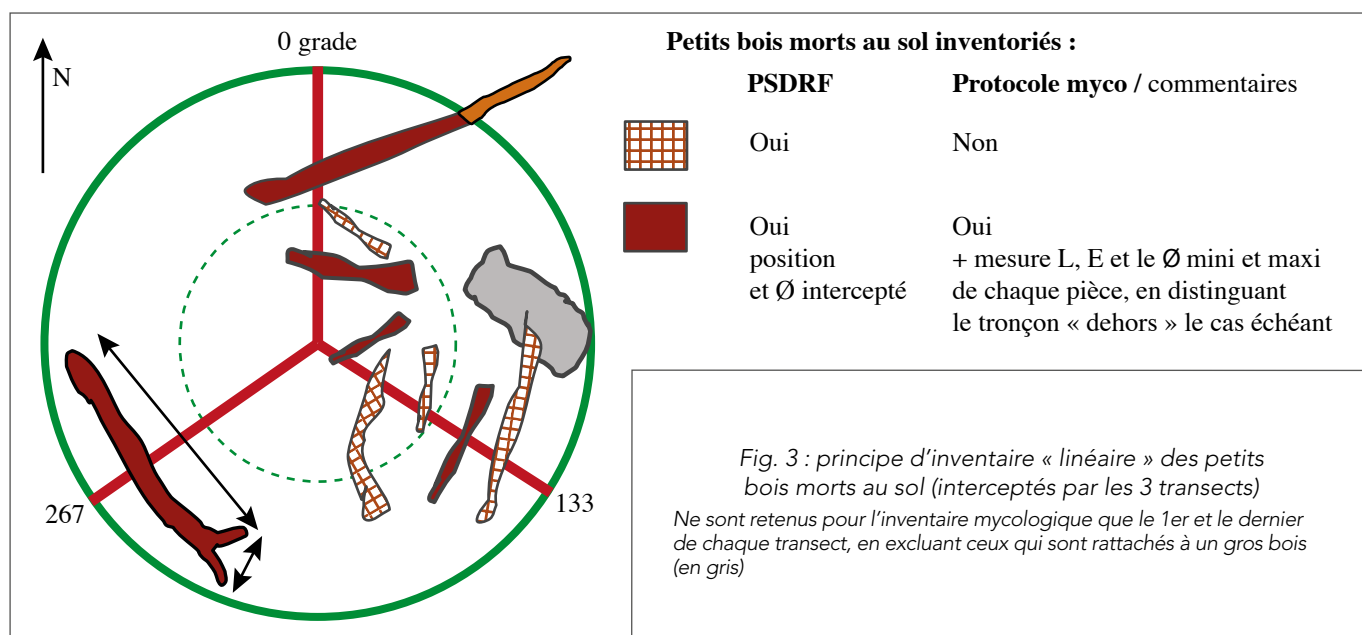


Fig. 2 – principe de prise en compte des gros bois morts au sol, qu'ils soient dans la placette (a) ou qu'ils en débordent (b)



sol interceptés par le rayon de 20 m sont examinés sur toute leur longueur, donc au-delà de la placette circulaire le cas échéant. Le relevé mycologique concerne non seulement le tronc, mais aussi le houppier (limite tronc-houppier fixée au Ø 30 cm) que l'on caractérise par son envergure. L'examen mycologique des petits bois morts au sol se limite à 6 pièces maximum (la première et la dernière de chaque transect, en partant du centre; figure 3), avec possibilité de retourner ces bois qui constituent un substrat favorable aux corticiés; ce principe permet de limiter un travail fastidieux (et qui sans cela deviendrait rédhibitoire) sur débris ligneux de petite dimension. À cela s'ajoutera un relevé complémentaire sur l'ensemble de la placette pour noter globalement les champignons lignicoles hors des supports précédents et donc aussi sur pièce de bois de moins de 5 cm de diamètre.

Champ taxinomique et notion d'abondance

L'idée de ne retenir que les polypores était *a priori* séduisante. Le nombre total de ces espèces en France est d'environ 330, en comptabilisant les gros polypores pérennes (une trentaine d'espèces), les autres polypores à chapeau non pérennes (150) et les espèces résupinées. Les fructifications pérennes sont visibles toute l'année, les non-pérennes sont visibles pendant plusieurs mois. Toutefois, la consultation des inventaires montre que les espèces de polypores dans une forêt donnée sont assez peu nombreuses : une trentaine pour 1 600 ha par exemple dans les forêts de la réserve naturelle de Ventron (88-68). Dans les exemples d'études cités, le nombre d'espèces de polypores fluctue entre 30 et 60. Donc en se restreignant aux polypores, de surcroît sur des placettes d'assez faible surface, on courrait le risque d'un trop faible échantillonnage de la richesse spécifique en champignons lignicoles. Nous avons d'abord pensé à élargir le champ taxinomique à des espèces bien détectables, peu labiles voire « coriaces », de basidiomycètes et

d'ascomycètes en ciblant certains genres. Mais cette extension s'est avérée problématique car, contrairement aux polypores, elle ne correspond pas à une réalité évidente sur le terrain.

Finalement, l'option retenue a été de noter tous les champignons lignicoles observés sans restriction taxinomique. Une telle consigne a le mérite d'être claire et applicable par tous les membres du réseau Mycologie de l'ONF mobilisés pour cette opération. Cette approche est originale si on en juge par la littérature où nous n'avons trouvé, outre le projet RESINE également conduit par Irstea, qu'une étude dont l'inventaire porte à la fois sur les corticiés, les polypores (résupinés compris), les ascomycètes et les champignons à lames (l'étude espagnole dans les hêtraies du Pays Basque).

Concernant la notion d'abondance, les études consultées s'accordent à considérer que les champignons de la même espèce situés sur la même pièce de bois constituent une seule occurrence. Nous retenons ce principe facile à appliquer d'autant que

sur le terrain le comptage des fructifications serait fastidieux et même impossible pour les champignons à consoles imbriquées.

Nombre de passages, temps passé

Le dernier point à préciser est le nombre de passages, qu'il faut mettre en relation avec la lourdeur du protocole et la dimension du projet : plus de 200 placettes. Ce point est lié aussi au choix du champ taxinomique. Comme dans les études européennes déjà citées incluant les corticiés (plus difficiles à relever que les autres groupes), nous avons opté pour un seul passage dans la saison (en automne). De plus l'expérience acquise au cours du projet RESINE milite pour une seule prospection, même s'il n'y a pas eu de véritable étude d'optimisation méthodologique pour démontrer que cela suffit. Le temps de terrain estimé étant de 4 placettes à 6 placettes par jour par équipe de deux. Le temps effectif sur placettes ne doit pas excéder une heure trente sauf cas particulier. Le choix de travailler en binôme est lié à la nécessité de retrouver les



Hericium coralloides – Hydne corail (basidiomycète)

Gérald Gruhn, ONF

pièces de bois et de procéder à des mesures dendrométriques complémentaires. Le travail à deux permet aussi d'améliorer la qualité de l'inventaire en augmentant la détection des espèces tout en assurant la sécurité dans des sites escarpés ou à progression difficile du fait de la végétation. Dans la constitution de l'équipe, une complémentarité des compétences est recherchée.

Mise en œuvre : difficultés, adaptations et commentaires

Le protocole a été testé d'une part avec le pilote du projet GNB (Frédéric Gosselin, Irstea) dans la forêt d'Auberive (52) en juin 2008 et, d'autre part, avec l'ensemble du réseau Mycologie de l'ONF à l'occasion des réunions de septembre 2007 et 2008 respectivement en Savoie et en Lozère. L'inventaire mycologique étant en quelque sorte inféodé à l'inventaire dendrométrique, il a brièvement été envisagé de les réaliser en même temps... avant d'abandonner l'idée, beaucoup trop contraignante. Il aurait fallu que les forestiers mycologues, très peu nombreux et dont la disponibilité est comptée, fassent l'ensemble du travail, nécessairement en automne : ingérable !

En pratique, l'inventaire mycologique intervient après l'inventaire dendrométrique, réalisé par une équipe distincte dans le cadre de l'organisation générale du programme GNB (qui, rappelons-le, concerne plusieurs autres groupes taxinomiques). L'équipe mycologique récupère les données (la « fiche dendro ») de chaque placette, où figurent notamment les coordonnées GPS du centre de la placette qui permettent de se positionner précisément et rapidement sur le même point, matérialisé par un piquet en fer, et de retrouver tous les bois inventoriés.

Il faut ensuite coder chacun des supports à prospecter, pour faire parfaitement le lien entre position, type de support (+ dimensions) et champignons correspondants. Pour



Mycena renati – Mycène à pied jaune (basidiomycète, lamellé)

Patrick Blanchard, ONF

les bois sur pied, dûment repérés en distance et azimut par rapport au centre de la placette, ce codage peut se faire directement et à l'avance sur la « fiche dendro » : gros bois vivant (V1, V2... Vn), ou bois mort debout y compris chandelles et souches hautes (D1, D2... Dn). Mais pour le bois mort au sol, les données de l'inventaire ne suffisent pas à caractériser les pièces de bois; elles sont donc reprises dans une « fiche support » à compléter sur le terrain avant codification. En particulier, l'inventaire dendrométrique a pu scinder certains gros bois morts en plusieurs billons, dont le codage doit indiquer qu'ils appartiennent à la même pièce de bois, ainsi que l'éventuel houppier (G1.1... G1.x; Gn.1... Gn.y); de même, les bois morts de petit diamètre interceptés par les transects peuvent appartenir à une pièce déjà prise en compte par ailleurs (houppier d'un gros bois mort), aussi leur sélection et codage (P1... P6) ne peut pas se faire *a priori*.

Enfin, une « fiche-myc » reprend tous les supports, dûment codés, à prospecter pour l'inventaire mycologique proprement dit : pour chacun d'eux on rappelle s'il est ou non dans la placette, on indique le nom des

espèces concernées ou provisoirement un numéro de récolte.

Pour permettre le contrôle et l'exploitation ultérieure des données, les trois types de fiches (dendro, support et myco) ont très vite été intégrés à un fichier unique (tableur Excel), sous forme de trois onglets distincts regroupant les données correspondantes de toutes les placettes. Un autre onglet (Info_placettes) est destiné à rappeler, pour chaque placette, la date de relevé, le nom de l'équipe et le temps passé.

Du principe à la pratique...

Si le principe est assez simple, les premiers tests ont mis en évidence des difficultés de mise en œuvre. En premier lieu, quelques erreurs dans la prise de données initiale ont été décelées : erreurs dans le géo-référencement des placettes ou la localisation (distance, azimut) des arbres debout, mesures d'angles reportées en degrés au lieu des grades, ou encore méprise sur l'essence d'arbre. Ces petites erreurs ont pu être corrigées sur le terrain. Plus problématiques sont les modifications physiques survenues entre l'inventaire dendrométrique et l'inventaire mycologique telles que

la chute d'un arbre debout, vivant ou mort, ou le déplacement de bois morts au sol. Il a fallu adapter l'inventaire mycologique à ces situations, en suscitant au besoin quelques améliorations du protocole d'inventaire dendrométrique. Nous allons examiner par type de support les problèmes posés et les solutions retenues.

Les gros bois vivants

En plaine, l'inspection des bois vivants ne pose pas de problèmes particuliers. On peut partir du centre de la placette et aller examiner un arbre vivant connaissant son azimut et sa distance puis repartir du centre et aller examiner le suivant. Par contre, en montagne sur les fortes pentes il est très long et pénible de progresser de la même façon. La méthode retenue est de parcourir la placette en courbe de niveau et de s'arrêter auprès des arbres porteurs de champignons puis de mesurer ensuite leur distance et leur azimut depuis le centre afin d'établir la correspondance avec la fiche-dendro (le codage ne peut donc pas se faire *a priori*). Par déduction, les autres arbres seront notés sans champignons. Cette méthode nécessite de

vérifier que les gros arbres recensés (à la jauge d'angle) au-delà du cercle de 20 m ne sont pas oubliés.

Si le statut d'un bois vivant a changé entre les deux inventaires, qu'il soit mort debout ou qu'il ait été renversé (bois mort au sol), l'opérateur doit l'indiquer en observations dans la fiche dendro en face de la ligne correspondante.

Les bois morts debout

Les bois mort debout ont généralement été retrouvés sans difficulté sauf les souches qui peuvent être masquées par la végétation. Inversement, certaines souches ont pu être oubliées lors de l'inventaire dendrométrique, auquel cas leur prospection mycologique a été faite dans le cadre de l'inventaire complémentaire sur l'ensemble de la placette.

Si un bois mort debout est devenu bois mort au sol, la consigne est de l'indiquer en observations dans la fiche dendro en face de la ligne correspondante; il ne fait pas l'objet des mesures spécifiques aux bois morts au sol et conserve en quelque sorte son statut de bois mort debout.

Les gros bois morts au sol

À la différence des bois morts debout, le protocole dendrométrique ne prévoit pas de localiser les gros bois morts au sol, l'objectif du PSDRF étant de relever les données pour calculer des volumes par type de bois mort : diamètre et longueur de la pièce arrêtée à la « découpe » 30 cm, en distinguant dans certains cas plusieurs billons. De ce fait, il s'est avéré difficile de retrouver les gros bois morts au sol correspondant aux indications de la fiche dendrométrique; difficulté accentuée si ces bois étaient nombreux, ou bien dans un terrain encombré de végétation ou accidenté.

Pour faciliter leur recherche, le protocole dendrométrique a été modifié de façon à donner une information de localisation et indiquer l'appartenance d'éventuels billons à une même pièce de bois. La localisation d'un gros bois mort se fait en notant la position de son extrémité la plus grosse par rapport au centre de la placette.

Si la position du gros bois mort a manifestement changé (cas fréquent en montagne), la consigne est de l'indiquer en observations dans la fiche dendro en face de la ligne correspondante. Si la pièce n'est pas retrouvée, la consigne est de noter « Non retrouvé » sans chercher à désigner un éventuel remplaçant. Une fois la pièce repérée, le relevé mycologique doit distinguer les champignons du tronc de ceux du houppier (non relevé en tant que tel dans l'inventaire dendrométrique). La distinction entre tronc et houppier se fait à partir du diamètre de 30 cm (cf. figure 2). La partie houppier fait l'objet d'une caractérisation dendrométrique complémentaire : diamètres extrêmes et mesure de l'envergure du houppier.

Enfin il arrive que le tronc de l'arbre ou le houppier dépasse la limite de la placette, ce qui nécessite de situer précisément cette limite et de noter les champignons en fonction de leur



Gérald Gruhn, ONF

Retrouver précisément le centre de la placette d'inventaire

localisation sur la pièce de bois et de leur situation dans ou hors des limites de la placette (selon un formalisme prévu par la fiche myco).

Les petits bois morts au sol

Le repérage des petits bois morts au sol s'est avéré plus difficile encore. Il s'agit de pièces interceptées par chacun des trois transects et dont le protocole d'inventaire dendrométrique ne prévoit pas de noter la distance au centre de la placette (mesure optionnelle). Si ces petits bois ont été déplacés, même légèrement, ou si le calage de l'orientation n'est pas rigoureusement le même entre les deux inventaires, certaines pièces peuvent ne plus être retrouvées à l'inventaire mycologique.

En ce qui concerne la distance, les inventaires dendrométriques les plus récents ont segmenté les transects en deux parties (0-10 m et 10-20 m), permettant ainsi d'avoir une information plus précise sur la position des petits bois morts au sol. Si un petit bois censé être échantillonné n'est manifestement pas à sa place, on note « déplacé » sur la ligne correspondante de la fiche-support et, si on ne retrouve pas cette pièce, on la remplace, le cas échéant, par la pièce suivante ou précédente (selon qu'on est au début ou à la fin du transect) du relevé dendrométrique. Mais s'il n'y en a pas, on ne cherchera pas à désigner un éventuel remplaçant non mesuré à l'inventaire dendrométrique.

Dans le cas d'un petit bois censé être échantillonné mais qui s'avère être une branche d'un gros bois mort au sol inventorié, celui-ci est ignoré pour ne pas dupliquer l'inventaire sur la même pièce. Il est alors remplacé par un autre petit bois sur le même transect.

Enfin le problème des bois non retrouvés a été intégré en remarques au protocole. Cependant, dans certains sites, le relief et (ou) le délai séparant les deux inventaires sont tels que les petits bois morts ont été



Gérald Gruhn, ONF

Difficile, en montagne, de retrouver les petits bois morts de l'inventaire dendrométrique

chamboulés. Dans ces cas, l'opérateur peut décider, pour toutes les placettes du site, de s'affranchir des informations issues du relevé PSDRF : il sélectionne le premier et le dernier petit bois qu'il trouve sur chaque transect et consigne leurs caractéristiques dendrométriques avant de procéder à l'examen mycologique.

Le relevé dans la placette

Pour le relevé complémentaire « en plein » dans la placette, il était prévu initialement de relever les espèces sur les autres supports ligneux non inventoriés et de noter leur abondance donc le nombre de support-espèces. La notation d'abondance s'est avérée applicable pour les espèces identifiables à vue mais pas pour les espèces corticoïdes dont un bon nombre sont impossibles à distinguer les unes des autres sur le terrain. Finalement, seule la présence des espèces sur une placette est relevée, sans notation de l'abondance.

L'effet observateur

L'effet observateur, c'est-à-dire les variations de prise de données selon les mycologues, n'a pas été testé par un protocole ad hoc faute de temps. En effet, un tel test nécessitait d'organiser le passage de plusieurs équipes composées de deux

membres du réseau, sur les mêmes placettes pendant une période favorable. Or cette saison favorable se résume à la période automnale, traditionnellement fort chargée en inventaires. Classiquement, on note deux types de biais liés à l'opérateur : la détection et l'identification. Si nous n'avons pas de quantification des erreurs de détection, le travail en binôme permet généralement de limiter les biais liés à la spécialisation d'un mycologue sur un groupe particulier. Quant à la détermination des espèces, elle ne s'est faite sur le terrain que pour les plus évidentes ; le plus souvent, elle nécessite une expertise microscopique en laboratoire. Aussi nous nous sommes efforcés d'échanger les échantillons voire, pour les plus délicats, de les soumettre à des experts extérieurs. Le risque d'erreur dans la détermination des espèces a donc été minimisé.

Conclusion

Le programme GNB consiste à comparer la biodiversité entre forêts exploitées et forêts en libre évolution (dites « en réserve »). Le plan d'échantillonnage conçu à cette fin a conduit à installer un réseau de placettes destinées en premier lieu

à caractériser les compartiments arbres vivants et bois morts, selon le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF), et à servir de base pour l'inventaire des autres composantes de la biodiversité. Pour le compartiment mycologique, cependant, il n'existait pas *a priori* de méthode d'inventaire bien définie. Cela a stimulé une réflexion approfondie entre le réseau Mycologie de l'ONF, partenaire du projet, et les chercheurs d'Irstea pour préciser les groupes à cibler et mettre au point un protocole adapté à la problématique ; protocole qu'il fallait optimiser en fonction des contraintes de temps, de moyens et des compétences disponibles.

Ce protocole mycologique cible les champignons lignicoles et s'appuie sur les supports ligneux définis par le PSDRF : les différentes pièces de bois dûment identifiées et mesurées dans le cadre de l'inventaire dendrométrique préalable sont codifiées individuellement pour le relevé mycologique. Les deux inventaires n'étant pas simultanés et faisant intervenir des équipes différentes, il est parfois difficile de retrouver certaines pièces, notamment de bois mort. Cependant la dissociation des deux types d'inventaire présente le gros avantage de permettre aux forestiers mycologues de se concentrer sur leur discipline, sachant qu'ils sont peu nombreux, appelés à intervenir loin de chez eux et d'autant plus contraints par le temps que l'inventaire mycologique se fait nécessairement en automne.

À la lumière de travaux précédents publiés dans la littérature, il a été décidé de procéder en un seul passage, en relevant tous les champignons lignicoles : champignons à lames, polypores à chapeau, autres basidiomycètes et ascomycètes lignicoles mais aussi les groupes difficiles que sont les corticiés et les polypores résupinés. Ce choix permet de fournir des consignes



Ustulina deusta (ascomycète)

Olivier Rose, ONF

claires, ne soulevant pas de problème d'interprétation. Toutefois il exige des compétences plus pointues que les inventaires ordinaires, en particulier pour les espèces corticoïdes, dont la détermination ne peut se faire qu'au microscope. Un effort important de formation a donc été consenti pour consolider chez tous les membres du réseau un socle minimum de compétences et perfectionner les quelques connaisseurs des espèces corticoïdes : formation microscopie assurée par la Société Mycologique de France et axée sur les champignons à lames lignicoles, d'une part, et participation aux journées « Aphyllophiles » qui réunissent les meilleurs spécialistes européens des polypores et des corticiés, d'autre part.

Au-delà du cadre du projet GNB, le protocole mis au point est appliqué dans une version allégée au suivi ordinaire des réserves biologiques intégrales de l'ONF (voir RenDez-Vous techniques n° 35, pp. 68-73). Par ailleurs, la démarche méthodologique rigoureuse qu'exigent les analyses statistiques destinées à explorer des processus écologiques

complexes n'est pas encore familière aux associations mycologiques. Pour les sensibiliser, ces protocoles ont été présentés aux Mycologiades de Bellême en 2009 dans le cadre d'une journée technique consacrée aux protocoles mycologiques, au congrès de la SMF (Société Mycologique de France) en 2012 et au colloque de la FMBDS (Fédération Mycologique et Botanique Dauphiné Savoie) en 2015. Une équipe mixte ONF-SMF a même été constituée pour effectuer l'inventaire d'un site (Verrières). Ajoutons enfin que les compétences acquises sur les champignons lignicoles donnent au réseau Mycologie de l'ONF une position reconnue dans le paysage mycologique français.

Hubert Voiry

ONF, Animateur du réseau Mycologie
hubert.voiry@onf.fr

Olivier Rose

Chef de projet biodiversité
ONF, agence Vosges-Montagne

Frédéric Gosselin

Irstea, centre de Nogent-sur-Vernisson
UR Écosystèmes forestiers (EFNO)

Références

- Abrego, N. & Salcedo, I. (2014) : Response of wood-inhabiting fungal community to fragmentation in a beech forest landscape. *Fungal Ecology* 8 :18-27.
- Bouget, C., Brin, A., Cordonnier, T., Granet, A., Deuffic, P., Gosselin, F., & Moreau, P. (2009) Projet BGF RESINE – Représentations sociales et intérêts écologiques de la nécromasse. Rapport final. Cemagref / Convention MEDDAT CV05000150, Nogent-sur-Vernisson.
- Bruciamacchie, M. (2005) : Protocole de suivi d'espaces naturels protégés. ENGREF – MEDD, Nancy.
- Gosselin, F., Paillet, Y., Gosselin, M., Durrieu, S., Larrieu, L., Marrell, A., Lucie, X., Boulanger, V., Debaive, N., Archaux, F., Bouget, C., Gilg, O., Rocquencourt, A., Drapier, N., & Dauffy-Richard, E. (2014) Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité. Rapport final, Rep. No. 10 – MBGD-BGF-1-CVS-09. GIP-Ecofor, Paris.
- Huhndorf S, Lodge DJ, Wang CJ, Stokland N- 2004 : Macrofungi on woody substra in Biodiversity of Fungi – Inventory and Monitoring Methods. Elsevier.
- Junninen K, Similä M, Kouki J, Kotiranta H – 2006. Assemblages of wood inhabitant fungi along the gradients of succession in naturalness in boreal pine-dominated forests in Fennoscandia. *Ecography* 29 : 75-83
- Küffer N, Senn-Irlet B – 2005. Influence of forest management on the species richness and composition of wood-inhabiting basidiomycetes in Swiss forests. *Biodiversity and conservation* 14 : 2419-2435. Springer 2005.
- Müller J, Engel H, Blaschke M : 2007. Assemblages of wood-inhabiting fungi related to silvicultural management intensity in beech forests in southern Germany. *Eur.Forest Res.*126 : 513-527.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, B., Bijlsma, R.J., De Bruyn, L., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, L., Magura, T., Matesanz, S., Mészáros, I., Sebastià, M.T., Schmidt, W., Standovár, 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology* 24, 101-112.
- Rajala T., Peltoniemi M., Pennanen T. & Mäkipää R., 2011. Fungal community dynamics in relation to substrate quality of decaying Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) logs in boreal forests. *FEMS Microbiol Ecol* 81: 494-505.
- Renvall P., 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia* 35 : 1-51.
- Stokland, J. & Sippola, A-L., 2004. Monitoring protocol for wood-inhabiting fungi in the Alberta Biodiversity Monitoring Programme. Report for the Science Committee of the Alberta Biodiversity Monitoring programme. 58 p.



Phlebia radiata (basidiomycète, corticié)

Olivier Rose, ONF