

Introduction à la mycologie domestique

Les champignons qui croissent dans les maisons

par André FRAITURE ¹

Résumé : *Cet article propose un rapide tour d'horizon des questions relatives aux champignons qui se développent dans les bâtiments : leurs exigences écologiques, les types de dégâts qu'ils produisent, les problèmes de santé qu'ils peuvent parfois causer, les questions juridiques qu'ils peuvent soulever, les méthodes utilisées pour les identifier, une revue des principales espèces incriminées et les moyens à mettre en œuvre pour les éliminer. Un tableau compare la fréquence avec laquelle les différentes espèces ont été rencontrées par plusieurs auteurs.*

Samenvatting : *Dit artikel geeft een kort algemeen overzicht van vragen met betrekking tot paddestoelen die zich binnenshuis ontwikkelen : hun ecologische vereisten, de schade die ze berokkenen, de mogelijke gezondheidsproblemen die ze veroorzaken, de juridische vragen die hierdoor ontstaan, de gebruikte methodes om ze te identificeren, een overzicht van de belangrijkste betrokken soorten en de behandelingen die aangewezen zijn om hen te verwijderen. Een tabel vergelijkt de frequentie waarmee deze verschillende soorten werden waargenomen door meerdere auteurs.*

Summary : *This paper proposes a short survey of the questions related to the fungi growing indoors : their ecological requirements, the kind of damage they produce, the health problems they sometimes give, the legal questions they can raise, the methods used for their identification, a review of the main species involved and the treatments recommended to eliminate them from the buildings. A table compares the frequency with which the different species have been observed by several authors.*

Introduction

Les tâches qu'accomplissent les scientifiques du Jardin Botanique sont variées. Plusieurs d'entre elles consistent à mettre leurs connaissances au service du public pour la résolution de problèmes pratiques tels que, notamment, le contrôle

¹ Jardin Botanique National de Belgique, Domaine de Bouchout, B-1860 Meise.

d'arrivages suspects dans le cadre de la lutte contre le commerce des espèces menacées (CITES), la détermination de champignons ou de plantes responsables d'empoisonnements, la détermination d'échantillons et l'envoi de conseils concernant les champignons poussant dans les bâtiments. C'est ce dernier domaine qui sera abordé ici, par une présentation générale des problèmes posés par les champignons des maisons, assortie de commentaires tirés en partie de l'expérience accumulée grâce aux expertises réalisées par l'auteur durant une vingtaine d'années.

Les problèmes causés par les champignons domestiques, la mérule en particulier, ne datent pas d'hier puisqu'on trouve déjà des conseils pour y remédier dans la Bible et, plus précisément, au chapitre 14, versets 33 à 48 du Lévitique qui, selon la tradition, aurait été écrit par Moïse au XVe siècle avant JC ! Plus près de nous, on peut dire que la mérule fut un des ennemis les plus redoutables qu'ait eu à combattre la Navy anglaise. Coggins (1980) rapporte qu'une commission navale créée en 1609 par le roi James Ier recommanda de tremper les troncs d'arbres afin d'en extraire la sève, puis de les faire sécher par l'air et le soleil et de les garder un certain temps empilés avant de les utiliser pour la construction de bateaux. Ces excellents conseils n'ont guère été suivis, avec comme conséquence que de gros dégâts ont été subis par la flotte durant deux ou trois siècles. Le cas le plus célèbre est celui du *Queen Charlotte*, le premier navire de guerre à porter 110 canons. Il était déjà fortement attaqué lorsqu'il fut lancé en 1810 et il pourrait ensuite si rapidement qu'il fallut le reconstruire avant même qu'il ne soit commissionné.

On a beaucoup écrit sur les champignons du bois d'œuvre, en particulier sur la mérule (voir la bibliographie de Seehann & Hegarty 1988 ainsi que Coggins 1980, Grosser 1985, Leclercq & Seutin 1989, Hennebert et al 1990, Jennings & Bravery 1991, Rammeloo 1992, Singh 1994). Il n'est pas étonnant que le sujet ait suscité beaucoup de recherches car le coût des dégâts causés par les champignons est énorme. Rayner & Body (1988, cités par Schmidt 2007), rapportent que, en 1977, rien qu'au Royaume-Uni, le coût des réparations des dégâts dus aux champignons dans la construction se montait à 3.000.000 £ par semaine. Il faut dire que Londres a payé pendant des décennies les conséquences des bombardements intensifs de la dernière guerre.

Ecologie des champignons domestiques

Pourquoi les champignons se développent-ils dans certaines maisons ? Parce qu'ils y trouvent les conditions favorables à leur croissance. Les facteurs principaux pour la croissance des champignons dans les habitations sont une humidité élevée et une température pas trop basse, en tout cas toujours au-dessus de zéro degré.

La température reste en principe relativement élevée dans un bâtiment, même en hiver, sauf lorsqu'il est inoccupé. On se trouve donc toujours dans la gamme de température permettant la croissance des espèces lignivores, même si la température optimale de celles-ci est parfois plus élevée que la température d'une habitation. Leclercq & Seutin (1989: 38) et Schmidt (2006: 68) citent les températures optimales et maximales pour diverses espèces fréquemment rencontrées dans les bâtiments. Parmi celles-ci, c'est la mэрule (*Serpula lacrymans*) qui tolère les températures les plus basses (optimum à 18-22 °C, maximum à 26 °C), *Donkioporia expansa* demande des températures plus élevées (optimum à 26-28 °C, maximum à 35 °C) et *Gloeophyllum trabeum* est le plus frileux (optimum à 32-37 °C, maximum à 45 °C).

L'humidité, en particulier celle du bois (ou des substances provenant de végétaux comme le papier, le carton, certains tissus en coton, lin, jute, etc.) est l'autre exigence principale des champignons des maisons. En dessous d'une humidité de 25-30 %, les champignons n'ont pratiquement pas d'activité lignivore (Schmidt 2006, 2007). La mэрule a son optimum aux environs de 30-40 % d'humidité mais, une fois assuré son approvisionnement en eau, elle peut transporter celle-ci via ses rhizomorphes et attaquer des pièces de bois qui ne sont qu'à 15 % d'humidité. Les *Coniophora* demandent plus d'humidité encore (optimum à 50-60 %). Cette humidité est parfois déjà présente dans le bois lors de la construction (bois insuffisamment séché) mais, en général, le bois est sec à l'origine et voit son taux d'humidité s'élever et dépasser la normale suite à diverses circonstances. Il peut d'abord s'agir d'un problème d'étanchéité du bâtiment, qui permet à la pluie ou à l'eau du sol d'imprégner les murs. Dans d'autres cas, c'est un défaut d'isolation thermique qui fait que certains murs sont froids. Lorsque de l'air chaud et humide, provenant par exemple d'une salle de bains ou de la cuisine, arrive au contact d'un tel mur, il se produit une condensation qui accroît fortement l'humidité du mur. Souvent aussi, l'humidité est élevée par suite d'un manque d'entretien des locaux (maison non occupée et donc non chauffée, fuite dans le toit, gouttières défectueuses, fuite dans les canalisations d'eau ou les évacuations d'eau usée, ce dernier cas étant particulièrement favorable à la mэрule). L'humidité peut aussi provenir d'un bâtiment voisin, plus ou moins insalubre ou abandonné, d'une inondation, etc.

Le substrat dont le champignon se nourrit doit évidemment être présent. La plupart des espèces domestiques, du moins en ce qui concerne les macromycètes, sont des champignons lignivores. Ils se développent principalement sur les boiseries, les meubles ou les réserves de bois entreposées dans la cave mais ils sont également capables de dégrader les matières dérivées du bois (papier, carton, ...). D'autres espèces, souvent des moisissures, se contentent quant à elles de coloniser les

peintures et le papier peint. Quelques-unes croissent sur le plâtre ou le ciment humide.

La lumière n'est pas du tout indispensable au développement des champignons, puisqu'ils ne réalisent pas la photosynthèse. Dans certains cas, cependant, il semble qu'une lumière vive soit défavorable au développement du champignon, tandis qu'une source de lumière modérée favorise la production de carpophores. Ce serait le cas, notamment, de la mérule (Hennebert et al. 1990). Dans certains cas également, la lumière semble être indispensable au bon développement des sporophores, qui acquièrent une forme aberrante lorsqu'ils se développent dans l'obscurité. C'est notamment le cas dans les genres *Pleurotus* et *Lentinus* (fig. 8), ainsi que pour *Daedalea quercina* et *Gloeophyllum abietinum* (Schmidt 2006: 74-75).

La contamination se fait en général par des spores ou des conidies qui sont transportées par le vent. Ces spores sont en effet minuscules (diamètre de l'ordre du centième de millimètre) et sont emportées facilement par le moindre courant d'air. On ne peut guère lutter contre cela et la meilleure protection consiste à garder un taux d'humidité normal dans toute l'habitation, de sorte que les spores qui atterriraient sur une boiserie ne puissent pas y germer.

Les conseils pour éviter le développement de champignons dans les bâtiments découlent de ce qui vient d'être dit. Ils visent principalement à ne pas laisser se créer dans le bâtiment les conditions favorables à l'installation et à la croissance des champignons domestiques. Comme on ne peut pas faire descendre la température sous zéro ou l'élever au-dessus de 40 °C, les mesures de précaution se concentreront sur le maintien de l'humidité à un niveau suffisamment bas.

A cette fin, il est recommandé tout d'abord d'éviter de construire sa maison en zone inondable ou sur des sols humides. Lors de la construction du bâtiment, on veillera à une bonne isolation contre l'humidité provenant du sol et contre les intempéries, ainsi qu'à une bonne isolation thermique, pour éviter les problèmes de condensation. La ventilation des locaux devra être suffisante (ne pas confondre isolation et étanchéité). Le bois utilisé pour la construction devra être sain et sec (maximum 18 % d'humidité si possible mais il est préférable d'utiliser du bois qui se trouve au niveau d'humidité de la maison).

Une fois la maison terminée, il faut la maintenir en bon état et réparer immédiatement tout défaut d'étanchéité des toitures (tuiles ou roofings) et des gouttières, ainsi que les fuites dans les canalisations d'eau potable et les évacuations d'eau usée. Vérifier si des phénomènes de condensation ou d'infiltration ne se produisent pas, surtout dans ou à proximité des pièces où l'humidité est ordinairement plus élevée (salle de bains, buanderie, cuisine).

Par ailleurs, il faut éviter de prendre des risques en stockant du bois, du papier ou du carton dans des locaux humides et surtout ne pas introduire dans la maison du bois ou du papier déjà contaminé par des champignons ou des insectes. Enfin, il est déconseillé d'aller se promener dans des bâtiments infectés par la mэрule, surtout lorsque des fructifications y sont actives, afin de ne pas transporter des spores.

Types de pourriture produits par les champignons

Si on ne considère que les éléments (atomes), on peut dire que le bois sec est constitué d'environ 50 % de carbone (d'où l'importance des arbres comme pièges à carbone). En ce qui concerne les molécules, le bois est constitué principalement de cellulose (45 à 80 % si on inclut les hémicelluloses) et de lignine (20 à 30 %). La cellulose est blanchâtre et relativement souple. On en fait notamment le papier. La lignine, au contraire, est très rigide et de couleur brun rougeâtre foncé. Il se fait qu'en général, un même champignon ne dégrade efficacement qu'une des deux molécules et on a donc des espèces qui s'attaquent à la cellulose, en épargnant quasiment la lignine, et d'autres qui dégradent la lignine en laissant la cellulose.

Pourriture fibreuse

Les champignons qui dégradent la lignine (Schmidt 2006: 99-107 et 138-142) ont un métabolisme très performant car cette substance est particulièrement résistante. Lorsque le processus est terminé, la lignine a pratiquement disparu et il reste principalement de la cellulose. Le bois est devenu blanchâtre, d'aspect fibreux, tendre et relativement souple. Il est un peu compressible et s'effrite lorsqu'on le gratte avec l'ongle. C'est ce qu'on appelle la pourriture fibreuse, le « white rot » des Anglais. Elle attaque principalement le bois des arbres feuillus. Dans la nature, ces champignons sont relativement communs (en particulier chez les Agaricales, où les espèces produisant une pourriture cubique sont très peu nombreuses, voir Redhead & Ginns 1985). Par contre, les agents de pourriture fibreuse constituent une minorité parmi les champignons qui croissent ordinairement dans les maisons (voir tableau 1). Les plus fréquemment rencontrés appartiennent aux genres *Donkioporia*, *Asterostroma* et *Phellinus*. La plupart des espèces à pourriture fibreuse citées dans le tableau 1 sont des espèces vivant ordinairement dans la nature et qu'on ne trouve qu'occasionnellement dans les maisons, généralement là où les conditions sont proches de celles de l'extérieur (maisons abandonnées, avec ouvertures dans les murs ou le toit, etc.).

Pourriture cubique

Les espèces qui se nourrissent de cellulose (Schmidt 2006: 93-99 et 135-138) épargnent en grande partie la lignine. C'est donc cette dernière qui compose essentiellement ce qui reste du bois lorsque les champignons ont terminé leur œuvre.

A ce stade, il est assez fréquent que des déformations telles que courbures ou bombements soient apparues dans les pièces de bois attaquées. Le bois a acquis la couleur brun foncé de la lignine et sa consistance est devenue rigide-cassante. On le brise facilement et il s'écrase sous le doigt si on le soumet à une forte pression. En outre, il se fissure de crevasses qui sont typiquement parallèles ou perpendiculaires au fil du bois et dessinent ainsi une sorte de quadrillage, comme on en voit sur le bois brûlé (fig. 1). C'est de là que vient le nom de « pourriture cubique », que les Anglais appellent « dry rot », « cubic rot » ou « brown rot ». Elle attaque plus fréquemment le bois des conifères.

« Soft rot »

Un type de pourriture moins connu est ce que les Anglais appellent « soft rot » (Singh 1994, Schmidt 2006: 142-146). Il attaque le bois qui est resté longtemps dans des conditions d'humidité élevée. Duncan & Esllyn (1966), lors d'une étude taxonomique des organismes causant le soft rot, ont identifié 69 espèces d'Ascomycetes et de Fungi imperfecti, parmi lesquelles la plus destructive était *Chaetomium globosum*. Pour ma part, j'ai reçu fréquemment des fragments de boiseries qui étaient atteints d'un type de pourriture particulier (probablement différent du soft rot). Dans ce type de pourriture, le bois garde son apparence extérieure, sans montrer les déformations et les fissures qui sont les signes de la pourriture cubique, ni la couleur pâle et la consistance friable du bois dégradé par la pourriture fibreuse. Toutefois, il devient fragile, il se casse assez facilement et, si on exerce une forte pression, on peut y faire pénétrer la lame d'un couteau solide. Le bois devient également plus foncé. Cette pourriture attaque les boiseries qui sont restées des années dans des caves assez froides et humides (chambranles de portes en bois de conifère). Il est possible qu'elle soit causée par des *Chaetomium*.

Problèmes de santé pouvant être causés par les champignons des maisons

Les problèmes de santé résultant de la présence de champignons dans les bâtiments sont divers (Lacey 1994, Chasseur et al. 2004). Ils touchent presque toujours les voies respiratoires et sont plus importants chez les personnes ayant des problèmes d'allergie : irritations des muqueuses, rhinites et bronchites allergiques, asthmes, mycoses et alvéolites allergiques, dermatites, conjonctivites, ... Sauf dans les cas de dermatites et conjonctivites, ils sont généralement la conséquence de l'inhalation de petites particules fongiques telles que spores et conidies. Ils peuvent également être dus aux composés volatils (comme la géosmine, qui donne l'odeur de moisi) ainsi qu'aux mycotoxines, ces dernières pouvant elles-mêmes être transportées par les spores.

Ce sont surtout les moisissures qui produisent des substances toxiques et sont donc susceptibles de créer des problèmes chez les personnes sensibles (Nolard & Beghin 2003). Les cas les plus graves ont été causés par des espèces du genre *Stachybotrys*. Ils sont généralement attribués à *S. chartarum* (syn.: *S. atra*) mais il semble bien que plusieurs taxons distincts existent au sein de cette espèce (Andersen et al. 2002, Cruse et al. 2002 ; voir aussi Jong & Davis 1976 pour un aperçu général du genre). Ces moisissures noires apparaissent surtout sur le papier peint humide mais se rencontrent également dans la nature. Par exemple, *S. chartarum* se développe couramment sur les graminées. Ces espèces produisent des trichothécènes (satratoxine G et H, verrucarine, roridine, ...) et des atranones (Jarvis et al. 1995, Weidenbörner 2001, Cole & Cox 1981), substances responsables de symptômes dermato- et cytotoxiques, irritantes pour les muqueuses, inhibitrices de la synthèse des protéines et immunosuppressives. La forte toxicité des trichothécènes est connue depuis 1931, lorsqu'un grand nombre de chevaux moururent dans les pays de l'Est, principalement en Ukraine, suite à la consommation de foin contaminé (Forgas 1972). Cette intoxication est connue depuis lors sous le nom de stachybotryotoxicose. Les conidies de *Stachybotrys* contiennent elles aussi des trichothécènes (Sorenson et al. 1987) et leur inhalation peut donc être nocive (on trouvera d'autres références bibliographiques dans Nikulin et al. 1997). La toxicité pour l'homme de ces moisissures domestiques fut dramatiquement mise en évidence en 1993-1994, lorsque plusieurs décès furent enregistrés aux Etats-Unis, principalement à Cleveland, par suite d'hémorragie pulmonaire idiopathique.

Beaucoup d'autres moisissures que les *Stachybotrys* peuvent causer des problèmes de santé, en particulier des allergies (Beguin & Nolard 1994, Nolard & Beguin 2003). Il s'agit en premier lieu du genre *Alternaria* mais d'autres genres sont souvent cités comme allergènes d'origine domestique, notamment *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aureobasidium* et *Ulocladium*. Les conidies de ces espèces se retrouvent assez fréquemment dans les analyses de l'air des maisons humides. Les moisissures qui produisent leurs conidies en masses plus ou moins mucilagineuses sont beaucoup moins détectées par l'échantillonnage de l'air parce que leurs conidies sont beaucoup moins facilement emportées par les courants d'air. Les matelas peuvent eux aussi constituer un substrat pour les moisissures. Les espèces le plus fréquemment rencontrées sur ce dernier type de substrat sont *Eurotium repens*, *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria alternata*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus penicilloides* et *A. restrictus* (Beguin 1995).

Bien que toutes les espèces ne soient pas dangereuses, il faut donc être très prudent avec les moisissures, surtout celles de couleur noire. On veillera à ce qu'elles ne se développent pas. Si on veut les éliminer, on portera impérativement un masque anti-poussières durant l'opération et on évitera autant que faire se peut de mettre les conidies en suspension dans l'air. En cas de problèmes de santé dont on

suspecte que l'origine soit des champignons domestiques, il est recommandé de s'adresser à la section de Mycologie de l'Institut Scientifique de Santé publique (14 rue Juliette Wytsman, B-1050 Bruxelles, tél.: 02/642.55.18). Depuis des années, ce laboratoire a acquis des connaissances reconnues dans le domaine des moisissures croissant dans les maisons.

Certains Ascomycètes sont également la cause d'allergies. C'est notamment le cas des *Chaetomium globosum*. Les spores de certains Basidiomycètes sont elles aussi impliquées, comme celles des *Pleurotus*, de certains *Coprinus* et de la « mэрule » (O'Brien et al. 1978). Par exemple, des ouvriers ayant procédé au démontage de boiseries couvertes de grandes quantités de spores, dans un local confiné et sans porter de masque, ont fait une réaction allergique assez forte, nécessitant même la brève hospitalisation de l'un d'entre eux (G.L. Hennebert, comm. pers.).

Problèmes juridiques liés aux champignons des maisons

Etant donné le coût élevé du traitement contre les champignons domestiques, en particulier contre la mэрule, et les risques que certains champignons des maisons peuvent entraîner pour la santé des personnes sensibles, le développement de champignons dans les bâtiments donne souvent lieu à des litiges. Une bonne synthèse des aspects juridiques est fournie par Hennebert et al. (1990, voir aussi Rammeloo 1992). Une rapide présentation des questions juridiques soulevées par les champignons domestiques est donnée ci-après.

Tout d'abord, il est fréquent que l'achat d'une maison se fasse grâce à un prêt consenti par une banque. Comme le prêt représente souvent un montant considérable, il est fréquent que la maison elle-même constitue la garantie du prêt. Avant d'octroyer le prêt, la banque envoie alors un de ses experts pour évaluer la valeur de la maison. Si l'expert y observe la présence d'un champignon, il est possible que la banque refuse l'octroi du prêt, surtout s'il s'agit de la mэрule.

Par ailleurs, il faut également évoquer la question des vices cachés, lors de la vente d'une maison. Lorsqu'on achète une maison, il faut être conscient du risque que constituent les champignons et s'assurer, lors des visites précédant l'achat, qu'aucune trace d'infection n'est visible dans les locaux, surtout aux endroits sensibles (charpente de la toiture, salles de bains, buanderie, caves). Eventuellement, on demandera au vendeur de stipuler sur l'acte de vente qu'il n'a observé aucun développement de champignon dans la maison. On s'assurera également du fait que les locaux ne sont pas anormalement humides. Si un développement de champignon devait être constaté peu de temps après l'achat de la maison, il sera possible de déposer plainte pour vice caché. Toutefois, de nos jours, le danger des champignons

domestiques est de notoriété publique et la simple présence d'un champignon dans une maison en vente ne sera probablement considérée comme un vice caché par les tribunaux que dans le cas où le champignon a été volontairement dissimulé par le vendeur (par exemple par la pose de panneaux de Giproc peu de temps avant la mise en vente de la maison) ou dans le cas où la partie visible du champignon est très largement inférieure à la partie cachée. Dans ces cas, le tribunal pourrait annuler la vente ou contraindre le vendeur à rembourser à l'acheteur une partie de la somme reçue.

La mэрule étant capable de traverser les murs, même les murs mitoyens, il n'est pas rare de voir une maison saine contaminée par la maison voisine. Dans ce cas, se pose la question des responsabilités. Si un mur mitoyen de votre maison est contaminé, il est souhaitable d'organiser, avec un expert et le propriétaire des lieux, une visite des locaux se trouvant de l'autre côté du mur. Cela permettra de faire un état des lieux, nécessaire en cas de litige, d'établir l'étendue des dégâts dans chaque habitation et de déterminer les responsabilités (quelle est la maison qui a contaminé l'autre, où est la source des problèmes d'humidité, etc.).

La présence de champignons dans les habitations pouvant entraîner des problèmes de santé relativement sérieux, des plaintes peuvent également être déposées, soit contre un voisin responsable d'une humidité traversant les murs mitoyens, soit contre un propriétaire qui néglige d'effectuer les réparations nécessaires pour assurer la salubrité du logement qu'il met en location.

Un autre type de problèmes juridiques liés aux champignons domestiques est celui des assurances. Comme on l'a vu, le développement des champignons domestiques découle d'une humidité trop importante des locaux. Dans le cas des assurances relatives aux « dégâts des eaux », il paraît donc évident que l'apparition de champignons dans les quelques semaines ayant suivi un sinistre (fuite dans les tuyauteries d'eau ou les gouttières, débordement de sanitaires ou de machine à laver, dégâts au toit suite à une tempête, etc.) doit être considérée comme une conséquence de ces dégâts et faire l'objet d'une indemnisation, pour autant que le propriétaire ou le locataire aient pris rapidement les mesures qui s'imposaient pour remédier aux problèmes d'humidité et pour autant que les attaques par les champignons ne soient pas expressément exclues dans le contrat d'assurance.

Enfin, pour terminer ce rapide tour d'horizon des problèmes juridiques soulevés par les champignons domestiques, mentionnons la question de la garantie liée aux travaux de désinfection. Pour limiter autant que possible les risques en cette matière, il importe tout d'abord de demander, avant le début des travaux, un devis chiffré et détaillé à l'entrepreneur. Ce devis vous aidera à vous faire une idée de la qualité du travail qui sera réalisé. Il devra également fournir des informations

détaillées sur la garantie donnée par l'entrepreneur (qu'est-ce qui est garanti, dans quelles conditions et pour combien de temps). Les garanties sérieuses sont données pour un nombre d'années assez important, généralement 10 à 12 ans.

Identification du champignon incriminé

Le traitement à mettre en œuvre pour éradiquer un champignon dans une maison est très différent suivant l'espèce à laquelle on a affaire. De ce fait, lorsqu'on découvre dans un bâtiment un élément suspect qui pourrait être un champignon, la première chose à faire est de consulter un spécialiste qui pourra procéder à l'identification, soit en venant sur place, soit en étudiant des échantillons qu'on lui aura transmis. De tels spécialistes travaillent dans des laboratoires de mycologie indépendants (souvent dans les Universités ou dans des institutions scientifiques comme le Jardin Botanique) ou dans les firmes spécialisées qui réalisent les traitements contre les champignons.

Lorsqu'on prélève un échantillon, il faut essayer de récolter des structures typiques du champignon. Si ce champignon apparaît sous plusieurs formes, on récoltera un échantillon de chacune d'elles. Lorsque le bois est manifestement pourri, un fragment de celui-ci peut être utile pour la détermination, en permettant de voir à quel type de pourriture on a affaire. Les morceaux de bois non pourris, de même que les fragments de brique ou de maçonnerie ne portant pas de traces visibles de champignon sont beaucoup moins utiles. Même lorsque l'examen microscopique permet d'y détecter la présence d'un mycélium, il est souvent impossible de donner une identification précise par les méthodes classiques, étant donné l'absence de toute structure différenciée (carpophores, rhizomorphes, etc.). La solution est alors de tenter une mise en culture pour obtenir un meilleur développement du champignon. Donc, si vous observez un champignon dans votre maison, ne faites pas comme ces personnes (plusieurs cas vécus par l'auteur de l'article) qui traitent elles-mêmes le problème en éliminant toute trace du champignon puis en désinfectant les murs, parfois même au chalumeau, puis qui, saisies d'un remords, viennent consulter un expert, avec un petit morceau de brique pour tout échantillon, en demandant s'il s'agissait de la mэрule...

A ce propos, ouvrons une petite parenthèse pour dire que la tâche de l'« expert mэрule » n'est pas toujours facile. Les champignons croissant dans les maisons se développent souvent dans des espaces exigus ou de forme particulière et dans des conditions écologiques souvent éloignées de l'optimum. Il est donc fréquent que le champignon ait un aspect inhabituel, par sa forme, par l'allure du développement mycélien, voire par la couleur. De plus, l'échantillon récolté est souvent stérile, parfois aussi très vieux, voire mort, envahi par des moisissures et dévoré par les

acariens. Enfin, le matériel qui est amené pour identification est parfois minuscule ou en mauvais état. Je garde un souvenir assez vif de ces belles fructifications de mэрule, bien fraîches, qu'on avait enfermées dans un sachet plastique hermétique et envoyées par la poste, par un été bien chaud, la veille d'un grand week-end. L'échantillon m'est parvenu une bonne semaine plus tard, quasi liquide mais encore identifiable, notamment grâce à la présence de nombreuses spores... Bref, le travail de l'expert mэрule s'apparente souvent d'assez près à ce qu'on pourrait qualifier de « mycologie légale ».

Classiquement, la détermination s'effectue d'après l'étude macroscopique et microscopique des échantillons prélevés dans les maisons. De nombreux ouvrages sont utilisables pour la détermination, par exemple Ryvarden & Gilbertson (1993-1994) pour les polypores, Eriksson et al. (1973-1988) pour les corticiés, Hallenberg & Eriksson (1985) pour les genres *Asterostroma*, *Coniophora*, *Serpula* et *Leucogyrophana*. Huckfeldt & Schmidt (2006) donnent des clés de détermination illustrées pour les espèces formant des rhizomorphes. Une version améliorée de cette clé (mais sans les photos) est fournie par Schmidt (2006: 253-259).

Plus récemment, les techniques de mise en culture *in vitro* ont été mises à profit dans la lutte contre les champignons du bois d'œuvre. Le champignon est isolé par mise en culture sur milieu stérile, en boîte de Petri. La détermination se fait alors par l'examen de la vitesse de croissance et des caractères macro- et microscopiques des colonies produites, ainsi que par l'application éventuelle de quelques tests chimiques pour mettre en évidence la présence ou l'absence de laccase, de tyrosinase et de peroxydase. Sur ce sujet, on consultera principalement Stalpers (1978), Nobles (1965) et Lombard & Chamuris (1990). L'utilisation de ces techniques *in vitro* est avantageuse lorsque le champignon est très peu développé et que les structures typiques, permettant une identification fiable par les méthodes classiques ne sont pas présentes. Il est évident que la mise en culture n'est praticable que lorsque le champignon est encore vivant dans l'échantillon. La vitalité de la mэрule peut être contrôlée par l'utilisation de diacétate de fluorescéine (Huckfeldt et al. 2000) ou par la mise en culture, qui montrera la croissance du mycélium vivant. Par ailleurs, les techniques de l'immunologie ont également été utilisées avec succès pour la détermination des champignons domestiques et en particulier de la mэрule (Toft 1993, Clausen 1997, Singh 1994: 193).

Enfin, depuis quelques années, sont apparues des méthodes d'identification basées sur l'étude moléculaire des protéines ou du génome (Schmidt & Moreth 2002, Schmidt 2003, 2006: 33-47, 2007, Singh 1994: 188, Black et al. 2008). Il semble que ce soit le séquençage ITS de l'ADNr qui soit le meilleur outil moléculaire actuellement disponible (Schmidt 2007). Le principal avantage de ces techniques est que l'analyse peut être réalisée sur un petit fragment de mycélium non

différencié, qui aurait été difficilement identifiable par l'examen classique. De plus, le résultat de l'analyse est en principe très fiable. Il y a cependant de gros inconvénients : les échantillons sont souvent très contaminés par des spores, des bactéries et des impuretés diverses, ce qui complique fortement les analyses. De plus, ces méthodes sont assez coûteuses et les techniques sophistiquées qu'elles mettent en œuvre ne sont à la portée que de quelques laboratoires spécialisés. Enfin, certaines espèces de champignons croissant dans les bâtiments n'ont pas encore été étudiées par ces méthodes et leur identification n'est donc pas encore possible, par suite de l'absence de données de référence.

Les principaux champignons des maisons

Le tableau 1 présente un aperçu des résultats obtenus par différents auteurs en ce qui concerne les champignons rencontrés dans les maisons. Il s'agit des observations réalisées :

- au Jardin Botanique, par moi-même, entre avril 1997 et août 2008 (407 observations).
- par Schmidt (2007) dans le nord de l'Allemagne durant 6 ans (746 observations).
- par O. Guillitte (1992), à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, en 1985-1991 (1170 échantillons).
- par Huckfeldt & Schmidt, qui ont étudié 63 bâtiments (140 observations) dans le nord de l'Allemagne (Schmidt 2006).
- par Ważny & Czajnik (1963), qui ont étudié 3050 échantillons provenant de 224 bâtiments en Pologne.

La nomenclature utilisée a été homogénéisée. Pour que les comparaisons soient plus aisées, seuls les macromycètes ont été repris et les résultats sont exprimés en pourcentages du total des observations faites par chaque auteur sur ces macromycètes. La colonne « TP » indique le type de pourriture engendré par chaque espèce. Le tableau permet de constater que ce sont les corticiés qui sont le plus souvent observés (64 % des cas), suivis par les polypores (22 %), tandis que les Agaricales (6 %), les autres Basidiomycètes (3 %) et les Ascomycètes (4 %) se partagent le reste des observations concernant les macromycètes.

ESPECES	TP	Observations A. Fraiture	Schmidt (2007)	O. Guillitte (1997)	Schmidt (2006: 209)	Wazny & Czajnik (1963)	MOYENNES
BASIDIOMYCETES							
Corticés							64,14
<i>Asterostroma cervicolor</i>	F	0,35	2,41	2,07	2,99	-	1,56
<i>Asterostroma laxum</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18
<i>Asterostroma</i> sp.	F	4,58	-	-	-	-	0,92
<i>Botryobasidium</i> sp.	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Coniophora arida</i> var. <i>suffocata</i>	C	0,35	0,27	-	-	-	0,12
<i>Coniophora marmorata</i>	C	-	2,14	-	1,49	-	0,73
<i>Coniophora puteana</i> (= <i>C. cerebella</i>)	C	0,70	14,57	-	5,22	22,52	8,60
<i>Coniophora</i> sp.	C	7,75	-	9,26	-	-	3,40
<i>Corticés indéterminés</i>	?	1,41	-	-	-	-	0,28
<i>Cylindrobasidium laeve</i>	F	-	0,27	-	-	1,64	0,38
<i>Grandinia, Hyphoderma, Hyphodontia</i>	F	-	0,94	-	-	-	0,19
<i>Hymenochaete rubiginosa</i>	F	-	-	0,12	-	-	0,02
<i>Hyphoderma praetermissum</i>	F	-	0,27	-	0,75	-	0,20
<i>Hyphoderma puberum</i>	F	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Hyphodontia alutaria</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Hyphodontia breviseta</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Hyphodontia floccosa</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Hyphodontia nespori</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Hyphodontia</i> sp.	F	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Leucogyrophana mollusca</i>	C	-	0,40	-	0,75	-	0,23
<i>Leucogyrophana pinastri</i>	C	-	1,07	-	1,49	0,26	0,56
<i>Leucogyrophana pulverulenta</i>	C	0,35	0,67	0,12	1,49	-	0,53
<i>Leucogyrophana</i> sp.	C	0,35	0,27	-	-	-	0,12
<i>Merulius tremellosus</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Phanerochaete</i> spp.	F	-	1,07	-	-	-	0,21
<i>Phlebia serialis</i>	F	-	-	-	-	0,20	0,04
<i>Plebiopsis</i> (= <i>Peniophora</i>) <i>gigantea</i>	F	-	-	-	-	1,51	0,30
<i>Radulomyces confluens</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18
<i>Resinicium bicolor</i>	F	-	0,40	-	-	-	0,08
<i>Serpula himantioides</i>	C	-	2,01	-	-	-	0,40
<i>Serpula lacrymans</i>	C	41,90	25,27	54,20	39,55	53,57	42,90
<i>Stereum rugosum</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18
<i>Stereum</i> spp.	F	-	-	1,10	-	-	0,22
<i>Tomentella</i> spp.	-	-	0,27	-	-	-	0,05

<i>Trechispora farinacea</i>	F	-	1,07	0,85	1,49	-	0,68
<i>Trechispora invisitata</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Trechispora mollusca</i>	C	-	0,40	-	-	-	0,08
<i>Trechispora</i> sp.	F	1,06	1,20	-	-	-	0,45
Polypores							22,46
<i>Antrodia gossypium</i>	C	-	0,13	-	-	0,20	0,07
<i>Antrodia malicola</i>	C	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Antrodia serialis</i>	C	-	0,27	-	-	1,08	0,27
<i>Antrodia sinuosa</i>	C	-	1,60	-	2,24	9,41	2,65
<i>Antrodia</i> sp.	C	0,70	3,61	1,34	4,48	-	2,03
<i>Antrodia vaillantii</i>	C	-	3,07	0,73	1,49	1,93	1,45
<i>Antrodia xantha</i>	C	0,35	1,47	-	3,73	0,26	1,16
<i>Bjerkandera adusta</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Ceriporiopsis gilvescens</i>	F	-	-	0,12	-	-	0,02
<i>Daedalea quercina</i>	C	-	-	-	-	0,07	0,01
<i>Diplomitoporus lindbladii</i>	F	-	0,80	-	1,49	-	0,46
<i>Donkioporia expansa</i>	F	15,49	10,03	8,65	3,73	-	7,58
<i>Fomitopsis pinicola</i>	C	-	0,13	-	-	0,10	0,05
<i>Fomitopsis rosea</i>	C	-	0,27	-	-	0,10	0,07
<i>Gloeophyllum abietinum</i>	C	-	1,47	-	0,75	-	0,44
<i>Gloeophyllum sepiarium</i>	C	-	1,60	-	0,75	1,61	0,79
<i>Gloeophyllum</i> spp.	C	-	2,01	0,61	0,75	-	0,67
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	C	0,35	0,67	-	1,49	-	0,50
<i>Grifola frondosa</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18
<i>Heterobasidion annosum</i>	F	-	0,13	-	0,75	0,10	0,20
<i>Laetiporus sulphureus</i>	C	-	-	-	-	0,13	0,03
<i>Oligoporus caesius</i>	C	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Oligoporus placenta</i>	C	-	1,74	-	0,75	-	0,50
<i>Oligoporus rennyi</i>	C	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Oligoporus</i> spp.	C	-	2,54	-	0,75	-	0,66
<i>Perenniporia medulla-panis</i>	F	-	-	-	-	0,33	0,07
<i>Perenniporia meridionalis</i>	F	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Phellinus contiguus</i>	F	2,82	1,07	1,10	0,75	-	1,15
<i>Phellinus pini</i>	F	-	0,13	-	0,75	0,16	0,21
<i>Polypore</i> spp.	?	1,41	-	-	-	-	0,28
<i>Schizopora paradoxa</i>	F	-	0,13	0,12	-	-	0,05
<i>Skeletocutis</i> sp.	F	-	-	0,73	-	0,16	0,18
<i>Trametes hirsuta</i>	F	-	0,27	-	-	-	0,05
<i>Trametes multicolor</i>	F	-	-	-	0,75	-	0,15
<i>Trametes ochracea</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Trametes versicolor</i>	F	0,35	0,13	-	-	0,13	0,12
<i>Trichaptum abietinum</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18

Autres Aphyllophorales et Dacrymycetales							3,06
<i>Aphyllophorales</i> spp.	?	-	-	5,24	-	-	1,05
<i>Cerinomyces pallidus</i>	C	-	0,27	-	0,75	-	0,20
<i>Clavulina cinerea</i>	-	-	-	0,12	-	-	0,02
<i>Dacrymyces stillatus</i>	C	0,70	1,07	0,49	1,49	-	0,75
<i>Lentinus lepideus</i>	C	-	0,53	-	1,49	1,51	0,71
<i>Ramariopsis kunzei</i>	-	-	0,13	-	0,75	-	0,18
<i>Schizophyllum commune</i>	F	0,35	0,13	-	-	0,30	0,16
Agaricales							5,86
<i>Armillaria mellea</i>	F	-	-	-	-	0,07	0,01
<i>Coprinus domesticus</i>	F	0,70	-	-	-	-	0,14
<i>Coprinus</i> gr. <i>radians</i>	F	1,06	-	7,31	-	-	1,67
<i>Coprinus kimurae</i>	F	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Coprinus</i> sp.	F	0,70	3,07	-	3,73	-	1,50
<i>Crepidotus</i> sp.	F	-	0,13	0,12	-	-	0,05
<i>Hypholoma</i> sp.	F	-	-	0,12	-	-	0,02
<i>Leccinum</i> sp.	-	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Mycena galericulata</i>	F	-	-	0,24	-	-	0,05
<i>Paxillus (= Tapinella) panuoides</i>	C	0,70	2,94	0,37	1,49	2,66	1,63
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	F	-	0,27	-	-	-	0,05
<i>Pleurotus ostreatus</i>	F	0,35	0,27	0,24	-	-	0,17
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	F	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Pluteus cervinus</i>	F	-	0,27	-	0,75	-	0,20
<i>Tubaria furfuracea</i>	F?	-	0,13	-	-	-	0,03
<i>Tubaria</i> sp.	F?	-	-	0,12	-	-	0,02
<i>Volvariella bombycina</i>	F	-	0,13	-	0,75	-	0,18
ASCOMYCETES							4,47
<i>Chaetomiales</i> spp.	S	4,58	-	-	-	-	0,92
<i>Chaetomium</i> cf. <i>elatum</i>	S	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Chaetomium murorum</i>	S	0,70	-	-	-	-	0,14
<i>Daldinia concentrica</i>	F	0,35	-	-	-	-	0,07
<i>Peziza muralis, cerea et repanda</i>	-	5,99	-	4,14	3,73	-	2,77
<i>Pyronema domesticum</i>	-	0,70	-	-	-	-	0,14
<i>Pyronema</i> spp.	-	0,70	-	0,37	-	-	0,21
<i>Scutellinia scutellata</i>	F?	-	-	-	0,75	-	0,15

Tableau 1. – Liste des macromycètes (Basidiomycètes et Ascomycètes) croissant dans les maisons, d’après les données fournies par différents auteurs. La colonne TP indique le type de pourriture causé par le champignon (C = pourriture cubique, F = pourriture fibreuse, S = « soft rot », - = pas de pourriture produite). Les chiffres fournis sont les pourcentages, calculés par rapport au nombre total d’échantillons de macromycètes examinés par chaque auteur. La colonne de droite donne le pourcentage moyen pour chaque espèce.

La « mэрule », *Serpula lacrymans* (Wulfen : Fr.) J. Schröt.

C'est l'espèce la plus connue et la plus fréquemment rencontrée. Elle est présente dans près de 30 % de mes identifications (41 % des observations concernant les macromycètes). Guillitte (1992) donne une carte de répartition de la mэрule en Belgique et conclut qu'elle se trouve « partout de manière assez fréquente sur l'ensemble du territoire à très fréquente dans les grosses agglomérations ». C'est aussi l'espèce la plus redoutée parce que sa pourriture est très active et que son mycélium est capable de s'insinuer dans la plus infime des fissures pour aller se loger dans les murs, voire les traverser (même les murs mitoyens !). On en trouvera des descriptions détaillées dans Hallenberg & Eriksson 1985, Leclercq & Seutin 1989 et Hennebert et al. 1990.

Elle peut se présenter sous des formes très diverses. Les « *plages mycéliennes* » sont des couches continues de mycélium, qui couvrent parfois des surfaces considérables (fig. 2). Leur épaisseur est très variable : elles peuvent être tellement fines qu'elles en sont translucides ou au contraire, dans les cas extrêmes, atteindre une épaisseur de 10 cm. Leur couleur varie généralement du blanchâtre au beige ou au gris argenté mais il n'est pas rare d'observer par endroits des nuances étonnamment vives : jaune citron, roses ou violacées.

Les *rhizomorphes* sont constitués d'une agglomération d'hyphes parallèles. Ils peuvent parfois atteindre plusieurs mètres, se ramifient progressivement en branches plus fines et ressemblent un peu à un système racinaire, d'où leur nom (voir les rhizomorphes d'un *Antrodia* à la fig. 3). Leur rôle est d'aller à la recherche de nouveaux substrats à exploiter et, le cas échéant, de transporter de la nourriture et de l'eau vers les zones où le champignon attaque du bois plus sec. Les plages mycéliennes et les rhizomorphes sont stériles et ne produisent pas de spores. Celles-ci sont produites par les *carpophores*, qui se développent lorsque les conditions sont favorables. Ces derniers sont résupinés et leur surface est d'un brun fauve, chiffonnée, creusée d'alvéoles peu profondes et irrégulières, sauf à la marge, qui est lisse, blanchâtre et un peu épaissie (fig. 4). Comme m'a dit une dame, un jour, dans une description imagée : « on dirait de petites pizzas collées sur le mur ».

Lorsqu'elles se mettent à sporuler, les fructifications produisent un très grand nombre de *spores*. Celles-ci se déposent sur les surfaces environnantes, sous la forme d'une fine poussière de couleur rouille (fig. 4). J'ai vu un jour, dans un milieu très confiné, une petite étagère d'environ 60 x 20 cm entièrement couverte d'une couche de spores de mэрule d'environ 2 mm d'épaisseur. Un petit calcul rapide permet d'estimer à quelques centaines de milliards le nombre de spores présentes sur l'étagère. Ce chiffre paraît faramineux mais la production de spores de la mэрule peut être très impressionnante. Findlay (1953, cité par Leclercq & Seutin 1989) a signalé qu'une grande fructification de près d'un mètre de diamètre - ce qui est une

taille vraiment exceptionnelle - libérait environ cinq millions de spores à la minute. Comme chacune de ces spores est théoriquement capable de germer pour produire un nouveau mycélium, pour autant qu'elle soit placée dans des conditions d'humidité suffisantes, on comprend qu'il faut éviter de marcher dans cette poussière ou d'en emporter sur ses vêtements, ses bagages, etc. En ce qui concerne le danger pour la santé, il n'est pas important quoiqu'on ait signalé, comme on l'a dit plus haut, des réactions de type allergique, parfois assez fortes, suite à l'inhalation de grandes quantités de spores. Enfin, signalons que la mэрule dégage une odeur fongique relativement caractéristique et qui peut parfois être assez forte pour permettre un diagnostic dès l'entrée dans la maison, avant même d'avoir observé le champignon (J. Rammeloo, comm. pers.). On a d'ailleurs parfois recours à des chiens pour la recherche de la mэрule dans des maisons.

***Coniophora* spp.**

Les *Coniophora* sont relativement courants dans les maisons, quoique moins fréquents que la mэрule (environ 13 % des observations de macromycètes). Ils produisent une pourriture cubique des boiseries. Je les ai observés dans 6 % des échantillons que j'ai examinés. C'est *Coniophora puteana* (Schumach.: Fr.) P. Karst. qui est l'espèce la plus fréquente mais on rencontre également *C. arida* (Fr.: Fr.) P. Karst. var. *suffocata* (Peck) Ginns et *C. marmorata* Desm. (fig. 5). On les trouve généralement à l'état stérile, les fructifications (carpophores) étant assez rares. Il semble que ces espèces aient besoin de plus d'humidité que la mэрule. On les trouve donc plus souvent dans les caves. Les Anglais les appellent d'ailleurs « cellar rot fungi » ou « wet rot ». Elles causent une pourriture cubique active. Elles forment généralement des rhizomorphes noirâtres (fig. 5). Sur les hyphes les plus larges de ces derniers, l'examen microscopique montre parfois des boucles verticillées, qui sont relativement typiques. On trouvera des descriptions de ces espèces dans Hallenberg & Eriksson (1985).

***Asterostroma* spp.**

Les *Asterostroma* forment des plages mycéliennes ou des rhizomorphes bruns pelucheux. Ils représentent 5 % de mes observations de macromycètes. Ils sont faciles à reconnaître sous le microscope, en raison de la présence de grandes soies étoilées (*asterosetae*). Ici aussi, les carpophores sont rarement présents. Les espèces de ce genre produisent une pourriture fibreuse. C'est généralement *Asterostroma cervicolor* (Berk. & M.A. Curtis) Masee (syn.: *A. ochroleucum* Bres.) qu'on rencontre dans les maisons (fig. 6), mais on trouve parfois aussi *A. laxum* Bres. On trouvera une description détaillée de ces espèces dans Hallenberg & Eriksson (1985).

Autres corticiés

Parmi les champignons traditionnellement classés dans les Coniophoraceae, on compte, à côté des genres *Serpula* et *Coniophora* déjà cités, diverses espèces du genre *Leucogyrophana*. Des études moléculaires récentes ont montré que ce genre était polyphylétique et que certaines de ses espèces (notamment *L. pulverulenta*) étaient proches de la mérule et, plus étonnant, de *Paxillus panuoides* et *P. atrotomentosus* (Jarosch & Besl 2001). D'autres genres de corticiés occasionnellement rencontrés dans les maisons sont *Trechispora*, *Hyphoderma* et *Hyphodontia*. Ces espèces peuvent être déterminées avec Eriksson et al. (1973-1988) et Hallenberg & Eriksson (1985).

Donkioporia expansa (Desm.) Kotl. & Pouzar

Ce polypore, qui était rare ou méconnu jadis dans nos régions (Heinemann 1979, Kleist & Seehann 1999), est aujourd'hui assez courant. Il se trouvait dans 11 % des échantillons qui m'ont été soumis (15 % des macromycètes). Ses carpophores, dont la largeur atteint parfois 30 cm, sont assez rigides et d'une couleur brun tabac (fig. 7). Les tubes sont concolores, longs, fins et très rectilignes ; ils peuvent former plusieurs couches superposées, ce qui donne une structure stratifiée en coupe. J'ai rencontré à plusieurs reprises une forme stérile, très déroutante parce qu'elle est très différente de la forme fertile. Elle se présente souvent sous la forme d'une couche mycélienne blanche, d'épaisseur très variable et de consistance très légère, rappelant celle du polystyrène expansé (« frigolite »), même au bruit qu'elle rend lorsqu'on la frotte avec le doigt. Cette structure blanchâtre est séparée du substrat (le bois attaqué) par une très fine couche brune, qui noircit au KOH. Le *Donkioporia* cause une pourriture fibreuse pas très rapide mais longévive. Il peut coloniser diverses essences de bois, même de conifère, mais s'attaque de préférence au chêne, surtout dans des situations où l'humidité persiste depuis des années. Ces exigences expliquent que ce soit une des espèces les plus fréquemment rencontrées dans les bâtiments anciens (églises, châteaux, ...). Mangin & Patouillard (1922) rapportent que le *Donkioporia* était le principal agent destructeur de la vieille aile Louis XIII du château de Versailles. On en trouvera une bonne description dans Ryvarde & Gilbertson (1993-1994) et Jahn (1967).

Autres polypores

D'autres polypores sont rencontrés assez fréquemment dans les maisons. Ils appartiennent principalement aux genres *Antrodia* (fig. 3), *Gloeophyllum* et *Phellinus* (voir les noms d'espèces au tableau 1). Pour l'anecdote, signalons que j'ai récemment eu la surprise d'observer, sur des châssis de fenêtres en bois tropical, *Perenniporia meridionalis* Decock & Stalpers (2006), espèce fraîchement décrite par notre compatriote C. Decock (MUCL). Les polypores peuvent être déterminés grâce à Ryvarde & Gilbertson (1993-1994), Jülich (1984) et Bernicchia (2005).

Agaricales et autres Basidiomycetes

Les Agaricales le plus fréquemment rencontrées dans les habitations appartiennent au genre *Coprinus*. La grande majorité de ces observations se rapportent à la sous-section *Domestici*, qui correspond au groupe de *C. radians*, et l'espèce classiquement récoltée dans les maisons est *Coprinus domesticus* (Bolton : Fr.) Gray. Il n'est pas rare de n'observer que l'ozonium, sorte de grossier feutrage de couleur rouille pâle, qui est composé d'hyphes stériles. J'ai également eu l'occasion de déterminer, sur un morceau de tapis de sol, *Coprinus kimurae* Hongo & Aoki, une espèce de la sous-section *Alachuani*. Cette dernière espèce est originaire d'Asie et est connue pour se développer sur les matières organiques humides comme les textiles et les paillassons en coco. Les coprins peuvent être déterminés à l'aide de Noordeloos et al. (2005), Orton & Watling (1979), Citerin (1992, 1994) et Schmitt & Watling (1998).

Deux autres espèces d'Agaricales assez classiques dans les maisons, quoique peu fréquentes, sont les pleurotes (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. et autres espèces) et *Paxillus* (= *Tapinella*) *panuoides* (Fr.: Fr.) Fr., notamment la variété *ionipus* Quéél., dont la base du pied est teintée de violet vif.

Enfin, deux autres Basidiomycètes rencontrés de temps en temps dans les maisons sont *Lentinus* (= *Neolentinus*) *lepideus* (Fr.: Fr.) Fr. (fig. 8) et *Dacrymyces stillatus* Nees.: Fr.

Ascomycetes

Les pézizes du groupe de *P. repanda*, principalement *Peziza cerea* Sowerby : Fr., sont assez fréquentes dans les maisons (6 % de mes échantillons). Elles apparaissent sur le ciment et les murs très humides. *Pyronema domesticum* (Sowerby : Fr.) Sacc., plus rare mais bien typique, forme de petits points rouge vif sur un mince feutrage blanc à la surface du plâtre humide. Les pézizes et le *Pyronema* ne causent guère que des dégâts d'ordre esthétique et on les élimine facilement.

D'autre part, des Chaetomiales sont assez fréquemment observées dans les maisons (4 % de mes échantillons), aussi bien sur le bois que sur le papier. Il s'agit notamment de *Chaetomium murorum* Corda. Un autre Ascomycète croissant dans les mêmes conditions et ressemblant fortement aux *Chaetomium* est *Myxotrichum chartarum* (Tribe & Weber 2002).

Moisissures

Les moisissures, c'est-à-dire les champignons dont la reproduction n'est pas sexuée, sont fréquentes dans les maisons humides. Elles peuvent se développer sur tout type de substrat et sont notamment abondantes sur le papier peint. Comme ces

espèces sont très nombreuses et de détermination difficile et que, d'autre part, le traitement pour les éliminer est toujours le même quelle que soit l'espèce, je n'ai généralement tenté la détermination que lorsque les structures typiques étaient présentes (conidiophores). Les genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* et *Paecilomyces* sont parmi les plus souvent rencontrés (van Reenen-Hoekstra et al. 1991, Beguin & Nolard 1994, Beguin 1995, Nolard & Beguin 2003, Chasseur et al. 2004). J'ai également observé, parmi d'autres, les genres *Burgoa* (= anamorphe de *Sistotrema* gr. *brinkmannii*), *Trichoderma* et *Ulocladium*, ainsi que plusieurs moisissures de couleur noire.

Les moisissures noires (2 % des échantillons) doivent être considérées avec attention parce que certaines d'entre elles sont susceptibles de causer des problèmes de santé, comme on l'a signalé plus haut. Les espèces que j'ai rencontrées le plus fréquemment sont des *Stachybotrys*, surtout *S. chartarum* (Ehrenb.) S. Hughes (= *S. atra* Corda) mais aussi *S. parvispora* S. Hughes. J'ai également trouvé des *Gliomastix* du groupe de *G. murorum* (Corda) S. Hughes (Kirk 1994, Ellis 1971, Dickinson 1968).

Champignons non identifiables

Il n'est pas rare de recevoir des échantillons où le champignon n'est pas identifiable par l'examen macro- et microscopique, parce qu'il est trop peu développé. Quelques hyphes observés sous le microscope ne permettent que rarement un diagnostic précis. Il faut alors tenter une détermination approximative en s'aidant de la présence éventuelle de boucles sur les cloisons (indiquant un Basidiomycete), du type de pourriture produit, du substrat sur lequel le champignon se développe, etc.

Insectes

Lorsque des fragments de bois sont envoyés comme échantillons, il est courant d'observer des attaques par les insectes xylophages (16 % de mes échantillons, 9 % de ceux analysés par Guillitte 1992). C'est en bonne partie dû au fait que le bois « prédigéré » par les champignons devient très attractif pour ces insectes (surtout la grosse vrillette). Ce sont les larves qui causent les dégâts en creusant des galeries, qui suivent généralement le fil du bois. La durée du stade larvaire varie avec l'espèce et peut aller de un à dix ans. Le diamètre des galeries est fonction de la taille des insectes et donc de l'espèce (voir plus bas). De ce fait, la largeur des trous d'envol que les adultes percent pour quitter la pièce de bois permet de déterminer l'espèce ou le groupe d'espèces auxquelles on a affaire. Dans les locaux silencieux, il est parfois possible d'entendre le bruit des mandibules rongant le bois. Les jeunes adultes de la grosse vrillette sont également connus pour le bruit sec et répété qu'ils produisent en heurtant le bois de leur tête et qui leur a valu le surnom d'« horloge de la mort ».



Figure 1. – Planche attaquée par la pourriture cubique (photo Protector Belgium).



Figure 2. – *Serpula lacrymans* (mérule), attaque des boiseries en dessous d'un plancher (photo Protector Belgium).

De l'extérieur, les attaques par les insectes ne sont visibles que par les trous d'envol. Lorsque ces perforations sont entourées d'un peu de poussière de bois, cela indique une infection récente et permet de penser que des insectes vivants sont probablement encore présents dans le bois. Les dégâts causés par les insectes xylophages sont souvent importants. Dans les cas les plus graves, le bois est quasiment changé en poussière.

Chez nous, les insectes xylophages les plus courants sont les suivants (d'après Leclercq et Seutin 1989 et Grosser 1985) :

- *Lyctus brunneus* et *Lyctus linearis* sont les plus petits (galeries de 1-2 mm diam.) ;
- les « vrillettes », *Anobium punctatum* (petite vrillette, galeries de 2-3 mm diam.) et *Xestobium rufovillosum* (grande vrillette, galeries de 3-5 mm diam.) sont les plus courants. Comme déjà signalé, cette dernière espèce se rencontre couramment dans les bois qui ont été attaqués par les champignons ;
- le capricorne (*Hylotrupes bajulus*) est l'espèce la plus grande (galeries de 5-8 mm diam.), il se développe surtout dans le bois de résineux.

Cristallisations et concrétions

Il est assez courant de recevoir des échantillons entièrement composés de cristallisations ou de concrétions (5 % de mes échantillons et de ceux examinés par Guillitte 1992). Les premières sont constituées de cristaux blanchâtres filamenteux qui peuvent atteindre une longueur de 2 cm, parfois même plus. Ces cristaux se forment en masse à la surface des murs humides et produisent une sorte de mousse blanchâtre qui peut passer pour un mycélium. Toutefois, on peut observer que ces cristaux se dissolvent totalement lorsqu'on les plonge dans l'ammoniaque, ce qui n'est pas le cas des hyphes des champignons. Il s'agit de ce qu'on appelle le « salpêtre », de *sal* (le sel) et *petra* (la pierre). Les concrétions quant à elles sont formées d'une substance beaucoup plus dure, un peu semblable à celle des stalactites qu'on observe dans les grottes.

Ces deux phénomènes sont causés par de l'humidité qui circule dans le mur et qui vient s'évaporer à la surface de celui-ci. L'évaporation produit une forte élévation de la concentration des substances qui sont en solution, si bien qu'on aboutit, suivant la nature de ces substances, à la formation de cristaux ou de concrétions. Il ne s'agit donc pas du tout d'une infection par un champignon. Toutefois, il est conseillé de remédier aux problèmes d'humidité qui permettent ces développements parce que cette humidité excessive crée les conditions favorables pour l'installation éventuelle de champignons lignivores tels que la mэрule.

Divers

Enfin, pour l'anecdote, signalons que l'expert a parfois des surprises en recevant des échantillons contenant divers matériaux qui ont été suspectés d'être du champignon. Quelques exemples vécus : vieilles toiles d'araignées poussiéreuses, fragments de matériau isolant encrassé (laine de verre), fines radicelles de plantes supérieures, sorte d'étope composée du duvet entourant les graines de saule ou de peuplier, fragments d'un vieux nid de guêpes, morceaux de maçonnerie desquels sortent des cheveux ou du crin de cheval (employés jadis pour renforcer le ciment), boiseries qu'on avait repeintes il y a des années après qu'elles aient été partiellement brûlées, etc.

Que faire lorsqu'un champignon est détecté ?

Le traitement de l'infection

Comme il a été dit plus haut, le traitement à mettre en œuvre est très différent suivant les cas. Pour les insectes, il faudra éliminer les boiseries fortement attaquées et traiter les autres par des insecticides. Dans le cas des champignons non ou peu lignivores (*Peziza*, *Coprinus*, la plupart des moisissures, etc.), un bon nettoyage et un traitement superficiel par un fongicide viendront facilement à bout du champignon (l'eau de Javel suffit généralement). Toutefois, si les problèmes d'humidité excessive ne sont pas résolus, il y a beaucoup de chances que les champignons réapparaissent. Attention, dans le cas des moisissures, le nettoyage doit se faire avec beaucoup de prudence afin de mettre le moins possible de conidies en suspension dans l'air. Il est vivement recommandé de ne pas travailler à sec et de porter un masque anti-poussières.

Lorsqu'on a affaire à un champignon lignivore, une désinfection plus approfondie s'impose, surtout dans le cas de la mэрule. La première opération à réaliser est de **déterminer précisément la zone du bâtiment qui est contaminée**. Pour mener cette recherche efficacement, il faut savoir que les champignons ne croissent pas seulement sur les surfaces visibles mais qu'ils se développent aussi (surtout) sous les planchers (fig. 2), dans les vides ventilés, les espaces ménagés pour les canalisations, etc. La mэрule est l'espèce la plus redoutée à cet égard, car elle est capable de s'insinuer dans les plus infimes fissures des murs et de passer ainsi d'une chambre à l'autre, d'un étage à l'autre, voire d'une maison à l'autre. Il est donc important, pour réaliser cette recherche efficacement, d'avoir une bonne vision en trois dimensions de la structure du bâtiment. Un autre élément qui peut favoriser les recherches est de repérer la source des problèmes d'humidité à l'origine de la contamination et de suivre l'expansion de l'humidité dans le bâtiment. La zone contaminée correspond souvent assez bien à la zone humide, bien que certaines espèces, en particulier la mэрule, soient capables d'aller au-delà en transportant l'humidité via leurs rhizomorphes.



Figure 3. – *Antrodia vaillantii*, rhizomorphes (photo Protector Belgium).



Figure 4. – *Serpula lacrymans* (mérule), carpophore et sporée (photo Protector Belgium).



Figure 5. – *Coniophora marmorata*, carpophores et rhizomorphes (photo Protector Belgium).



Figure 6. – *Asterostroma cervicolor* (= *A. ochroleucum*), rhizomorphes et début de fructification (photo Protector Belgium).

Dans la zone contaminée, élargie d'un mètre par sécurité, on procède ensuite à l'**enlèvement de tout le bois attaqué**. Pour éviter la dissémination du champignon, ce bois doit être brûlé. Lorsque des pièces de bois d'un volume important (poutres) ne sont atteintes que superficiellement, elles pourront éventuellement être purgées par rabotage jusqu'à élimination complète de la couche de bois contaminée. Des injections de fongicides compléteront cette opération si on n'est pas certain d'avoir éliminé toute l'infection.

On procède ensuite au **nettoyage de toutes les surfaces** comprises dans la zone à traiter (murs, boiseries qui ont été conservées, etc.), **puis on leur applique un fongicide** (Hilditch 1994). Dans le cas de la mэрule, ce traitement de surface ne suffit pas, il faut désinfecter les murs dans la masse, par injection de fongicide. La mэрule peut en effet s'insinuer dans la maçonnerie et y rester active, pour redémarrer lorsque les circonstances s'y prêtent (par exemple après la pose d'un nouveau plancher !). Ce traitement est souvent coûteux parce qu'il nécessite un travail assez lourd (enlèvement du plâtre et de tout ce qui recouvre les briques et traitement des murs par injection de fongicides). Il n'est généralement réalisable que par une firme spécialisée. Des adresses sont disponibles dans les pages d'or du bottin téléphonique, à la rubrique "protection du bois". Lorsqu'on s'adresse à ces firmes, il est préférable de demander un devis écrit et de s'informer au sujet de la garantie qui est offerte sur les travaux qui seront effectués (la garantie doit couvrir une longue période : 10-12 ans).

Lorsqu'on veut réinstaller des pièces de bois dans la zone traitée, il est toujours recommandé d'utiliser du bois qui a subi un traitement fongicide et/ou insecticide, suivant le cas. C'est surtout le cas lorsqu'on a affaire à une infection par des insectes ou par des champignons lignivores très actifs (mэрule, *Coniophora*, etc.) ou lorsqu'on ne peut éliminer totalement l'humidité excessive des locaux.

Enfin, il faut savoir que le développement de champignons dans les maisons trouve toujours son origine dans une humidité excessive. La **résolution des problèmes d'humidité** est donc un élément capital dans le traitement de l'infection. Cela implique non seulement de supprimer la source de l'humidité excessive mais aussi de ramener le taux d'humidité des murs et des boiseries à la normale, grâce à une ventilation et un chauffage éventuel.

Une fois toutes les opérations de traitement terminées, il est souhaitable d'exercer une certaine surveillance pendant quelques mois, afin de s'assurer qu'aucun redémarrage de l'infection ne se produit. Lorsque la chose est possible, il est dès lors conseillé de ne pas recouvrir directement les surfaces traitées, mais de les laisser au contraire apparentes pendant quelques mois. Cela facilitera beaucoup l'inspection ainsi que l'assèchement des murs traités.

Conclusion

J'espère que les lignes qui précèdent auront convaincu le lecteur des dangers et inconvénients qu'entraîne, tant pour les habitants que pour le bâtiment lui-même, le développement des champignons dans les maisons. Comme il est difficile d'agir sur la température, le principal facteur qui permet d'éviter ou de limiter le développement des champignons est l'humidité. Le niveau de celle-ci devra donc toujours être maintenu en dessous de 20-25 %. De plus, il faut éviter les « comportements à risque » comme stocker du bois dans des locaux humides, surtout si ce bois provient d'une maison contaminée.

Cela me rappelle une anecdote amusante, que je vous livre pour terminer. Nous étions en 1986 et je travaillais à l'Université de Liège. Un monsieur est venu me trouver en disant qu'il avait dans sa cave des provisions de bois à brûler, récoltées près de Tihange, et qu'en éteignant la lumière il s'était aperçu que son bois était phosphorescent. Il me demandait si c'était dû à la radioactivité. L'explication était que le bois rentré n'était pas bien sec et qu'il portait du mycélium d'*Armillaria*, espèce dont les propriétés phosphorescentes sont bien connues. Ce mycélium s'était fortement développé, grâce aux bonnes conditions de croissance dans la cave. En outre, la phosphorescence avait été favorisée par la chaleur d'une belle journée d'été. La psychose déclenchée par les suites de l'accident de Tchernobyl, tout récent, avait fait le reste, et favorisé l'association d'idée avec la radioactivité.

Remerciements

Mr Edward Purcell, Directeur Gérant de Protector Belgium, m'a envoyé une série de photos et m'a donné son autorisation de les reproduire dans cet article. Le dr. Monique Detandt, de l'Institut scientifique de Santé publique, m'a fait parvenir plusieurs tirés à part. Le dr. Jolanta Adamczyk (Univ. Łódź, Pologne) m'a envoyé copie d'une publication. Enfin, Ann Bogaerts (BR) a réalisé la traduction du résumé en néerlandais. Je leur adresse à tous mes vifs remerciements.

Bibliographie

- ANDERSEN B., NIELSEN K.F. & JARVIS B.B. (2002) – Characterization of *Stachybotrys* from water-damaged buildings based on morphology, growth, and metabolite production. *Mycologia* **94** (3): 392-403.
- BEASLEY V.R. (1989) – Trichothecene mycotoxicosis (2 vols). CRC Press, Boca Raton, 175 et 224 p. [non consulté].
- BEGUIN H. & NOLARD N. (1994) – Mould biodiversity in homes, I – Air and surface analysis of 130 dwellings. *Aerobiologia* **10** (2): 157-166.



Figure 7. – *Donkioporia expansa*, jeune carpophore en cours de développement (photo Protector Belgium).



Figure 8. – *Lentinus lepideus*, carpophores anormaux développés en absence de lumière (photo Protector Belgium).

- BEGUIN H. (1995) – Mould biodiversity in homes, II – Analysis of mattress dust. *Aerobiologia* **11** (1): 3-10.
- BERNICCHIA A. (2005) – Polyporaceae s.l. *Fungi Europaei* **10**: 808 p.
- BLACK J.A., DEAN T.R., FOARDE K. & MENETREZ M. (2008) – Detection of *Stachybotrys chartarum* using rRNA, tri5, and β -tubulin primers and determining their relative copy number by real-time PCR. *Mycol. Res.* **112** (7): 845-851.
- CHASSEUR C., NOLARD N. & NEVALAINEN A. (2004) – Moulds and moisture. World Health organization, Regional Office for Europe, Local authorities, *Health and environment briefing pamphlet series* **42**: 1-28.
- CITERIN M. (1992) – Clé analytique du genre *Coprinus* Pers. 1797. *Doc. mycol.*, **22** (n° 86): 1-28 + pl. 2.
- CITERIN M. (1994) – Clé analytique du genre *Coprinus* Pers. (suite) (Révision des sections *Farinosi*, *Lanatulii* et *Picacei*). *Doc. mycol.*, **24** (n° 95): 1-13.
- CLAUSEN C. (1997) – Immunological detection of wood decay fungi – an overview of techniques developed from 1986 to present. *Int. Biodeter. Biodegrad.* **39**: 133-143 [non consulté].
- COGGINS C.R. (1980) – Decay of timber in buildings. Dry rot, wet rot and other fungi. Rentokil, East Grinstead, 115 p.
- COLE R.J. & COX R.H. (1981) – Handbook of toxic fungal metabolites. Academic Press, New York, xvii, 937 p.
- COOLEY J.D. et al. (1998) – Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome. *Occup. Environ. Med.* **55** (9): 579-584 [non consulté].
- CRUSE M., TELERANT R., GALLAGHER T., LEE T. & TAYLOR J.W. (2002) – Cryptic species in *Stachybotrys chartarum*. *Mycologia* **94** (5): 814-822.
- DECOCK C. & STALPERS J.A. (2006) – Studies in *Perenniporia* : *Polyporus unitus*, *Boletus medulla-panis*, the nomenclature of *Perenniporia*, *Poria*, and *Physisporus*, and a note on European *Perenniporia* with a resupinate basidiome. *Taxon* **55** (3): 759-778.
- DICKINSON C.H. (1968) – *Gliomastix* Guéguen. *Mycol. Pap.* **115**: 1-24 + 3 pl.
- DUNCAN C.G. & ESLYN W.E. (1966) – Wood decaying Ascomycetes and fungi imperfecti. *Mycologia* **58** (4): 642-645.
- ELLIS M.B. (1971) – Dematiaceous Hyphomycetes. CMI, Kew, 608 p.
- ERIKSSON J., RYVARDEN L., HJORTSTAM K. & LARSSON K.-H. (1973-1988) – The Corticiaceae of North Europe (8 vols). Fungiflora, Oslo, 1449 p. [les auteurs varient d'un volume à l'autre]
- FINDLAY W.P.K. (1953) – Dry rot and other timber troubles. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, London, 267 p. [non consulté].
- FORGAS J. (1972) – Stachybotryotoxicoses. *Microbial Toxins* **8**: 95-128.

- GROSSER D. (1985) – Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholz- Schädlinge. DRW-Verlag, Weinbrenner, 159 p.
- GUILLITTE O. (1992) – Epidémiologie des attaques. In : Rammeloo J. (ed.) La mэрule et autres champignons nuisibles dans les бatiments. Jardin botanique national de Belgique, Meise, pp. 34-42.
- HALLENBERG N. & ERIKSSON J. (1985) – The Lachnocladiaceae and Coniophoraceae of North Europe. Fungiflora, Oslo, iv, 96 p.
- HEINEMANN P. (1979) – *Poria expansa*, polypore peu connu ou мeconnu en Belgique. *Dumortiera* **13**: 31-32.
- HENNEBERT G.L., BOULANGER PH. & BALON (1990) – La mэрule – Science, technique & droit. Ciaco, Louvain-la-Neuve, 198 p.
- HILDITCH E.A. (1994) – Chemical control of fungal decay in buildings. In: Singh J. (ed.), Building mycology. E. & F.N. Spon, London, pp. 212-238.
- HUCKFELDT T. & SCHMIDT O. (2006) – Identification key for European strand-forming house-rot fungi. *Mycologist* **20** (2): 42-56.
- HUCKFELDT T., KLEIST G. & QUADER H. (2000) – Vitalitэtsansprache des Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer holzzerstorernder Gebаudepilze. *Z. Mykol.* **66** (1): 35-44.
- JAHN H. (1967) – Die resupinaten *Phellinus*-Arten in Mitteleuropa, mit Hinweisen auf die resupinaten *Inonotus*-Arten und *Poria expansa* (Desm.) [= *Polyporus megaloporus* Pers.] *Westfал. Pilzbr.* **6** (3/6): 37-108 + 16 pl.
- JAROSCH M. & BESL H. (2001) – *Leucogyrophana*, a polyphyletic genus of the order Boletales (Basidiomycetes). *Pl. Biol. (Stuttgart)* **3** (4): 443-448.
- JARVIS B.B., SALEMME J. & MORAIS A. (1995) – *Stachybotrys* toxins. *Nat. Tox.* **3**: 10-16 [non consulté].
- JARVIS B.B. (2002) – Chemistry and toxicology of moulds isolated from water damaged buildings. In : De Vries J.W., Trucksess W. & Jackson L.S. (eds.) Mycotoxins and food safety. Kluwer Academic, New York, pp. 43-52 [non consulté].
- JENNINGS D.H. & BRAVERY A.F. (eds) (1991) – *Serpula lacrymans*, fundamental biology and control strategies. Wiley, Chichester, 217 p. [non consulté].
- JONG S.C. & DAVIS E.E. (1976) – Contribution to the knowledge of *Stachybotrys* and *Memnoniella* in culture. *Mycotaxon* **3** (3): 409-485.
- JULICH W. (1984) – Die Nichtblatterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze – Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes. In : Gams H., Kleine Kryptogamenflora, Band IIb/1: ix, 626 p.
- KIRK P.M. (1994) – IMI Descriptions of fungi and bacteria n° 1208 (*Stachybotrys microspora*), n° 1209 (*Stachybotrys parvispora*) et n° 1210 (*Stachybotrys theobromae*). *Mycopathologia* **127** (1): 59-64.

- KLEIST G. & SEEHANN G. (1999) – Der Eichenporling, *Donkioporia expansa* – ein wenig bekannter holzzerstörer in Gebäuden. *Z. Mykol.* **65** (1): 23-32.
- LACEY J. (1994) – Indoor aerobiology and health. In: Singh J. (ed.), *Building mycology*. E. & F.N. Spon, London, pp. 77-129.
- LECLERCQ A. & SEUTIN E. (1989) – Les ennemis naturels du bois d'œuvre. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 141 p.
- LOMBARD F.F. & CHAMURIS G.P. (1990) – Basidiomycetes. In : Wang C.J.K. & Zabel R.A. (eds) *Identification manual for fungi from utility poles in the eastern United States*. American Type Culture Collection, Rockville, pp. 21-104 [non consulté].
- MANGIN L. & PATOULLARD N. (1922) – Sur la destruction de charpentes au château de Versailles par le *Phellinus cryptarum* Karst. *Compt. Rend. hebd. Séances Acad. Sci.* **175** (5): 389-394.
- NIKULIN M., REIJULA K., STJERNVALL T. & HINTIKKA E.-L. (1997) – Ultrastructure of conidia and hyphae of *Stachybotrys chartarum*. *Karstenia* **37** (2): 57-64.
- NOBLES M.K. (1965) – Identification of cultures of wood-inhabiting Hymenomycetes. *Canad. J. Bot.* **43** (9): 1097-1139.
- NOLARD N. & BEGUIN H. (2003) – Moisissures. In : Vervloet D. & Magnan A., *Traité d'allergologie*. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, pp. 441-461.
- NOORDELOOS M.E., KUYPER TH.W. & VELLINGA E.C. (2005) – *Flora Agaricina Neerlandica*, vol. 6. Taylor & Francis, London, v, 227.
- O'BRIEN I.M., BULL J., CREAMER B. et al. (1978) – Asthma and extrinsic allergic alveolitis due to *Merulius lacrymans*. *Clin. Allergy* **8**: 535-542 [non consulté].
- ORTON P.D. & WATLING R. (1979) – *British Fungus Flora - Agarics and Boleti*, 2 – *Coprinaceae*, Part 1 : *Coprinus*. Royal Botanic Garden, Edinburgh. 149 p.
- RAMMELOO J. (ed.) (1992) – La mérule et autres champignons nuisibles dans les bâtiments. Une approche multidisciplinaire (2^{ème} éd.). Jardin botanique national de Belgique, Meise, 64 p. [une version en néerlandais a également été publiée]
- RAYNER A.D.M. & BODDY L. (1988) – *Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology*. Wiley, Chichester.
- REDHEAD S.A. & GINNS J.H. (1985) – A reappraisal of agaric genera associated with brown rots of wood. *Trans. mycol. Soc. Japan* **26** (3): 349-381.
- RYVARDEN L. & GILBERTSON R.L. (1993-1994) – *European Polypores* (2 vols). *Synopsis Fungorum* **6** et **7**: 743 p. Fungiflora, Oslo.
- SCHMIDT O. & MORETH U. (2002) – Data bank of rDNA-ITS sequences from building-rot fungi for their identification. *Wood Sci. Technol.* **36**: 429-433. Version révisée dans *Wood Sci. Technol.* **37**: 161-163 (2003). [non consulté].
- SCHMIDT O. (2003) – Molekulare und physiologische Charakterisierung von Hausschwamm-Arten. *Z. Mykol.* **69** (1): 287-298.

- SCHMIDT O. (2006) – Wood and tree fungi – Biology, damage, protection and use. Springer, Berlin, xi, 334.
- SCHMIDT O. (2007) – Indoor wood-decay basidiomycetes : damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control. *Mycol. Progr.* **6** (4): 261-279.
- SCHMITT J.A. & WATLING R. (1998) – A new species of *Coprinus* from damp ceiling. *Nova Hedwigia* **67** (3/4): 443-455.
- SEEHANN G. & HEGARTY B.M. (1988) – A bibliography of the dry rot fungus, *Serpula lacrymans*. *Int. Res. Group Wood Preserv.* **1337**: 1-145 [non consulté].
- SINGH J. (ed.) (1994) – Building mycology. Management of decay and health in buildings. E. & F.N. Spon, London, xvii, 326 p. + 7 pl.
- SORENSEN W.G., FRAZER D.G., JARVIS B.B., SIMPSON J. & ROBINSON V.A. (1987) – Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. *Appl. Environ. Microbiol.* **53**: 1370-1375 [non consulté].
- STALPERS J.A. (1978) – Identification of wood-inhabiting Aphyllorphorales in pure culture. *Stud. Mycol.* **16**: 1-248.
- TOFT L. (1993) – Immunological identification in vitro of the dry rot fungus *Serpula lacrimans*. *Mycol. Res.* **97** (3): 290-292.
- TRIBE H.T. & WEBER R.W.S. (2002) – A low-temperature fungus from cardboard, *Myxotrichum chartarum*. *Mycologist* **16** (1): 3-5.
- VAN REENEN-HOEKSTRA E.S., SAMSON R.A., VERHOEFF A.P., VAN WIJNEN J.H. & BRUNEKREEF B. (1991) – Detection and identification of moulds in Dutch houses and non-industrial working environments. *Grana* **30** (2): 418-423.
- VERONA O. & MAZZUCHETTI G. (1968) – Microfunghi della cellulosa e della carta. Attivita e inquadramento sistematico. I generi *Stachybotrys* e *Memnoniella*. *Publ. Ente naz. Cellul. Carta*, 111 p. + 1 pl. coul. [non consulté].
- WAŻNY J. & CZAJNIK M. (1963) – Wistępowanie grzybów niszczących drewno w budynkach na terenie Polski. *Folia Forest. Polon., Ser. B*, **5**: 5-17.
- WEIDENBÖRNER M. (2001) – Encyclopedia of food mycotoxins. Springer, Berlin, xii, 295 p.