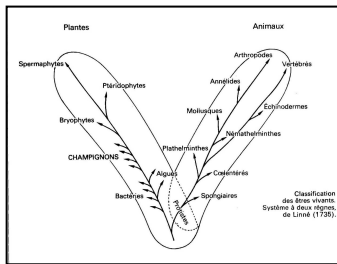




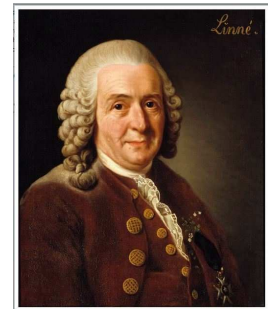
Le rôle des champignons dans la forêt

La place des champignons parmi les êtres vivants

Le nombre des êtres vivants est si important qu'il a été nécessaire de les distinguer en créant plusieurs classifications.



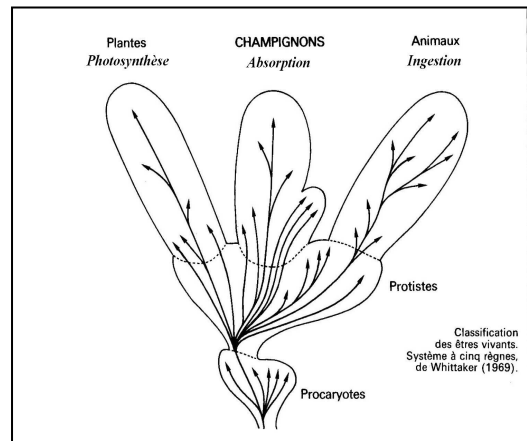
En 1735 Linné, naturaliste suédois (1707-1778) a établi un système à 2 règnes (plantes et animaux).



En 1969 le botaniste américain Whittaker propose 5 règnes.

Robert Harding Whittaker

Robert Harding Whittaker est un écologiste et un botaniste américain, né en 1920 à Wichita au Kansas et mort en 1980. Il obtient son Bachelor of Arts au Washburn Municipal College à Topeka. Après son service militaire, il obtient son Ph. Wikipédia



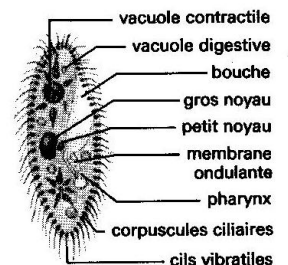
Le règne des **Procaryotes**, êtres vivants unicellulaires ne comportent *pas de noyau*, comme par exemple les bactéries.

Le règne des **Protistes**, êtres aussi unicellulaires mais contenant *un noyau distinct* tel que l'amibe ou la paramécie.

Le règne **Végétal**, caractérisé par le processus de *photosynthèse*, voie de transformation du carbone indispensable à la vie des plantes.

Le règne **Animal** dont la nutrition se fait par *ingestion*.

Le règne **Fongique** dont la nutrition se fait par *absorption*.



PARAMÉCIE

Le règne fongique constitue un ensemble très diversifié, totalisant environ 5 millions d'espèces ; 100 000 sont décrites.

La très grande majorité sont microscopiques, les *micromycètes*.

D'autres, les champignons dits "supérieurs" observables à l'œil nu, sont les *macromycètes* dont on estime le nombre à 20 000 espèces identifiées, pour la plupart en Europe.

La biologie des champignons

Les contraintes que doivent assumer les champignons résident dans leur hétérotropie par rapport au carbone (incapable d'assimiler le carbone par photosynthèse) et d'ingérer et de digérer des matières solides ou liquides comme les animaux.

Les champignons sont réduits à absorber des substances organiques et minérales à l'état dissout. Pour se faire ils ont besoin :

- d'eau, de sels minéraux le plus souvent dissociés en ions (phosphates, sulfates, magnésium, potassium, etc.) comme tous les êtres vivants,
- d'une source de carbone apportée par des sucres ou des acides organiques,
- d'éléments azotés contenus dans les nitrates,
- et d'autres apports nutritifs spécifiques comme les vitamines, les acides gras et autres.

Pour satisfaire ces besoins, plusieurs solutions s'offrent à eux.

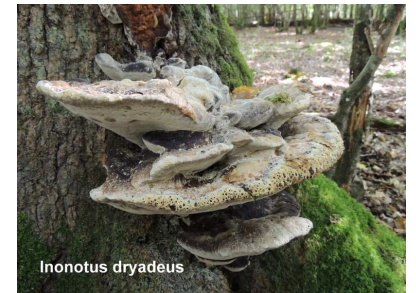
Les champignons vivant aux dépens de la matière organique en décomposition sont des **SAPROPHYTES** (du grec *sapros*, pourriture et *phyton*, plante).



Certains entrent en relation avec des organismes vivants en formant une association à bénéfice réciproque ou **SYMBIOSE** (du grec *syn*, avec et *bios*, vie).

Le cas le plus remarquable dans le cadre de cet exposé est celui des ectomycorhizes.

D'autres vivent aux dépens d'êtres vivants en **PARASITES** (du grec *para*, à côté et *sitos*, aliment). Leurs hôtes sont le plus souvent des végétaux : arbres, arbustes, herbes et parfois d'autres champignons.



Cette distinction n'est pas absolue, nous verrons dans les chapitres suivants l'existence de chevauchements.

Ainsi l'Amadouvier (*Fomes fomentarius*) et l'Armillaire couleur de miel (*Armillaria mellea*) peuvent vivre en parasite ou en saprophyte.



Le saprophytisme

On parle de saprophytisme lorsque des organismes, animaux, végétaux et des champignons, incapables de pénétrer dans les cellules vivantes se nourrissent de matières décomposées.

Les feuilles des arbres tombent en automne, les résineux perdent des aiguilles toute l'année, des brindilles et autres restes végétaux couvrent le sol pour former une litière. Dans les forêts tempérées, cette litière, évaluée à trois tonnes de matière sèche par hectare, sera transformée en humus dont le rôle est très important pour la fertilisation du sol.

Une lente transformation se réalisera sous les effets combinés des bactéries, de très nombreux animaux comme vers, acariens, minuscules insectes et leurs larves ainsi que des champignons micro et macroscopiques.

Il n'est pas facile de démêler le rôle de chacun sachant que chaque acteur a une action complémentaire à l'autre.

Ainsi il a été montré que myriapodes, acariens et larves de diptères n'attaquent que les feuilles déjà soumises à l'action dégradante d'un mycélium.

En soulevant des feuilles ou du bois mort on observe une sorte de feutrage arachnéen, formé de filaments microscopiques souvent de couleur blanchâtre : c'est le mycélium. Il se développe dans tous les sens et envahit le milieu dans lequel il tire sa subsistance.



Mycélium de *Collybia dryophila* sur feuilles de chêne

Il peut donner naissance à des sporophores, parties aériennes « fructification » du mycélium. Ce sont, par exemple : les Coulemelles, Bolets, Pieds de mouton.

Le mycélium appartient souvent à des basidiomycètes qui en pénétrant partiellement ou totalement dans la masse du bois mort détruit la lignine (ses principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition) et (ou) la cellulose (la cellulose est le matériau le plus important de la paroi des cellules végétales).

Ainsi se forme dans les arbres ce que l'on appelle la "pourriture du bois".

Les types de pourriture :

Les pourritures cubiques :



On peut voir sur des vieux troncs une fragmentation du bois en petits éléments cubiques (dans les trois plans : transversal, radial et tangentiel).

Seule la cellulose est dégradée.

C'est l'œuvre de la "pourriture rouge cubique".

Le gros contingent est fourni par les Polyporales comme le Polypore soufré (*Laetiporus sulfureus*) et la Fistuline ou Langue de bœuf (*Fistulina hepatica*).

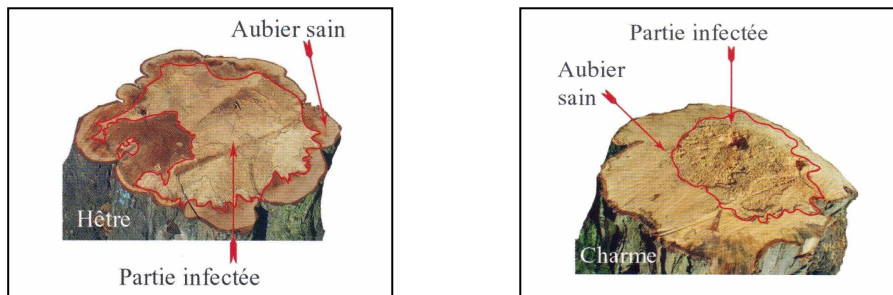
Les pourritures blanches :

Elles sont provoquées par des basidiomycètes, par exemple *Polyporus squamosus*, *Oudemansiella mucida*, *Pleurotus ostreatus* mais aussi par des ascomycètes. La lignine et la cellulose sont digérées.



Pourriture blanche lamellaire du hêtre

Il existe d'autres pourritures telles que les pourritures alvéolaires, fibreuses, lamellaires, tubulaires ainsi que les pourritures molles.



Pourriture blanche fibreuse

Une forme particulière est la "pourriture blanche de litière" : là encore, avec les bactéries, le mycélium des basidiomycètes va dégrader la litière.

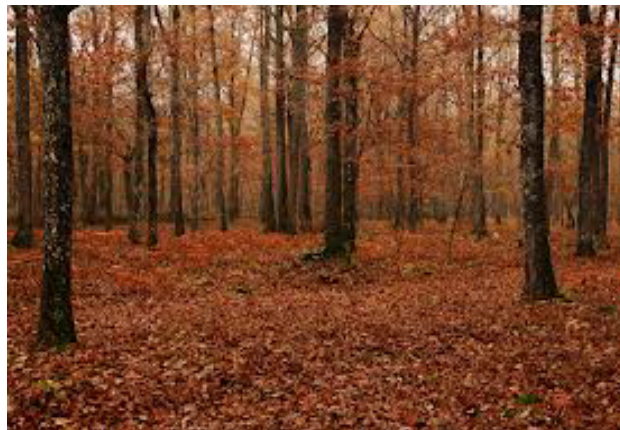
Il est facile, en parcourant la forêt l'automne, de remarquer des zones plus claires qui peuvent entourer tout un amas de feuilles ou de débris.

Cette flore mycologique des pourritures blanches de l'humus appartient aux genres *Marasmius*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Lepista*, *Agaricus*, *Lepiota*, etc

Finalement la litière va se fragmenter. Elle sera alors triturée par des petits animaux (insectes, vers,...) et incorporée au sol.

Les champignons saprophytes sont donc les seuls, avec les bactéries, à consommer les reliefs végétaux décomposés. Ce sont les "éboueurs" des peuplements végétaux. Sans eux la végétation disparaîtrait, étouffée sous l'accumulation de ses propres débris.

Mais si les saprophytes ne se nourrissent pas de cellules vivantes, ils ne sont pas pour autant inoffensifs. En effet en assimilant les matières nutritives contenues dans le bois mort sur pied, ils diminuent la résistance mécanique des arbres qui peuvent se casser lors d'un coup de vent par exemple.



Parmi les corticiales, champignons sans pied ni chapeau mais adhérent à leur support, ce sont les "croûtes", ainsi le Mérulle tremblant (*Merillius tremellosus*) proche du Mérulle domestique (*Serpula lacrymans*) est un destructeur de bois d'œuvre, qui pour la petite histoire, a anéanti en 1815 la moitié de la flotte de l'amiral Nelson.

La symbiose

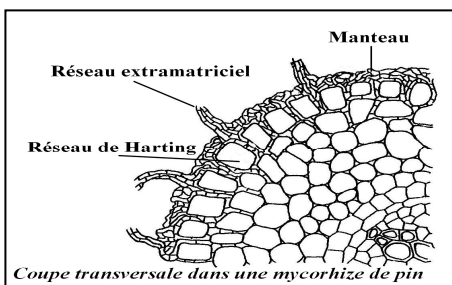
On parle de symbiose lorsque deux organismes vivent durablement ensemble, en une association réciproquement bénéfique.

Ce système d'échange est très répandu dans les règnes animal, végétal et fongique.

Les mycorhizes sont des associations étroites de champignons avec des fougères ou des végétaux supérieurs. Ils sont ainsi particulièrement remarquables chez les orchidées.

La relation entre des champignons et la très grande majorité des arbres de la forêt est le fait des **ectomycorhizes**.

Les ectomycorhizes



Elles sont faciles à observer sur le trajet des longues racines, où ils forment des ramifications épaisses, souvent abondantes, d'aspect coralloïde nommé "manteau".

Sur celui-ci un réseau filamenteux feutré a pour rôle de dissoudre dans le sol les éléments minéraux et d'autres composés, les rendant assimilables par le système racinaire de l'arbre.

Racine de pin colonisée par l'Amanite tue-mouche



Ectomycorhize du hêtre

En contre partie le champignon va recevoir par d'autres filaments, "les hyphes mycéliens", des substances carbonées.

Les partenaires fongiques

D'après les estimations actuelles, on compte plus de 5 000 espèces de champignons ectomycorhiziens.

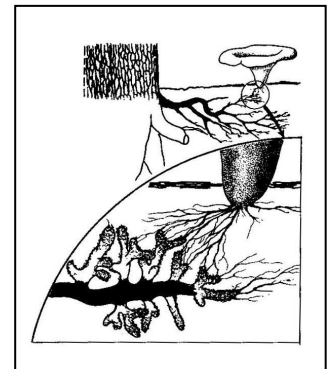
Les genres les plus représentatifs sont chez les:

Agaricinées : *Amanita*, *Boletus*, *Tricholoma*, *Lactarius*, *Russula*, *Hebeloma*, *Cortinatius*, *Paxillus* (ces agaricinées regroupent environ 80 % des espèces ectomycorhiziennes).

Gastéromycètes : *Scléroderma* et les *Phallales*,

Aphylophoromycètes : *Cantharellus*,

Ascomycètes : les Morilles et bien sûr les tubérales, c'est-à-dire les Truffes...



Les partenaires chlorophylliens

Presque toutes les essences des forêts d'Ile-de-France ont un appareil racinaire porteur d'ectomycorhizes. Ce sont les Pinacées (pins, épicéas), les Fagacées (chênes, châtaigniers, hêtres), les Bétulacées (bouleaux, aulnes), les Corylacées (charmes, noisetiers), etc.

La spécificité des champignons mycorrhiziens est très variée. Environ 350 espèces sont liées au hêtre, 80 au pin sylvestre, d'autres à une seule ou deux essences.

Par exemple quelques espèces mycorrhiziennes sont liées au pin sylvestre :

Amanita muscaria, pantherina, rubescens, spissa.

Boletus pinicola, Chalciaporus piperatus, la

majorité des *Suillus*.

Clitopirus prunulus.

Cortinarius trivialis.

Laccaria laccata

Russula emetica, nigricans, queletti,.....

Lactarius deliciosus,.....



Cette connaissance intéresse les mycophages parce qu'ils trouveront la Golmotte (*Amanita rubescens*), le Laccaire laqué (*Laccaria laccata*) ou de nombreuses russules sous les résineux comme sous les feuillus. Mais l'amateur du Lactaire délicieux (*Lactarius deliciosus*) n'ira pas le chercher dans un bois de feuillus.

La majorité des bolétacées est liée aux pins, en particulier le genre *Suillus* comme la Nonette voilée (*Suillus luteus*).

Vous trouverez le Bolet de l'aulne (*Gyrodon lividus*) uniquement sous les aulnes ou le Bolet du charme (*Leccinum carpini*) que sous les charmes, Lapalisse l'aurait dit.

Pour compliquer le jeu et ajouter à la diversité, il semble que certaines espèces puissent être suivant le cas, saprophytes ou mycorrhiziennes.

Ainsi se conduisent le Laccaire améthyste (*Laccaria amethystina*), le Scléroderme commun (*Scleroderma citrinum*), le Satyre puant (*Phallus impudicus*) et quelques autres.

Cela serait lié à leur pouvoir de dégradation des celluloses et des lignines.

En Sylviculture

Il était intéressant de savoir ce que les mycorhizes apportent aux arbres. De nombreux essais de mycorhization contrôlée ont été réalisés sur des plants forestiers.

L'opération consiste à inoculer des souches mycéliennes à des jeunes plants, par exemple le pin de douglas avec le Laccaire bicolor (*Laccaria bicolor*), le hêtre, le chêne rouge et le pin maritime avec le Laccaire laqué (*Laccaria laccata*) ou encore le chêne pédonculé et le pin sylvestre avec l'Hébélome croûte de pain (*Hebeloma crustuliniforme*).



Comparé à des plants nus les observations faites sont encourageantes.

On assiste à une reprise et une croissance plus rapide des plants (jusqu'à 20 %) mais aussi à une meilleure résistance des racines à la sécheresse, au gel et aux agents pathogènes contenus dans le sol.

Les techniques de mycorhization contrôlée semblent donc promises à un réel avenir, mais actuellement leur coût n'en permet pas une application généralisée en sylviculture.

Mangerons-nous des cèpes cultivés ?

Depuis longtemps nous savons cultiver des champignons saprophytes à partir de la matière organique en décomposition (compost, fumier de cheval, pourritures de débris végétaux) comme par exemple le Champignon de couche (*Agaricus bisporus*), le Pleurote en forme d'huître (*Pleurotus ostreatus*), la Pholiote du peuplier (*Agrocybe aegerita*) ou le Shii-tké (*Lentinula edodes*), espèce particulièrement appréciée au Japon, récemment introduite en Europe.



En ce qui concerne la symbiose, seule la trufficulture est partiellement maîtrisée de nos jours.



Du fait de l'intérêt commercial que représente le Cèpe, l'INRA étudie son écologie et sa biologie depuis une vingtaine d'années.

Des essais d'associations entre, d'une part, les bolets les plus recherchés : le Cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*), le cèpe tête de nègre (*aereus*), le Bolet bai (*Xerocomus badius*) ou la Nonnette voilée (*Suillus luteus*) et, d'autre part, l'épicéa ont donné des résultats intéressants.

Il n'est donc peut-être pas déraisonnable d'imaginer qu'un jour une parcelle de la forêt de Fontainebleau devienne un verger de Cèpes.

La symbiose mycorhizienne est donc un phénomène capital dans la biosphère.

Les ectomycorhizes, apanage des peuplements à essence dominante, jouent un rôle fondamental dans le milieu forestier. Sans eux la forêt serait très différente et beaucoup moins diversifiée.

Il apparaît donc essentiel de sauvegarder la flore fongique.

En pratique la culture et la sélection des champignons mycorhiziens, leur inoculation artificielle en vue d'améliorer la croissance et la résistance des essences forestières sont devenues une réalité en sylviculture.

Le parasitisme

C'est en fonction de sa façon de se nourrir que l'on peut dire qu'un organisme vit en parasite : il tire sa substance d'un autre être vivant sans rien lui apporter en échange, contrairement à la symbiose.

Le parasitisme est un phénomène complexe. Il peut être brutal, comme le prédateur qui consomme le capital, tel le loup qui dévore l'agneau et l'on parle alors de parasitisme primaire, ou se contenter des intérêts, telle la puce qui ne suce que quelques gouttes de sang dans la chair du loup, ce que l'on peut appeler parasitisme de faiblesse.



Des micromycètes, comme les rouilles, peuvent dégrader sensiblement différentes parties de l'arbre, comme l'écorce, l'aubier ou les feuilles.

Ainsi la rouille vésiculeuse du pin de Weymout est causée par *Cronatium ribicola*

Dans le cas des champignons supérieurs, ce sont essentiellement des espèces ligneuses, arbres ou arbustes, qui sont parasitées.

De nombreux champignons se comportent en parasites de faiblesse.

Dans la plupart des cas l'arbre peut supporter la présence d'un parasite mais sans mourir, du moins immédiatement.

Par contre de nombreux basidiomycètes peuvent altérer les tissus ligneux et entraîner rapidement la mort des arbres ; ce sont les parasites primaires.

Ils peuvent provoquer des perturbations parfois importantes dans les peuplements et deviennent graves dans certains cas.

En voici quelques exemples :

La maladie hollandaise de l'orme

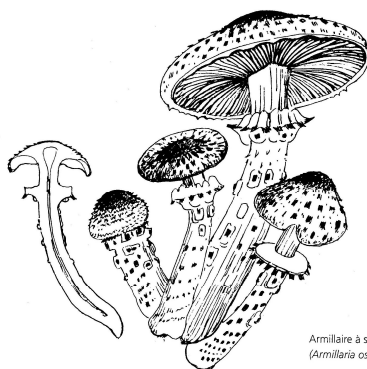
Cette maladie est due à deux ascomycètes microscopiques de la famille des Ophiostomatacées, *Ceratocytis ulmi* et *Graphium ulmi*, d'où le nom de graphiose donné à la maladie.

Observée en 1917 d'une façon précise en Hollande, c'est vers les années 1970 que ce parasite devient responsable d'importants dégâts dans toute l'Europe et en Amérique du Nord. En France, de nos jours, les grands ormes sont devenus des raretés.



Les Armillaires

Le genre *Armillaria* comprend sept espèces, originales quant à leur mode de vie.



Armillaire à squames foncées
(*Armillaria ostoyae*)

Certaines sont parasites, puis saprophytes.

L'Armillaire d'Ostoya, *Armillaria ostoyae*, cause des ravages appelés "maladie du rond", parmi les résineux dans les Pyrénées et le Massif Central.

Ce champignon est capable d'envahir les systèmes racinaires de pins à crochets ou d'épicéas en détruisant les sujets dans des cercles extensifs mesurant jusqu'à 100 mètres de diamètre.

Je n'ai pas observé de parasitisme dû aux armillaires à Fontainebleau.

Les Fomes

Le polypore *Heterobasidion annosum* se rencontre souvent sur les conifères. Son chapeau, jusqu'à 20 cm de large, est épais, rougeâtre, très bosselé avec une marge et un hyménium blanc.



Oligoporus caesius peut être un parasite de faiblesse

Son mycélium se propage aussi par le réseau racinaire. Il peut s'attaquer au bois de l'épicéa dont il provoque le dépérissement.

L'amadouvier, *Fomes fomentanus*, est aussi redoutable.

C'est un gros champignon bossu en forme de fer à cheval d'abord gris pâle puis devient brun rougeâtre en vieillissant. On le trouve fréquemment sur les hêtres.

Au départ il parasite l'arbre et après la mort de ce dernier, il devient saprophyte.

Une blessure, une plaie sur le tronc, une branche cassée permet la pénétration des bactéries et du mycélium dans le bois.

Parfois l'arbre peut réagir en obstruant des vaisseaux ou en formant un tissu cicatriciel limitant ainsi les dégâts.

Dans les parcelles des Grands Feuillards presque tous les hêtres sont morts.

Certes ces champignons, surtout des polypores, affaiblissent l'arbre. Celui-ci peut les supporter longtemps comme la Langue de bœuf, *Fisulina hepatica*, que l'on trouve presque toujours à la base des chênes, occasionnellement des châtaigniers.

Lors du débardage ou après le passage d'un engin, l'arbre peut être blessé. Les spores apportées par le vent germent à la surface de la plaie. Le mycélium envahit très progressivement le bois.

Avec d'autres polypores, après abattage, lors des opérations de sciage et de tranchage on observe des zones brunes foncées en forme de flammes. Cette coloration, le "brown-oak", est recherchée par les menuisiers et ébénistes anglais car, malgré cette attaque, le bois garde des résistances mécaniques suffisantes pour être travaillé.



En digérant la partie vivante (l'aubier), les champignons parasites sont donc responsables de nombreuses modifications.

Ils propagent des maladies cryptogamiques comme la maladie hollandaise de l'orme, l'oïdium du chêne, le chancre du châtaignier ou d'autres en entraînant parfois la mort des arbres.

En s'attaquant seulement à une partie de l'arbre (branches, rameaux) ils jouent le rôle "d'élagueurs".

Les seuls critères matière morte, matière vivante ne suffisent cependant pas à classer un champignon en saprophyte ou en parasite. En effet, l'évolution biologique des champignons permet à certains d'entre eux passer d'un état à l'autre.



Nous avons vu que, le Polypore amadouvier, *Fomes fomentarius*, se développe aux dépens d'un arbre vivant, généralement affaibli, puis y vit en saprophyte après sa mort.

Le tricholome terreux, *Tricholoma terreum*, est mycorhizien sous les conifères et saprophyte sous les feuillus.

Conclusion

S'adaptant à de nombreuses situations, les champignons sont avant tout des partenaires indissociables des équilibres biologiques forestiers et de la biodiversité.

Ils peuvent cependant être à l'origine de déséquilibres d'autant plus sévères que l'on a affaire à des monocultures. Mais ils peuvent au contraire être utilisés pour améliorer croissance et résistance des espèces par les techniques de mycorhization, devenant alors l'allié du forestier.

Il faut de tout pour faire un monde !

Document rédigé et publié en 2007 par Jean Pillot, modifié et illustré par son auteur en décembre 2013.

Bibliographie

- P. BOUCHET, J.L. GUIGNARD et J. VILLARD, 1999, Les champignons – Mycologie fondamentale et appliquée, Masson.
- M.A. SELOSSE, 2001, La symbiose, Vuibert.
- G. DURRIEU, 1993, Ecologie des champignons, Masson, Paris.
- R. COURTECUISSÉ et B. DUHEN, 1994, Guides des champignons de France et d'Europe, Delachaux et Niestlé.
- "Champignons", numéro hors série n° 108 de septembre-octobre, 1996 de Sciences et Avenir.
- "La Forêt", numéro hors série n° 102 de juillet-août 1995 de Sciences et Avenir.
- Office National des Forêts, 1997, La vie de la forêt, Collection Les Hommes et la Nature.
- S. EGLI et I. BRUNNER, les mycorhizes (Notice 35-2002), Institut fédéral de recherche WSL, CH 8903 Birmensdorf.
- B. BOULET-GERCOURT, 1998, La mycorhization contrôlée des plants forestiers, Forêt-Entreprise n° 122.
- C. MOREAU, 1978, Larousse des champignons, Librairie Larousse.

Avec mes remerciements à l'ONF qui m'a agréablement donné accès à ses nombreux documents relatifs aux cryptogames que j'ai consultés à la bibliothèque du département des recherches techniques à Fontainebleau.