

# Arbres & Champignons

*Maison dans la Vallée*  
Avon



# PROGRAMME

Mardi 24 juin 2003

Maison dans la Vallée - Avon

- 8 h 30    **Accueil des participants**
- 9 h 00    **Ouverture et présentation de la rencontre**  
*Dominique SATIAT, Président du CAUE 77, Vice Président du Conseil Général de Seine et Marne*  
*Jean-Pierre LE POULAIN, maire d'Avon*
- 9 h 10    **Les champignons lignivores**  
*Pierre AVERSENQ, phytopathologue*  
*Chlorophyl assistance - Toulouse*
- 10 h 10    **Les champignons parasites**  
*Jérôme JULLIEN, technicien et auteur horticole*  
*Chateauneuf sur Sarthe (49)*
- 11 h 10    **Pause**
- 11 h 30    **Les mycorhizes**  
*Ectomycorhizes et endomycorhizes*  
*Jean GARBAYE, Institut National de Recherche Agronomique de Champenoux (54)*
- 12 h 30    **Déjeuner**
- 14 h 00    **Reconnaissance des champignons dans la réserve biologique de la forêt de Fontainebleau**  
*Christian DECONCHAT, Mission d'Intérêt Général en biodiversité - ONF Fontainebleau*  
**Visite de l'arboretum de Franchard**  
*Michel ARS, ONF*
- 17 h 00    **Conclusion et fin de la rencontre**

## LES CHAMPIGNONS LIGNIVORES RENCONTRES SUR LES ARBRES D'ORNEMENT

Lors d'un diagnostic de tenue mécanique d'un arbre, le défaut le plus redouté est incontestablement la cavité. Elle résulte d'un phénomène lent et progressif de pourrissement du bois interne ... dû à des champignons lignivores.

Nombreux et variés sont les champignons capables de se développer sur un arbre vivant. Certains d'entre-eux, **les biotrophes**, se nourrissent aux dépens de ses **tissus vivants**. Quand les échanges entre l'hôte et le champignon sont réciproques, il s'agit d'une relation symbiotique (c'est le cas des mycorhizes développés sur le système racinaire des ligneux). En l'absence de réciprocité, lorsque l'hôte est spolié, il y a parasitisme (les oïdiums ou certaines rouilles sur les organes chlorophylliens). D'autres champignons par contre, les **saprophytes**, prélèvent les molécules carbonées organiques dont ils ont besoin dans les **tissus morts** d'un arbre vivant ; ce sont donc des **saprophytes d'arbres vivants**.

### 1. Parasites ou saprophytes ?

Séduisante, cette classification ne s'applique cependant pas parfaitement à tous les champignons lignivores. Certains sont des saprophytes exclusifs (*Laetiporus sulfureus* sur le chêne, *Pleurotus ostreatus* sur le peuplier ...) qui ne se développent que dans les tissus morts (bois de cœur) situés à l'intérieur de l'arbre. D'autres peuvent se comporter en parasites plus ou moins actifs capables de coloniser les organes ligneux vivants (les assises génératrices ou l'aubier) tout en conservant leur activité de saprophyte. Ce comportement est poussé à l'extrême chez les champignons nécrotrophes (cas de l'*Armillaria mellea*) qui tuent rapidement leur hôte et continuent à s'alimenter sur l'arbre mort.

Le point commun de tous ces champignons est leur activité lignivore. Dotés de systèmes enzymatiques susceptibles de s'attaquer au complexe ligno-cellulosique, ils peuvent détruire les parois lignifiées des cellules du bois. Ce sont principalement des champignons du groupe des basidiomycètes (Aphylophorales et Agaricales) et quelques ascomycètes (genre *Ustulina*, *Xylaria* ...).

### 2. La colonisation du bois

Les tissus subéreux de l'écorce des arbres constituent un obstacle infranchissable pour les champignons lignivores. Seule une discontinuité survenant au sein de cette écorce protectrice permet leur installation. Les blessures peuvent être d'origines variées : plaies de taille, choc de véhicules, casse d'une branche, tranchage des racines ... L'infection n'est cependant pas systématique : au contact de l'air, les tissus vivants se déshydratent et se sclérifient, des substances inhibitrices sont produites (en particulier des phénols), des organismes antagonistes des champignons supérieurs s'installent (*Trichoderma* ...). Enfin, l'arbre tend à cicatriser en recouvrant la zone lésée par des tissus néoformés (cal cicatriciel).

Pour de nombreux champignons lignivores la colonisation d'une plaie fraîche est impossible ; ils ont besoin de l'intervention d'organismes pionniers (bactéries, champignons inférieurs ...) qui modifient quelque peu le bois (composition chimique, teneur en eau, pH ...). Dépourvus d'activité lignivore, ces derniers « détoxifient » le bois qui sera colonisé puis dégradé ultérieurement. Ainsi, une véritable **succession microbienne** est parfois mise en évidence. D'autres champignons, notamment ceux qui sont dotés d'un certain pouvoir parasite, parviennent à s'installer directement sur des coupes fraîches sans aide extérieure, d'où l'appellation parfois utilisée de « parasites de blessure » (*Fomes fomentarius* et *Trametes versicolor* sur le platane).

Le risque infectieux dépend entre autre de l'importance de la blessure et des différentes couches de bois exposées. Il est plus élevé quand le duramen est mis à nu et si la blessure est grande.

### 3. Les différentes pourritures du bois

Lorsqu'ils sont porteurs d'enzymes cellulolytiques, les champignons s'attaquent aux chaînes de cellulose et d'hémicellulose contenues dans les parois cellulaires. La lignine étant préservée, le bois devient rouge et se fragmente en petits polyèdres réguliers très stables. La carie peut persister en l'état de nombreuses années. Cette **pourriture rouge cubique** est le fait exclusif des basidiomycètes ; elle se rencontre plus fréquemment chez les conifères (*Phaeolus schweinitzii*, *Fomitopsis pinicola* ...) que chez les feuillus (*Laetiporus sulfureus*, *Piptoporus betulinus*...).

Les **pourritures molles** sont peu répandues et semblent apparaître sur des substrats très humides ; elles proviennent de la dégradation sélective de la cellulose dans la paroi secondaire des cellules du bois. Les hyphes mycéliens sont localisés dans cette paroi secondaire et forment des tunnels et des cavités caractéristiques. La cellulose de la paroi primaire étant épargnée, la pourriture conserve une coloration claire. La carie n'évolue pas en cavité et conserve une certaine rigidité. Ces pourritures molles sont surtout occasionnées par des ascomycètes (*Ustulina deusta* par exemple).

Chez les arbres feuillus, les **pourritures** les plus fréquentes sont de **type blanche, fibreuse**. Elles résultent de l'action de champignons lignivores capables de décomposer l'ensemble des constituants du bois (lignine, cellulose et hémicelluloses). Lorsque la lignine est préférentiellement dégradée, la pourriture blanche est dite « sélective » (*Ganoderma applanatum*) ; elle est « simultanée » quand tous les composants sont attaqués en même temps (*Fomes fomentarius* sur le hêtre). A terme, tous les constituants se voient décomposés laissant alors place à une cavité.

Certains champignons parviennent à adopter sur un même hôte des stratégies de décomposition du bois différentes. Le polypore hérissé (*Innonotus hispidus*) provoque sur le platane une pourriture blanche simultanée ; pour franchir des zones de réaction élaborées par l'arbre (cellules gorgées de substances inhibitrices), il génère une pourriture molle.

### 4. L'extension des altérations internes.

L'arbre tend à s'opposer à la progression des champignons lignivores dans ses tissus grâce à ses propres mécanismes de défense : **la compartimentation**. Il est usuellement considéré que seule la zone de barrage (ou barrière 4) peut réellement mettre en échec les pourritures. Formée dans la zone cambiale présente au moment de la blessure, cette barrière chimique isole parfaitement le bois néoformé ... interdisant alors l'extension radiale de la pourriture. Dans un plan vertical, la progression du champignon reste possible. La vitesse d'extension est excessivement variable ; elle sera fonction de l'agent lignivore (*Fistulina hepatica* sur le chêne est réputée progresser très lentement), de l'essence infectée (une altération à *Inonotus hispidus* s'étend plus rapidement sur un frêne que sur un platane) et de l'état physiologique de l'hôte. Enfin pour poursuivre son activité, le champignon lignivore doit trouver des conditions environnementales favorables à son développement : un taux d'humidité élevé mais surtout de l'oxygène en abondance. A la suite d'une blessure, la cicatrisation de la plaie et sa fermeture complète appauvrit le milieu interne en oxygène et stoppe de fait le développement des agents lignivores. Ces derniers peuvent se conserver, rester à l'état « latent » pendant plusieurs années (clamydospores de *Laetiporus sulfureus*) et reprendre leur activité lorsque les conditions environnementales redeviennent favorables.

### 5. Les champignons lignivores et le diagnostic de tenue mécanique de l'arbre :

Pour identifier un agent lignivore, la fructification est indispensable dans la majorité des cas. Certains champignons émettent des carpophores vivaces susceptibles de rester en place plusieurs années (*Ganoderma resinaceum*, *Fomes fomentarius*, *Phellinus pomaceus* ...) ; quelle que soit la saison, leur détection est aisée. Il n'en est pas de même pour ceux dont les fructifications sont fugaces ; elles apparaissent au cours de l'été ou à l'automne puis disparaissent rapidement (*Meripilus giganteus*, *Laetiporus sulfureus*, *Armillaria mellea* ...). Cette identification peut aider le praticien dans sa prise de décision concernant la tenue mécani-

que de l'arbre. Les agents lignivores présentent généralement une assez forte spécialisation concernant les organes attaqués ou les zones de bois infestées. Certains colonisent l'aubier (*Trametes versicolor*, *Schizophyllum commune*, divers *Stereum* ...) et vont épargner le duramen. Ils sont donc réputés peu dangereux sauf si plus de la moitié de la circonférence de l'axe est atteinte. Plus redoutables se montrent les champignons qui s'installent préférentiellement sur la partie hypogée de l'arbre (système racinaire) ; leurs fructifications apparaissent donc au collet, sur des racines apparentes ou sous la frondaison du sujet. Pour certaines espèces, leur présence laisse envisager l'existence d'une pourriture de type « remontante » dans la base du tronc (divers *Ganoderma*, *Phaeolus schweinitzii* ...), pour d'autres, les fructifications relevées au pied de l'arbre (*Meripilus giganteus*, *Inonotus dryadeus* ...) indiquent que l'altération reste strictement localisée au plateau racinaire. Dans ce cas, des investigations au niveau des mâts racinaires seront nécessaires.

Quelques champignons rencontrés sur la partie épigée des arbres se comportent sur certains hôtes en véritables parasites pour les tissus vivants. En périphérie de l'infection, les calcs cicatriciels sont alors régulièrement détruits formant des chancres pérennants caractéristiques. La zone de barrage normalement infranchissable est ainsi contournée ; une extension radiale du foyer de pourriture reste à craindre. En raison de leur pouvoir pathogène, ces agents lignivores (*Phellinus punctatus* et *Inonotus hispidus* sur le platane par exemple) sont difficilement contenus par les mécanismes de défense de l'arbre ; l'évolution prévisible de telles altérations est défavorable.

La fructification du champignon est parfois le seul indice de la présence d'une altération interne. Des symptômes externes (bosses, renflements, épaississement du collet ...) surviennent surtout lorsqu'une pourriture blanche sélective est en cause (*Ganoderma applanatum* par exemple). Dans le cas d'une pourriture rouge cubique (*Laetiporus sulfureus*) ou molle (*Ustulina deusta*), des signes externes sont rarement visibles et les ruptures sont réputées soudaines.

Attention, il n'y a pas de « bons » ou de « mauvais » champignons lignivores. Chacun d'entre eux est susceptible de comportements très variables en fonction de son écotype, de l'hôte infecté, des conditions climatiques locales ... Il faut donc raisonner par couple hôte/champignon et ce à l'échelle de la région considérée.

### Les principaux champignons lignivores rencontrés sur les arbres d'ornement :

☞ préférentiellement sur la partie épigée (partie aérienne) :

Genre-espèce	Nom commun	Hôtes possibles
<i>Schizophyllum commune</i>	Schizopylle commun	divers feuillus
<i>Polyporus squamosus</i>	Polypore écaillé	divers feuillus
<i>Fomes fomentarius</i>	Amadouvier officinal	divers feuillus
<i>Inonotus hispidus</i>	Polypore hérissé	platane, frêne, sophora,...
<i>Inonotus tamaricis</i>	Inonotus du tamarix	tamarix
<i>Phellinus ignarius</i>	Faux amadouvier	divers feuillus
<i>Phellinus punctatus</i>	Phellin tacheté	platane, peuplier, robinier, ...
<i>Phellinus pini</i>	Phellin des pins	pin et divers conifères
<i>Phellinus pomaceus</i>	Phellin des arbres fruitiers	Prunus d'ornement
<i>Chondostereum purpureum</i>	Stereum pourpre	divers feuillus
<i>Phellinus robustus</i>	Phellin robuste	chêne
<i>Laetiporus sulfureus</i>	Polypore soufré	robinier, saule, chêne, châtaignier, ...
<i>Trametes versicolor</i>	Coriole chatoyant	divers feuillus
<i>Fistulina hepatica</i>	Fistuline hépatique	chêne, châtaignier.
<i>Piptoporus betulinus</i>	Polypore du bouleau	bouleau
<i>Fomitopsis pinicola</i>	Unguline marginée	surtout sur les conifères

☞ préférentiellement sur la partie hypogée (système racinaire, collet) :

Genre-espèce	Nom commun	Hôtes possibles
<i>Armillaria sp.</i>	Armillaire	feuillus et conifères
<i>Ganoderma lucidum</i>	Ganoderme luisant	divers feuillus
<i>Ganoderma resinaceum</i>		chêne
<i>Ganoderma adpersum</i>		divers feuillus
<i>Ganoderma applanatum</i>	Ganoderme aplani	divers feuillus
<i>Inonotus dryadeus</i> *	Inonotus du chêne	chêne
<i>Phellinus torulosus</i>	Phellin à bourrelet	divers feuillus
<i>Meripilus giganteus</i> *	Polypore géant	hêtre et chêne
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	Phéole de Schweinitz	conifères
<i>Ustulina deusta</i>	Ustuline brûlée	divers feuillus
<i>Haploporus cytisinus</i>	Haplopore du frêne	divers feuillus
<i>Grifola frondosa</i>	Polypore en touffe	divers feuillus

\* développement exclusif sur le système racinaire, la pourriture ne remonte pas dans la base du tronc.

## L'amadouvier ou l'unguline allume-feu (*Fomes fomentarius*).

**Hôtes** : de nombreux feuillus : platane, hêtre, bouleau, peuplier, chêne, marronnier, tilleul, érable ...



Chapeau coriace dont la face inférieure est brun fauve ; il s'est développé à partir d'une nervure.



Fructifications massives comportant des sillons concentriques marqués (superposition de couches de tubes).

**Description de la fructification** : elle est vivace et coriace. Dimidiée, en forme de sabot de cheval, bossue au sommet, elle apparaît le plus souvent isolée et reste dépourvue de pied. Le chapeau mesure de 10 à 40 cm de diamètre (certains spécimens peuvent dépasser 50 cm !) pour une épaisseur de 10 à 20 cm. La face supérieure, de teinte gris pâle puis gris foncé à ocre en vieillissant, est gravée de sillons concentriques formant une succession de bourrelets. Ils correspondent à la superposition des couches de tubes fins qui se forment lors de chaque vague de croissance. Leur décompte permet donc de connaître assez précisément l'âge de la fructification. La face inférieure est grise à brun fauve. La chair, dure comme du bois, a une consistance liégeuse, fibreuse. Écrasée puis bouillie avec du salpêtre, elle était utilisée autrefois pour la confection de mèches à briquets. La sporée émise est de teinte blanche.

**Période de fructification** : les chapeaux pérennants sont visibles toute l'année. La fructification est active du printemps jusqu'à l'automne.

**Type de pourriture** : une pourriture blanche fibreuse.

**Partie de l'arbre attaquée** : principalement la partie aérienne : tronc et charpentières.

**Moyens de détection** : la présence de l'amadouvier se détecte facilement sur un arbre. La fructification du champignon, assez volumineuse et nettement en relief, persiste toute l'année. Le mycélium provoque des fissures radiales internes qui génèrent à l'extérieur de l'arbre de longues nervures longitudinales lorsqu'elles gagnent les tissus périphériques. Les fructifications de l'amadouvier apparaissent souvent au niveau d'une nervure qui constitue un « point de sortie » pour le champignon. Sur les essences à écorce lisse et fine, comme le platane ou le hêtre, ces symptômes sont facilement décelables mais ils restent discrets sur les essences à écorce épaisse. La sonorité obtenue en frappant avec un maillet est généralement très sourde ; elle résulte des décollements de cernes et de la fissuration « en étoile » sans qu'une importante dégradation du bois ne soit systématiquement présente.



Chaque nervure visible à l'extérieur correspond à une fissure radiale. Ces nervures se sont probablement formées à la suite de décollements de cernes survenus dans les tissus internes (plaque mycélienne blanche).



Nervures marquées sur le tronc d'un platane.

## Les phellins (*Phellinus* sp.)

Il en existe plusieurs espèces et les plus fréquentes sur les arbres d'ornement sont : le **phellin tacheté** (*Phellinus punctatus*) et le **phellin des arbres fruitiers** (*Phellinus pomaceus*).

**Hôtes** : de nombreux feuillus : le platane et le robinier pour le phellin tacheté et les Prunus d'ornement pour le phellin des arbres fruitiers.



Fructifications discrètes de type résupiné (plaquées sur les écorces). Elles apparaissent sur les tissus nécrosés ; elles ont un aspect de « peau de chamois » (toute l'année).



Chapeaux du phellin des arbres fruitiers.

Jeune chancre occasionné par le phellin. La régression régulière des cals cicatriciels est nettement visible (aspect « tôle ondulée »)

**Description des fructifications** : elles sont vivaces et coriaces. La fructification du **phellin tacheté** est nettement résupinée et tapisse le support sur lequel elle se développe ; elle forme des « taches » de teinte brun fauve correspondant à la surface active. Les carpophores du **phellin des arbres fruitiers** sont plus épais tout en restant le plus souvent plaqués sur les écorces. Ils forment des nodules arrondis.

**Période de fructification** : les chapeaux pérennants sont visibles toute l'année.



**Type de pourriture** : une pourriture blanche fibreuse.

**Partie de l'arbre atteinte** : la partie aérienne : tronc, charpentières et branches.

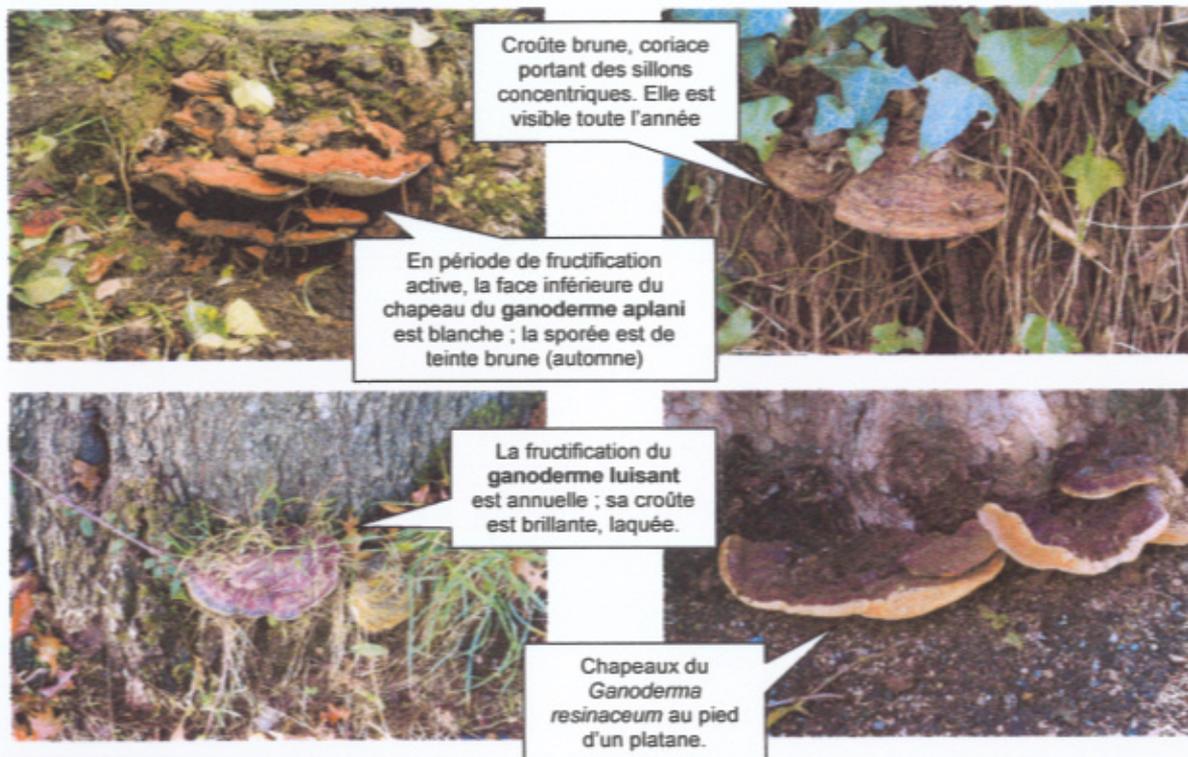
**Moyens de détection** : les carpophores, visibles toute l'année, constituent le moyen privilégié pour détecter la présence des **phellins**. Très discrètes, les fructifications résupinées du **phellin tacheté** passent souvent inaperçues. C'est la présence d'une zone cancreuse en forme de « fuseau », parfois très étendue, qui permet de le mettre en évidence. Ce chancre pérennant comporte une succession de cals cicatriciels qui régressent d'année en année (aspect de « tôle ondulée »).

Chancre étendu à phellin tacheté sur des platanes. Les cals cicatriciels régressent régulièrement formant une succession régulière de rides sur les écorces.

## Les ganodermes (*Ganoderma* sp.)

Il en existe plusieurs espèces et les plus fréquentes sont le **ganoderme aplani** (*Ganoderma applanatum*) et le **ganoderme luisant** (*Ganoderma lucidum*).

**Hôtes** : de nombreux feuillus : platane, hêtre, bouleau, peuplier, chêne, marronnier, tilleul, érable ...



**Description des fructifications** : elle est vivace et coriace pour le **ganoderme aplani**. Le carpophore comporte plusieurs couches de tubes superposées (stratification). Le chapeau étalé et nettement aplani peut mesurer jusqu'à 30 cm de diamètre. La face supérieure souvent bosselée a une couleur brun chocolat. La face inférieure est blanche.

Bien que coriace, la fructification du **ganoderme luisant** est annuelle. De 5 à 15 cm de diamètre et de forme arrondie et aplanie, le chapeau est revêtu d'une croûte brune, brillante comme de la laque. Il est porté par un pied parfois assez long et vernissé formant un angle droit avec la console.

**Période de fructification** : les chapeaux pérennants du **ganoderme aplani** sont visibles toute l'année. La fructification du **ganoderme luisant** apparaît de juin à novembre. Les vieux chapeaux se désagrègent très lentement ; ils persistent souvent plus d'une saison au pied de l'arbre.

**Type de pourriture** : une pourriture blanche fibreuse.

**Partie de l'arbre attaquée** : principalement le système racinaire ; la pourriture remonte à la base du tronc (collet).

**Moyens de détection** : une observation attentive du collet de l'arbre permet de détecter la présence des fructifications des ganodermes. Elles apparaissent préférentiellement entre les contreforts racinaires juste au niveau du sol. Il faut souvent dégager l'herbe ou le lierre au pied des arbres. Sur un fond de terre, les « croûtes brunes » des ganodermes se détachent difficilement. La période d'observation idéale reste l'automne. Les arbres atteints développent souvent un empatement basal excessif (« culot de bouteille »).



# Les champignons parasites des arbres

*Observer, diagnostiquer, juger, éventuellement traiter*

Par Jérôme Jullien, technicien et auteur horticole – Juin 2003

## Éléments de mycologie

Au XVII<sup>e</sup> siècle, les gens attribuaient le mildiou, la rouille et le charbon à l'emprise maléfique de certains astres. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le grand naturaliste suédois Karl von Linné créait la nomenclature binomiale, système comportant, pour désigner chaque créature vivante (animaux et végétaux) l'attribution d'un nom de genre et d'un nom d'espèce. Cette méthode est toujours utilisée de nos jours par les scientifiques du monde entier. Elle permet notamment la classification (taxonomie) des champignons.

Les champignons sont des végétaux primitifs, non vasculaires, généralement microscopiques, dépourvus de chlorophylle ou de tout autre pigment assimilateur. Ils ne possèdent aucun support apparent, ni tronc, ni racine, ni tige. Ils sont exempts de feuille, de fleur, de graine, et de système différencié pour la circulation de l'eau et des substances nutritives.

Tous les champignons sont hétérotrophes comme les animaux et certaines plantes supérieures parasites (cuscute, orobanche rameuse). Ils se nourrissent de substances organiques vivantes ou mortes car sont incapables d'en fabriquer à partir des seuls éléments minéraux. Ils empruntent au milieu extérieur les matières organiques oxydables qui sont pour eux source d'énergie et pourvoyeur de carbone.

Les champignons sont, selon les espèces, parasites (les plus nuisibles aux arbres = pathogènes, 8000 espèces environ), saprophytes (dont parasites facultatifs, 100 000 espèces environ) ou symbiotiques.

## Maladies fongiques des arbres

Les arbres cultivés, feuillus et conifères, sont exposés à de nombreuses maladies fongiques intimement liées au biotope et aux interventions humaines. La concentration d'espèces végétales en un même lieu constitue un important facteur épidémiologique, spécialement pour les végétaux de même famille botanique.

Parmi les ennemis communs des arbres, se distinguent d'une part, des cryptogames polyphages comme les verticillioses (*Verticillium albo-atrum*, *V. dahliae*), et d'autre part, des parasites spécifiques. Par exemple, la maladie des taches rouges du marronnier dite black-rot (*Guignardia aesculi*). Leur nuisance est fonction des symptômes qu'ils occasionnent, de leur potentiel biologique de dissémination et des paramètres influant leur développement.

Les champignons dits de faiblesse ou de blessure, comme *Phomopsis* sp., sont virulents si l'arbre est cultivé dans de mauvaises conditions. En revanche, un arbre installé dans un milieu de vie adéquat développe un système de défense naturel contre les mycoses. L'apparition d'une maladie fongique peut être due à une rupture de l'équilibre entre l'agressivité du champignon parasite et la résistance à l'infection opposée par la plante.

Outre les maladies endémiques, il existe des champignons nuisibles classés de quarantaine par la réglementation européenne. Tous sont recherchés en pépinières, certains en plantations. Leur découverte entraîne des mesures d'éradication rapide pour éviter leur dissémination sur le territoire communautaire (chancre coloré du platane, chancre à *Cryphonectria parasitica* sur châtaignier et chêne, chancre à *Anisogramma anomala* du noisetier, rouille à *Melampsora medusae* du peuplier et des conifères à aiguilles, mort brutale du chêne à *Phytophthora ramorum*).

Les champignons appartiennent au règne des *Fungi* (*Mycota*) = *Thallophytes*. Dans leur biologie, à la phase de développement de l'individu (forme végétative ou asexuée. Ex. conidies, zoospores), succède celle de reproduction et de dissémination intéressant la propagation de l'espèce (forme sexuée permettant la formation d'un œuf puis la création d'une spore). Chez les Ascomycètes, par exemple, la reproduction sexuée produit des ascospores (spores créées dans des asques).

En ce qui concerne l'appareil végétatif, le thalle est le plus souvent formé de filaments cloisonnés ou non (hyphes), dont l'ensemble constitue le mycélium (filament germinatif très fin né d'une spore fongique, sécrétant des enzymes lui permettant d'absorber les matières organiques étrangères). Les

filaments du thalle des champignons supérieurs peuvent s'associer pour composer des structures plus ou moins complexes, mais jamais de véritables tissus semblables à celui des plantes supérieures : cordons, rhizomorphes (cordons ressemblant à des racines), sclérotés (partie externe = cortex et partie centrale = medulla), pseudosclérotés (pas de différence entre cortex et medulla), stromas (coussinet en croûte), carpophore des champignons à chapeau (polypores), périthèces (Ascomycètes), chlamydospores (spores végétatives spéciales de certains *Pythium* ou *Fusarium*, à paroi épaisse et chargée de substances nutritives).

Ces formes de résistance des champignons phytopathogènes facilitent leur conservation et leur propagation ultérieure. Elles constituent l'inoculum primaire. A maturité, les vecteurs (pluie, eau de ruissellement, éclaboussures, vent, nématodes, myriapodes, insectes, oiseaux, activités humaines) assurent la dissémination des spores infectieuses par voie aérienne (rouille, oïdium, *Botrytis cinerea*, etc.), tellurique (verticilliose, etc.), aquatique (*Phytophthora cinnamomi*, *Pythium*, *Colletotrichum*) ou sous-corticale (graphiose, chancres). Puis, le champignon pénètre dans les tissus végétaux (contamination). La température et l'humidité conditionnent le développement du champignon. Le processus parasitaire débute avec l'infection (prélèvement de substances chez l'hôte), se poursuit avec l'incubation (invisible) et exprime différents symptômes : malformation, jaunissement, dessèchement, flétrissement, chute de feuilles, nécrose, pourriture. Les fructifications sont diverses : pulvéulence, croûte, pycnides, etc. Une maladie fongique est considérée comme grave si elle atteint les fonctions vitales de l'arbre.

### **Arboriculture et champignons parasites**

Le gestionnaire d'espaces verts doit connaître les exigences et les sensibilités de ses arbres pour prévenir les maladies cryptogamiques.

#### Aspects cultureux

- Habitat naturel, époque de plantation, type de sol (dont pH), exposition par rapport au soleil.
- Distance suffisante entre les arbres pour limiter le confinement de végétation favorable aux épiphyties.
- Besoins nutritifs : amendements organiques, mycorhizes, fertilisation raisonnée.
- Arrosage : irrigation localisée en début de culture, valorisation du paillage.
- Conduite : l'élagage excessif et les tailles réalisées sur des arbres peu vigoureux les exposent aux champignons parasites comme *Fusarium lateritium*. La pulvérisation d'un fongicide de contact après la coupe (si réalisée au stade dormant) prévient la contamination. La taille en vert est peu propice aux infections. Lorsque le bois pleure; il s'oppose à la germination des spores.

#### Aspects non parasitaires

- Prendre en compte les sensibilités des arbres : chlorose, gel, sécheresse, vent violent, excès d'eau, échaudure, neige, grêle, embruns, sel, pollution, désherbants, etc.

#### Assurance sanitaire

- Utilisation de plants sains.
- Génétique : culture de variétés tolérantes ou résistantes.

#### Veille parasitaire

- Etat des lieux propre à chaque site.
- Consultation quotidienne de la météo.
- Surveillance visuelle régulière, détection des anomalies.
- Couples plantes hôtes/parasites.
- Diagnostic associé à des repères biologiques sur les champignons nuisibles.

#### Prophylaxie, assainissement

- Action sur l'inoculum primaire.
- Désinfection des outils de taille et d'élagage.
- Intervention sur les vecteurs : épareuse, tondeuse, puceron, scolyte, etc.
- Traitements fongicides autorisés, notamment recommandés au stade juvénile.

## Principaux champignons parasites des arbres

Genres	Noms communs	Biologie	Plantes hôtes	Symptômes	Traitements fongicides
<b>Fonte des semis, mildious, pourriture du collet et des racines, chancres suintants</b>					
<i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Peronospora</i> .	Fonte des semis, pourriture des racines et du collet, maladie de l'encre, gommose des agrumes, mildious, mort brutale du chêne.	Optimum de contamination avec des températures voisines de 20°C et une forte humidité. Endophyte intercellulaire. Plonge des suçoirs entre les cellules végétales (mildiou) ou intracellulaire ( <i>Pythium</i> ). Conservation dans le sol, sur les débris végétaux.	Arbres feuillus et conifères dont <i>Alnus</i> , <i>Araucaria</i> , <i>Cedrus</i> , <i>Cryptomeria</i> , <i>Chamaecyparis</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Taxus</i> , <i>Pinus</i> , <i>Acer</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Paulownia</i> , <i>Malus</i> , <i>Rhododendron</i> , <i>Sophora</i> .	Manque à la levée, pourriture des boutures, décoloration du feuillage, brunissement des racines et du collet, dépérissement complet.	Désinfection du sol (pleine terre) avec du dazomet ou oxyquinoléine. Culture hors-sol, traitement du substrat avec un fongicide systémique à base de furalaxyl, oxadixyl, cymoxanil ou fosétyl-aluminium, dimétomorphe ou propamocarbe HCl. Contre le mildiou des parties aériennes, pulvérisation de mancozèbe en complément.
<b>Pourritures, nécroses</b>					
<i>Botrytis</i> , <i>Monilia</i> , <i>Botryotinia</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Ciborinia</i> .	Pourriture grise, maladie de la toile, maladie des bouts en crosse du romarin, monilioses, sclérotinioses.	Conservation dans le sol sous forme de sclérotés. Contaminations avec une humidité élevée.	Arbres, feuillus et conifères.	Pourriture blanche ou grise, nécrose des tissus, momification des boutons floraux.	Lutte culturale et prophylaxie sont fondamentales. Lutte chimique : dichlofluanide.
<b>Rouilles</b>					
<i>Melampsora</i> , <i>Melampsorium</i> , <i>Phragmidium</i> , <i>Cronartium</i> , <i>Gymnosporangium</i> , <i>Puccinia</i> , <i>Uromyces</i> , <i>Cronartium</i> , <i>Cumminsia</i> , <i>Chrysomyxa</i> , <i>Triphragmium</i> , <i>Coleosporium</i> , <i>Phaeocryptopus</i> , <i>Tranzschelia</i> , <i>Thekospora</i> .	Rouilles, dorge, chaudron, maladie à éclipse de l'épicéa.	Contaminations secondaires (urédospores) lors des pluies contaminatrices ou arrosages par aspersion. Hôtes alternants pour certaines rouilles comme le bouleau et le mélèze avec <i>Melampsorium betulinum</i> .	Arbres feuillus et conifères dont <i>Amelanchier</i> , <i>Arbutus</i> , <i>Betula</i> , <i>Populus</i> , <i>Prunus</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Salix</i> , <i>Abies</i> , <i>Larix</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Pseudotsuga</i> .	Pustules orangées puis noires face inférieure des feuilles, pétioles et jeunes tiges. Pousses déformées, vésicules sur l'écorce du pin.	Lutte chimique : mancozèbe, cyproconazole, triadiméno, myclobutanil.
<b>Oïdiums</b>					
<i>Erysiphe</i> , <i>Leveillula</i> , <i>Microsphaera</i> , <i>Phyllactinia</i> , <i>Podosphaera</i> , <i>Sawadaea</i> , <i>Sphaerotheca</i> , <i>Uncinula</i> .	Oïdiums, blancs.	Parasite obligatoire ectophyte. Vit à la surface des tissus vivants et s'alimente avec des suçoirs. Les rosées matinales et brouillards lui sont profitables.	Arbres feuillus, dont <i>Acer</i> , <i>Lagerstroemia</i> , <i>Malus</i> , <i>Prunus</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Quercus</i> .	Feutrage blanc poudreux sur feuilles et jeunes pousses. Déformation et perforation du limbe sur laurier-cerise.	Soufre, krésoxim-méthyl (chêne), dinocap, triforine, bupirimate, dodémorphe, biteranol, propiconazole, triadiméno, myclobutanil.
<b>Cloques, balais de sorcière</b>					
<i>Taphrina</i> .	Cloques, balai de sorcière du cerisier et merisier.	Contaminations lors des printemps frais et humides.	<i>Populus</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Prunus</i> .	Cloques foliaires, prolifération de rameaux (balai de sorcière).	Bouillie bordelaise au stade dormant des arbres. Ziram, thirame ou doguadine dès le

					débourrement et au cours du développement des feuilles.
<b>Maladies des taches brunes</b>					
<i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Apiognomonina</i> , <i>Blumeriella</i> , <i>Cercospora</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Cylindrosporium</i> , <i>Discula</i> , <i>Entomosporium</i> , <i>Glomerella</i> , <i>Gnomonia</i> , <i>Guignardia</i> , <i>Lophodermium</i> , <i>Marssonina</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Pestalozzia</i> , <i>Phoma</i> , <i>Phyllosticta</i> , <i>Rhynchospora</i> , <i>Septoria</i> , <i>Sphaeloma</i> , <i>Sphaeropsis</i> , <i>Spilocaea</i> , <i>Venturia</i> .	Alternarioses, ascochytes, anthracoses, cercosporiose, maladie des taches concentriques, entomosporioses, black-rot du marronnier, septoriose, tavelures, brunissement des feuilles de peuplier, taches noires du rosier.	Contaminations primaires et secondaires, incubation, fructifications et émission de spores infectieuses.	Nombreux arbres feuillus et conifères.	Plages brunes, ovales ou circulaires sur les feuilles, chute prématurée.	Fongicide cuprique (bouillie bordelaise) à la chute des feuilles et en pré-débourrement pour les arbres à feuillage caduc. Maladies diverses des arbres d'ornement : myclobutanil, triadiménol, dinocap, mancozèbe. Anthracnose du platane et brunissement des feuilles de peuplier : cyproconazole, myclobutanil.
<b>Maladies de dépérissement et chancres</b>					
<i>Chondrostereum purpureum</i> , <i>Armillaria</i> , <i>Cylindrocarpon</i> , <i>Rhizoctonia</i> .	Plomb parasitaire, pourridiés, pourriture racinaire, rhizoctone.	Infection fongique du collet et/ou des racines.	Arbres feuillus et conifères. Le plomb parasitaire s'attaque aux <i>Prunus</i> .	Racines contaminées, non fonctionnelles. Mort des parties aériennes.	Désinfection du sol à l'oxyquinoléine ou au formol.
<i>Anisogramma</i> , <i>Cryphonectria</i> , <i>Dothichiza</i> , <i>Nectria</i> , <i>Fusarium lateritium</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Volutella</i> ( <i>Pseudonectria</i> ), <i>Seiridium</i> , <i>Cytospora</i> , <i>Botryosphaeria</i> , <i>Coryneum</i> .	Chancres, maladie du corail.	Infection des blessures, plaies de taille, de grêle, gélivures, piqûres d'insectes. Dissémination aérienne des spores.	Arbres feuillus et conifères dont <i>Castanea</i> , <i>Corylus</i> , <i>Albizia</i> , <i>Malus</i> , <i>Prunus</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Salix</i> , <i>Populus</i> , <i>Sophora</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Sequoiadendron</i> .	Nécroses, crevasses jusqu'au bois de cœur (ulcère). Dépérissement des rameaux et troncs.	Bouillie bordelaise en hiver et après une violente averse de grêle pour favoriser la cicatrisation. Mancozèbe en végétation.
<b>Maladies vasculaires, trachéomycose</b>					
<i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>V. dahliae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Ceratocystis fimbriata</i> , <i>C. ulmi</i> (= <i>Graphium ulmi</i> ).	Verticillioses, fusariose vasculaire, chancre coloré du platane, graphiose de l'orme.	Champignon vasculaire. Contamination par les racines. Envahissement des vaisseaux. Conservation dans le sol sous forme de mycélium ou de sclérotés.	Arbres feuillus dont <i>Acer</i> , <i>Aesculus</i> , <i>Albizia</i> , <i>Catalpa</i> , <i>Paulownia</i> , <i>Rhus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Ulmus</i> .	Dépérissement brutal, brunissement des cernes du bois. Les feuilles mortes restent attachées aux rameaux.	Aucune méthode de lutte chimique n'a montré d'effet curatif. Le carbendazime et le benomyl, autorisés sur arbres fruitiers du genre <i>Prunus</i> , peuvent limiter son développement en traitement préventif.

## Applications pratiques des connaissances sur les symbioses mycorhiziennes des arbres

Jean Garbaye

Unité mixte INRA-UHP Interactions Arbres-Microorganismes

F54280 Champenoux

[garbaye@nancy.inra.fr](mailto:garbaye@nancy.inra.fr)

Dans les sols naturels, les arbres comme la quasi-totalité des plantes sont fortement dépendants des symbioses mycorhiziennes, c'est-à-dire des associations obligatoires et à bénéfice mutuel entre les racines et des champignons microscopiques du sol. Les organes mixtes ainsi formés sont appelés *mycorhizes* et le mycélium externe du champignon, qui colonise le sol à grande distance des racines, assure l'essentiel de l'absorption d'eau et d'éléments minéraux et leur transfert à l'arbre ; il fournit aussi à l'arbre des régulateurs de croissance et protège les racines contre les agents pathogènes. De plus, la plupart des familles d'arbres forestiers sociaux des régions tempérées (Pinacées, Fagacées, Bétulacées, Salicacées) portent un type particulier de mycorhizes, les *ectomycorhizes*, d'une morphologie caractéristiques et dues à des champignons Ascomycètes et Basidiomycètes supérieurs (russules, bolets, lactaires, cortinaires, sclérodermes, chanterelles, truffes, etc.).

Le statut mycorhizien des arbres à ectomycorhizes, appartenant donc aux familles précitées (pins, épicéas, sapins, chênes, hêtre, tilleuls, peupliers, etc.) est donc décisif pour leur survie et leur croissance —aussi bien qualitativement que quantitativement—, et doit de ce fait être une préoccupation majeure pour les forestiers, les paysagistes ou les gestionnaires de plantations urbaines.

On regroupe sous le terme de *mycorhization contrôlée* toutes les techniques de maîtrise des associations mycorhiziennes des arbres par inoculation avec des espèces fongiques précises, voire avec des souches pures permettant de mieux tirer parti des performances de certains isolats sélectionnés (Garbaye, 1991). En effet, le principe de la mycorhization contrôlée repose sur l'observation que, toutes choses égales par ailleurs (espèce d'arbre, conditions environnementales, méthode de gestion, etc.), l'efficacité de la symbiose en termes d'amélioration de croissance des arbres varie considérablement suivant le champignon associé, ouvrant la voie à la sélection. Cela est possible parce que la plupart des champignons ectomycorhiziens peuvent être cultivés *in vitro*, et que l'on peut donc produire industriellement des cultures pures de mycélium destinées à l'inoculation des pépinières (Le Tacon *et al.*, 1992).

Paradoxalement, la toute première application commerciale au monde de la mycorhization contrôlée, dans les années 60 en France par Grente et Chevalier, a eu pour objectif non pas l'amélioration de la vigueur des arbres mais la production des fructifications comestibles et à haute valeur marchande d'un champignon associé : c'est l'histoire de la culture de la truffe.

Pour ce qui concerne la sylviculture, la première application commerciale à grande échelle dans les pépinières et les plantations forestières a vu le jour aux Etats-Unis dès les années 70, d'abord dans le sud-est avec les pins et *Pisolithus tinctorius*, puis dans le nord-ouest avec le Douglas et *Rhizopogon vinicolor* (Marx & Cordell, 1988). Actuellement, plus de 15 millions de plants sont inoculés annuellement au Etats-Unis. Plus récemment, dans les années 90, s'est développée en France la production commerciale de plants de Douglas inoculés par *Laccaria bicolor* (Alvarez *et al.*, 1994 ; Généré *et al.*, 1997). De nombreux autres programmes de

recherche sur la mycorhization contrôlée des plantations forestières sont en cours dans le monde et portent sur des essences et des systèmes de sylviculture très divers, par exemple chênes en France (Garbaye & Churin, 1997) et en Allemagne, eucalyptus en Australie et au Brésil, épicéa en Finlande, pin aux Philippines, Douglas et pin pignon en Espagne. Il est donc probable que de nouvelles applications commerciales voient le jour très prochainement.

Ces succès de la mycorhization contrôlée en sylviculture ont récemment amené les chercheurs à s'interroger sur la possibilité de valoriser la même approche dans un domaine très différent de la gestion des arbres : l'arboriculture ornementale. Les conditions y sont *a priori* très favorables du fait des contraintes de coût bien moindres qu'en forêt. Cependant, pour prendre les conditions extrêmes, les arbres d'ornement plantés en ville le long des rues subissent des conditions de sol très différentes de celles qui prévalent en forêt, et le plus souvent défavorables : remblais ou matériau rapporté, anoxie par compaction, ennoiement ou fuites de gaz, toxicité des sels de déneigement, confinement des racines dans un volume insuffisant, etc. Par contre, la disponibilité en éléments nutritifs majeurs est rarement limitante du fait même de l'anthropisation de ces sols et de l'apport continu de déchets au pied des arbres (excréments de chiens, litière urbaine).

La première question qui se pose est donc celle de la dépendance des arbres urbains aux symbioses ectomycorhiziennes, par rapport à celle de leurs homologues dans les écosystèmes naturels ou peu anthropisés : les nutriments étant plus abondants mais les autres conditions physicochimiques moins favorables au développement des racines et des champignons, la symbiose est-elle toujours aussi nécessaire ? Deux études récentes sur le tilleul (*Tilia cordata*) menées en France (Fienena, Churin & Garbaye, non publié) et au Danemark (Nielsen & Rasmussen, 1999) permettent de conclure que les contraintes environnementales propres au milieu urbain sont distribuées de façon très hétérogène et sélectionnent des espèces de champignons symbiotiques spécialisés de ces milieux particuliers et tolérantes aux facteurs adverses. Par conséquent, lors de la sélection de souches destinées à la mycorhization contrôlée des arbres urbains, on devra *a priori* attendre de meilleurs résultats avec des isolats de ville qu'avec ceux sélectionnés pour leurs performances dans les plantations forestières.

Une deuxième question est d'ordre pratique : la performance des plantations urbaines, c'est-à-dire la survie, la robustesse et la santé des arbres ainsi que la qualité esthétique de leur feuillage, peut-elle être améliorée en jouant sur les symbioses mycorhiziennes, par exemple par inoculation artificielle de souches fongiques sélectionnées ? Autrement dit, peut-on extrapoler en ville l'expérience acquise en forêt en matière de mycorhization contrôlée ? Nos premiers résultats obtenus en France à L'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) sur tilleul (*Tilia tomentosa*) et sur noisetier de Byzance (*Corylus colurna*) en partenariat avec la Ville de Paris montrent que certaines souches fongiques, en particulier de l'espèce *Paxillus involutus*, procurent une croissance plus rapide des jeunes plantations et surtout une meilleure tenue du feuillage en automne (Garbaye & Churin, 1996 et non publié). Il est donc démontré que la mycorhization contrôlée, mise au point dans le domaine forestier, peut également être envisagée avec bénéfice dans le cas des plantations urbaines (Garbaye *et al.* 2000).

Enfin, plus récemment et toujours en partenariat avec la Ville de Paris et à la demande de son service des espaces verts, nous avons commencé à expérimenter sur une approche différente : l'inoculation mycorhizienne sur de très vieux arbres de valeur patrimoniale mais commençant à entrer dans la phase de sénescence et de dépérissement, dans le but de leur redonner de la vigueur et de prolonger leur fonction esthétique. La difficulté est plus grande car la compétition de la part des symbiotes déjà installés est beaucoup plus intense que lors de l'inoculation de jeunes arbres en pépinière où à la plantation. Nos premiers résultats (non publiés) sur hêtre (*Fagus sylvatica*) et tilleul (*Tilia cordata*) avec une souche de *Paxillus involutus* sont extrêmement encourageants car ils montrent qu'il est en effet possible de

modifier au moins temporairement le statut mycorhizien des racines superficielles. De nouveaux essais sont actuellement mis en place pour évaluer la durée de la modification et son impact sur la vigueur des arbres.

En conclusion, les quatre dernières décennies ont vu la multiplication et la diversification des recherches appliquées dans le domaine des ectomycorhizes des arbres forestiers. Ceci a conduit à un certain nombre d'applications commerciales en sylviculture, puis à des essais d'extension au domaine de l'arboriculture urbaine. Ces derniers sont très encourageants et devraient occasionner un regain de recherches dans ce secteur en rapide développement technologique et économique.

## Références citées

- Alvarez, I.F., Parladé J., Pera, J., Espinel, S., Bouchard, D. & Le Tacon, F. 1994. Performance of bare-root Douglas-Fir seedlings inoculated with *Laccaria bicolor* S238 five years after field outplanting. Proceedings of the Fourth European Symposium on Mycorrhizas, Granada (Spain).
- Danielson R M & Pruden M, 1989. The ectomycorrhizal status of urban spruce. *Mycologia* 81(3), 335-341.
- Garbaye J, 1991. Utilisation des mycorhizes en sylviculture. In: Les mycorhizes des arbres forestiers et des plants cultivées, DG Strullu edit., Lavoisier, Paris. 197-242.
- Garbaye j, Churin JL, 1996. Effect of ectomycorrhizal inoculation at planting on growth and foliage quality of *Tilia tomentosa*. *Journal of Arboriculture* 22(1), 29-34.
- Garbaye J & Churin JL, 1997. Growth stimulation of young oak plantations inoculated with the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* with special reference to summer drought. *Forest Ecology and Management* (in press).
- Garbaye J, Lohou C, Laurent P, Churin JL, 2000. Controlled mycorrhization of urban trees. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für land- und Forstwirtschaft* 370, 249-252.
- Le Tacon F, Alvarez I F, Bouchard D, Henrion B, Jackson RM, Luff S, Parlade JI, Pera J, Stenström E, Villeneuve N, Walker C. 1992. Variations in field response of forest trees to nursery ectomycorrhizal inoculation in Europe. In: Read DJ, Lewis DH, Fitter AH, Alexander IJ, eds. *Mycorrhizas in Ecosystems*. CAB International, UK, 119-134.
- Marx, D.H. & Cordell, C.E. 1988. Specific ectomycorrhizae improve reforestation and reclamation in the eastern United States. Canadian Workshop on Mycorrhizae in Forestry, M. Lalonde and Y. Piché edit. Université Laval, Québec (Canada).
- Nielsen JS, Rasmussen HN, 1999. Mycorrhizal status and morphotype diversity in *Tilia cordata* – A pilot study of nurseries and urban habitats. In : Proceedings of the International Symposium on Urban Tree Health (M. Lemattre, P. Lemattre and R. Lemaire), *Acta Horticulturae* 496, 451-459.
- Smiley ET, Marx DH, Fraedrich BR, 1997. Ectomycorrhizal fungus inoculation of established residential trees. *Journal of arboriculture* 23(3), 113-115.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Wayne A. SINCLAIR, Howard H. LYON et Warren T. JOHNSON.  
1987. Diseases of trees and shrubs.  
COMSTOCK PUBLISHING ASSOCIATES. 574 p.

Warren T. JOHNSON et Howard H. LYON. 1988.  
Insects that feed on trees and shrubs.  
COMSTOCK PUBLISHING ASSOCIATES.

Terry A. TATTAR. 1989.  
Diseases of shade trees.  
ACADEMIC PRESS. 391 p.

G. CHAUVEL, N. COURPET, J.P. VIGOUROUX, C. BUJADOUX. 1995  
Guide Phytosanitaire « Espaces Verts »  
Service régional de la Protection des Végétaux « Midi-Pyrénées » - 31130 BALMA

L. MAILLET, C. BOURGERY. 1993.  
L'Arboriculture Urbaine et Annexes.  
I.D.F.

F. NIENHAUS, H. BUTIN et B. BÖHMER. 1996  
Guide des maladies des arbres - Parcs et Jardins  
ULMER

R.G. STROUTS and T.G. WINTER. 1994  
Diagnosis of ill-health in trees  
Forestry Commission

C. JACQUIOT. 1978.  
Ecologie des champignons forestiers.  
GAUTHIERS-VILLARS. 94 p.

R. DAJOZ. 1980.  
Ecologie des insectes forestiers.  
GAUTHIERS-VILLARS. 489 p.

Nelda P. MATHENY et James R. CLARK. 1994.  
Evaluation of hazard trees in urban areas. Second Edition  
INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. 85 p.

D.H. PHILLIPS et D.A. BURDEKIN. 1982.  
Diseases of forest and ornamental trees.  
MACMILLAN PRESS.

J.F. ABGRALL et A. SOUTRENON. 1991.  
La forêt et ses ennemis.

CEMAGREF GRENOBLE. 399 p.

R. JOLY. 1976.

Les insectes ennemis des pins.

ENGREF. Centre de NANCY.

Volume 1. 222 p.

Pascal P. PIRONE. 1978.

Diseases and Pests of Ornamental Plants.

WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION. 566 p.

Alex SHIGO, Klaus VOLLBRECHT et Niels HVASS. 1987.

Biologie et soins de l'arbre.

I.D.F. 135 p.

L. LANIER, P. JOLY, P. BONDOUX et A. BELLEMERE.

Mycologie et pathologie forestière :

Tome 1 : Mycologie forestière. 1978.

Tome 2 : Pathologie forestière. 1976.

MASSON.

André TRACOL et Gérald MONTAGNEUX. 1985.

Les maladies des plantes ornementales.

M.A.T. Editeur.

André TRACOL et Gérald MONTAGNEUX. 1987.

Les animaux nuisibles aux plantes ornementales.

M.A.T. Editeur.

Imre VEGH. 1987.

Champignons des arbres et arbustes d'ornement.

I.N.R.A.

HARTMAN, NIENHAUS et BUTIN. 1991.

Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers.

I.D.F.

Janine M. BENYUS. 1983.

Christmas tree pest manual.

U.S.D.A.

Jerry W. RIFFLE et Glenn W. PETERSON. 1986.

Diseases of trees in the Great Plains.

U.S.D.A.

David V. ALFORD. 1994.

Ravageurs des végétaux d'ornement, arbres, arbustes, fleurs.

INRA Editions

J.P. BIGRE, J.C. MORAND et M. THARAUD. 1987.

Pathologie des cultures florales et ornementales.

TEC et DOC LAVOISIER.

E. WESTPAHL, R. BRONNER et P. MICHLER. 1987.

Découvrir et reconnaître les galles.

DELACHAUX et NIESTLE.

Guide pratique de défense des cultures. 1990.

A.C.T.A. PARIS.

André MARCHAND. 1974.

Champignons du Nord et du Midi. Tome 3 et 4.

HACHETTE.

J. BREITENBACH et F. KRÄNZLIN. 1986.

Champignons de Suisse. Tome 2

Edition Mykologia. Lucerne.

C. MATTHECK et H. BRELOER. 1998.

The body language of trees

The Stationery Office. London.

F.W.M.R. SCHWARZE, J. ENGELS et C. MATTHECK. 1999.

Fungal Strategies of Wood Decay in Trees.

Springer.

Elisabeth et Jérôme JULIEN

Guide écologique des arbres et arbustes d'ornement

Tome 1 et 2

Bornemann – Sang de la terre

CD-Rom TREE DOCTOR

I.D.F. Paris

Nombreux articles spécialisés parus dans PHYTOMA, P.H.M., ARBRES ET SCIENCE ...

Les Cahiers d'ARBRE ACTUEL :

- Vitalité et solidité de l'arbre : choisir les méthodes de diagnostic
- Arbres de parcs : un patrimoine à gérer

I.D.F. PARIS



# Les Réserves Biologiques de la Forêt de Fontainebleau

*1861, les premières Réserves officielles:*

## Les réserves biologiques dans l'histoire

DOMET rapporte que "Louis XIV avait un amour particulier pour les vieux arbres; il voulait qu'on épargnât ceux qui entouraient les villes et ombrageaient les triages où il chassait le plus fréquemment. On épargnât donc ceux-ci..."

Ainsi les cantons du Bas Bréau, de la Tillaie, du Gros Fouteau, des Ventes à la reine à l'état de futaie de chêne au XVII<sup>ème</sup> siècle ne connurent que des exploitations modestes pendant tout l'ancien régime.

Dès 1837, les peintres de Barbizon, avec à leur tête Théodore Rousseau, s'alarment de la volonté de l'Administration des Eaux et Forêts de reboiser en résineux certains cantons. Il était impensable que le "Bas Bréau", futaie dont les vieux chênes avaient été depuis des siècles respectés par les bûcherons, soit déboisé puis replanté en pins sylvestres.

La cause de "leur forêt" habilement plaidée entraîne Napoléon III à décréter, en 1861, la mise en réserve de 1097 ha de forêt. Dans cette "série" dite "artistique" il est admis que "le forestier ne peut y porter la hache, ni même y effectuer des repeuplements..."

Ainsi à l'origine, l'idée de "protection d'espaces naturels remarquables" doit plus à une cause esthétique qu'écologique.

A noter que cette mise en réserve est une première mondiale. Le parc de Yellowstone ne sera créé qu'en 1872.

En même temps le tourisme se développe à Fontainebleau : le premier guide du voyageur paraît en 1820, les premiers sentiers de promenade créés par DENECOURT en 1839 s'étendent sur près de 150 Km à sa mort. La forêt est de plus en plus fréquentée par les promeneurs et les touristes arrivant par chemin de fer, dès 1850.

En 1873, un Comité de Protection Artistique de la Forêt de Fontainebleau est créé pour gérer ces réserves artistiques qui, en 1953, deviennent des réserves artistiques et biologiques.

Au fil du temps, les surfaces mises en réserves subissent des fluctuations parfois importantes.

En 1967 la notion de réserves artistique est supprimée de même, celle de cantons touristiques est abandonnée très rapidement car "en fait la forêt de Fontainebleau est tout entière touristique et les repeuplements sont traités en fonction de cet objectif". Seule subsiste la notion de réserve biologique.

L'aménagement de 1970 fixe à 416 hectares la surface des réserves biologiques dont 136 hectares en réserves biologiques intégrales et 279 hectares en réserves biologiques dirigées. Il fixe comme objectif prioritaire à la forêt de Fontainebleau l'accueil du public, reconnaissant ainsi à l'ensemble de la forêt une vocation touristique.

Dans l'aménagement de 1996, la surface des réserves biologiques intégrales est portée à 580 hectares et celle des réserves biologiques dirigées à 1331 hectares.

Ces réserves intégrales sont constituées :

1) à partir des anciennes réserves intégrales et de quelques réserves dirigées restées sans intervention depuis de nombreuses décennies( 416 hectares).

2) d'une chênaie pubescente(16 hectares) incluse dans la réserve dirigée de la Haute Borne

3) d'une nouvelle réserve de grande surface (165 hectares) autour de la vallée Jauberton qui est créée pour répondre aux critères du réseau national des réserves intégrales.

Un projet d'extension de la surface globale des RBI sur l'ensemble du massif est en cours pour porter la surface totale des RBI aux environs de 1200 hectares.

En 2003, la série des réserves comprend :

580 ha de **Réserves Biologiques Intégrales** (aucune intervention humaine)

1331 ha de **Réserves Biologiques Dirigées** (actions humaines limitées à la préservation du milieu et des espèces).

## A quoi servent les réserves biologiques ?

### Les réserves intégrales

Les réserves biologiques intégrales (RBI) comme celles de Fontainebleau appartiennent à un réseau national de réserves.

L'objectif premier des RBI est de soustraire à l'action de l'homme des écosystèmes représentatifs de la diversité écologique des forêts.

Les RBI sont également de véritables laboratoires vivants grandeur nature destinées à la recherche sur le fonctionnement et la libre évolution des écosystèmes forestiers.

Espace en libre évolution, les réserves biologiques intégrales contribuent à la protection des espèces animales, végétales ou fongiques liées aux arbres très âgés, sénescents ou morts comme des oiseaux, des chauve-souris, des insectes, des mousses, des lichens ou des champignons.

Le public n'est pas autorisé à pénétrer dans ces réserves pour des raisons de sécurité ( chutes de branches mortes ) et de perturbations du milieu (piétinement, apports de graines "exotiques"...). Néanmoins, les RBI peuvent jouer un rôle pédagogique en permettant, depuis les chemins qui les longent,\* de voir les effets de la non intervention de l'homme sur un milieu forestier.

\* Ainsi en forêt de Fontainebleau, une partie des réserves est déjà longée voire traversée par des chemins entretenus et sécurisés.

## **Les réserves biologiques dirigées**

Les travaux qui sont faits dans ces réserves maintiennent et restaurent des milieux devenus rares comme des mares, des landes ou des pelouses calcicoles et qui recèlent une faune et une flore très spécifiques et rare.

Les réserves biologiques dirigées ( RBD) ne sont pas une alternative aux RBI Les deux types de réserves se complètent car elles répondent à des objectifs différents. Les RBD concernent plutôt le maintien d'espaces ouverts (landes, pelouses...) qui demandent un entretien pour perdurer. L'évolution naturelle des RBI va dans le sens d'une fermeture des milieux même si çà et là il se forme quelques clairières temporaires.

## **Au cœur de la Réserve de Biosphère :**

Les réserves biologiques sontt partie intégrante de la zone centrale de la Réserve de Biosphère du Pays de Fontainebleau mise en place en novembre 1998, à l'initiative de l'UNESCO dans le cadre du programme MAB (Man and Biosphère).

C'est la multiplicité des modes de gestion allant de la non intervention dans les RBI à la gestion sylvicole respectueuse de l'environnement en passant par la gestion des milieux remarquables dans les RBD qui permet l'expression d'une biodiversité optimale, largement reconnue dans le massif de Fontainebleau.