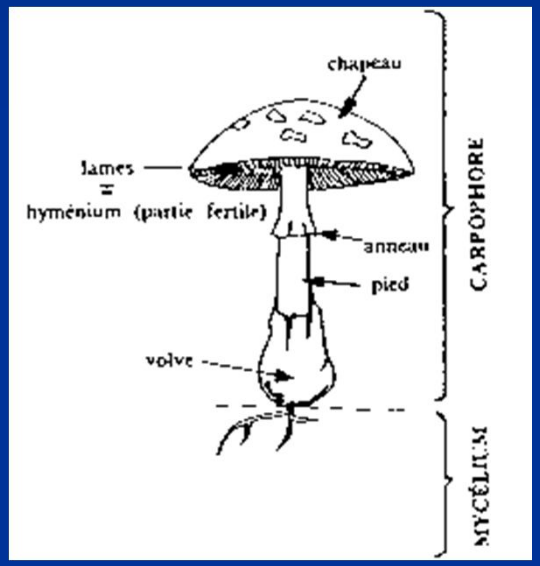
Principaux champignons lignivores du hêtre

J.E. Fagus 15/09/2013

Généralités

Qu'est-ce qu'un champignon?



1) Appareil végétatif: mycelium

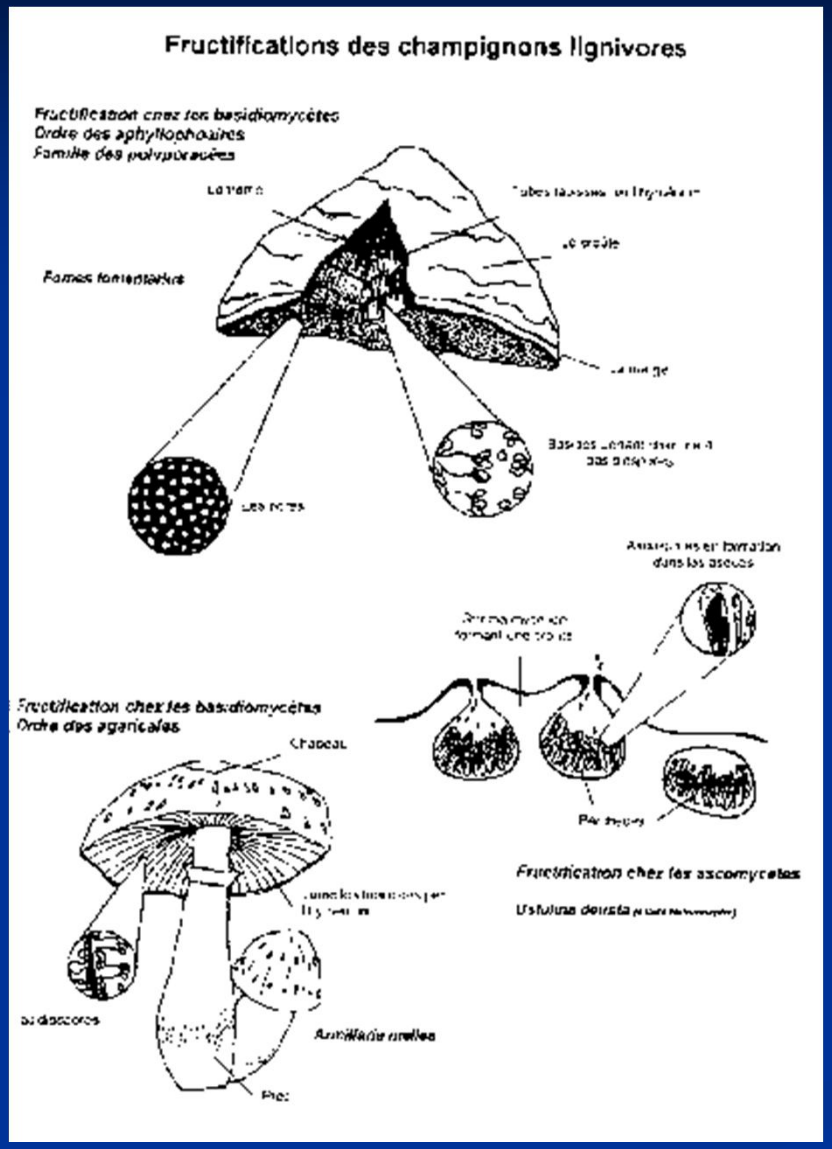
fonctions- sécrétion
enzymes
décomposition
M.O.(bois par ex).
- absorption- éléments
carbonés
- hétérotrophie

propriétés-pénétration

2)Appareil reproducteur: carpophore

- rôle
- hyménium
- spores

Champignons lignivores



Sporée couleur = critère de détermination

types:

Hyménium formé d'éléments de 2 types

Basides : 4 basidiospores
Basidiomycètes

Asques: 8 ascospores
Ascomycètes

Modes de vie

Incapables de photosynthèse, ils sont hétérotrophes

nutrition



Saprophytisme: s'attaquent stt aux végétaux morts(MO organiques mortes)

- sp terricoles
- sp lignicoles

saprophytes = éboueurs de la nature ou détritivores

types de déchets consommés cellulose, lignine

Parasitisme = véritables agresseurs, s'attaquent aux êtres vivants, végétaux ou animaux.

Vivent à leur dépens.

Symbiose: les symbiotiques vivent en symbiose avec l'arbre et réalisent avec lui une association réciproque.

Remarque: pas de délimitation stricte entre ces différents modes de vie

Quelques exemples

nutrition

Saprophytisme

en fn des types de déchets consommés

cellulose: ex divers polypores

lignine: ex pholiotes, coprins, polypores…

Parasitisme = véritables agresseurs

rôle dans équilibre des forêts

prédateurs: parasites violents

(ex *Armillaria ostoyae*)

profiteurs: consomment avec modération

parasites obligatoires ou non

ex: parasites des feuillus

(*Piptoporus betulinus*

sur bouleau, Polypore soufré…)

parasites des conifères

(*Fomitopsis pinicola*…)



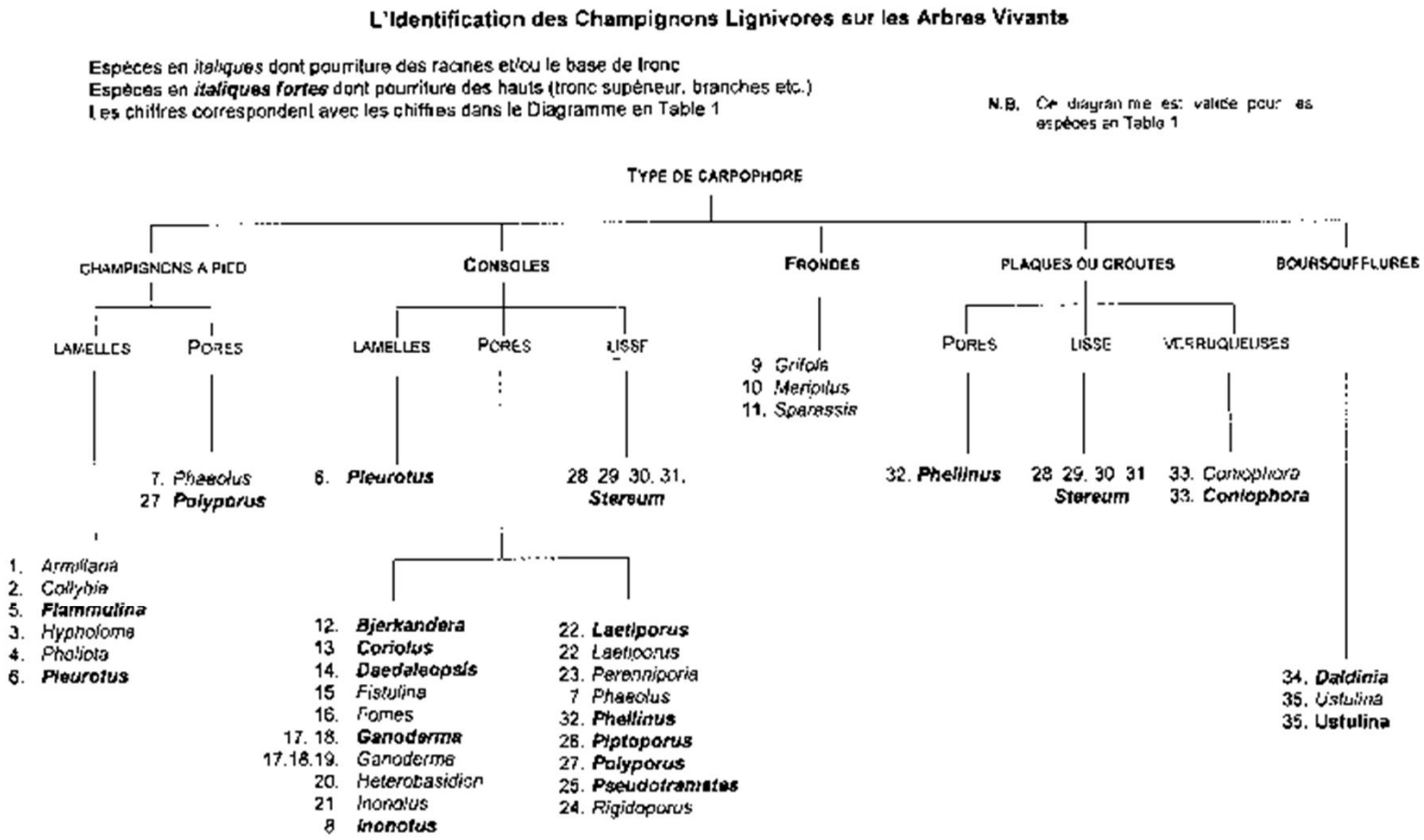
Symbiose

Classification des champignons

NOUVEL ORDRE DES GROUPES (R.Courtecuisse, 1994)

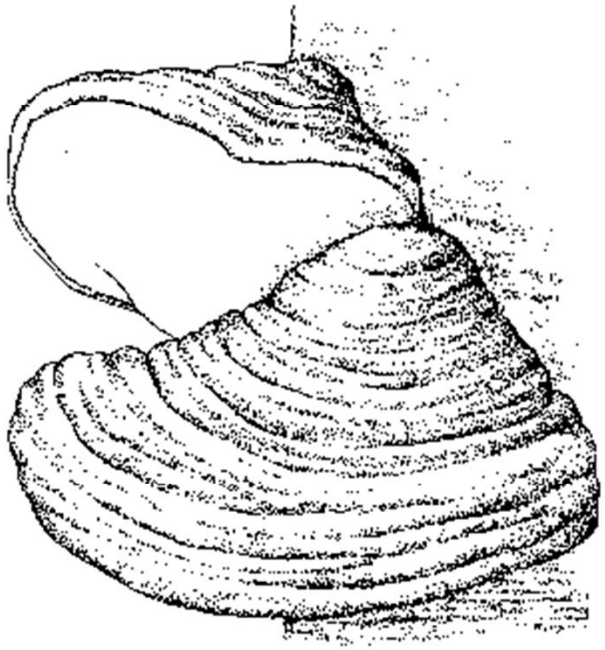
I. BOLÉTALES	II. RUSSULALES	III. TRICHOLOMATALES & ENTOLOMATALES	IV. CORTINARIALES
1. BOLETS	2. RUSSULES 3. LACTAIRES	4. HYGROPHORES 5. PLEUROTES 6. CLITOCYBES 7. TRICHOLOMES 8. TRICHOLOMATACÉES 9. MARASMES 10. COLLYBIES 11. MYCÈNES 12. ENTOLOMES	13. CORTINAIRES 14. HÉBÉLOMES 15. INOCYBES 16. PHOLIOTES 17. HYPHOLOMES
V. PLUTÉALES	VI. AGARICALES & AMANITALES	VII. GASTEROMYCETIDEAE	VIII. APHYLLOPHOROMYCETIDEAE
18. PLUTÉES 19. VOLVAIRES	20. COPRINS 21. AGARICS 22. LÉPIOTES 23. AMANITES	24. GASTEROMYCÈTES	25. CHANTERELLES 26. CLAVAIRES 27. HYDNES 28. POLYPORES
IX. AURICULARIALES & TRÉMELLALES	X. ASCOMYCÈTES		
29. TRÉMELLES 30. AURICULARIA	31. PEZIZOMYCETIDEAE		

Classification des champignons

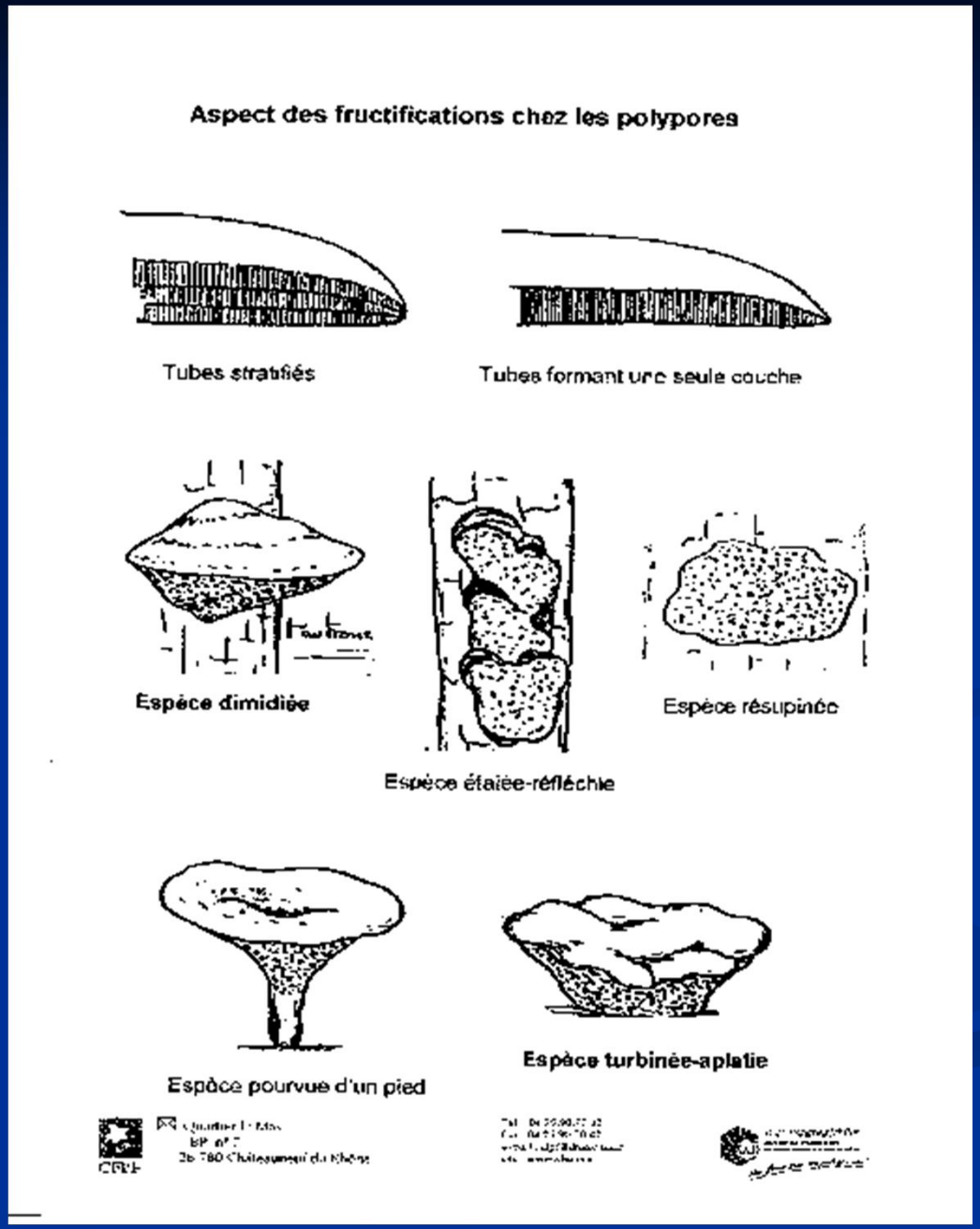


Polypores

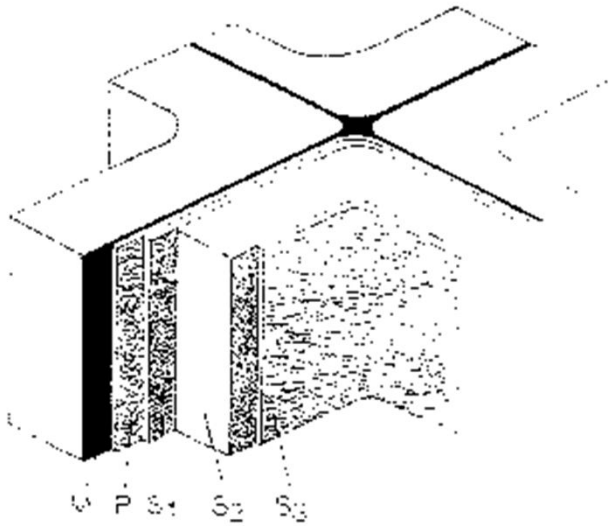
POLYPORES

POLYPORACEAE	
	Ligneux, coriaces, rarement charnus
	En général privés de pied et appliqués ± perpendiculairement aux troncs ou aux branches comme des consoles, croûtes,...
	A la face inférieure du chapeau: - des tubes comme les bolets (mais non détachables du chapeau) - ou une surface lisse (portant les spores)
	Vivent en général sur du bois (vivant ou mort), rarement à terre
	Pas de toxiques: Très nombreuses espèces Quelques comestibles : Fistuline, Polypore en ombelle,... Plusieurs parasites dangereux des arbres fruitiers ou forestiers Les autres (la plupart) sont saprophytes sur arbres morts
Genres: *Ganoderma, Phellinus, Polyporus, Meripilus, Fomes, ...*	

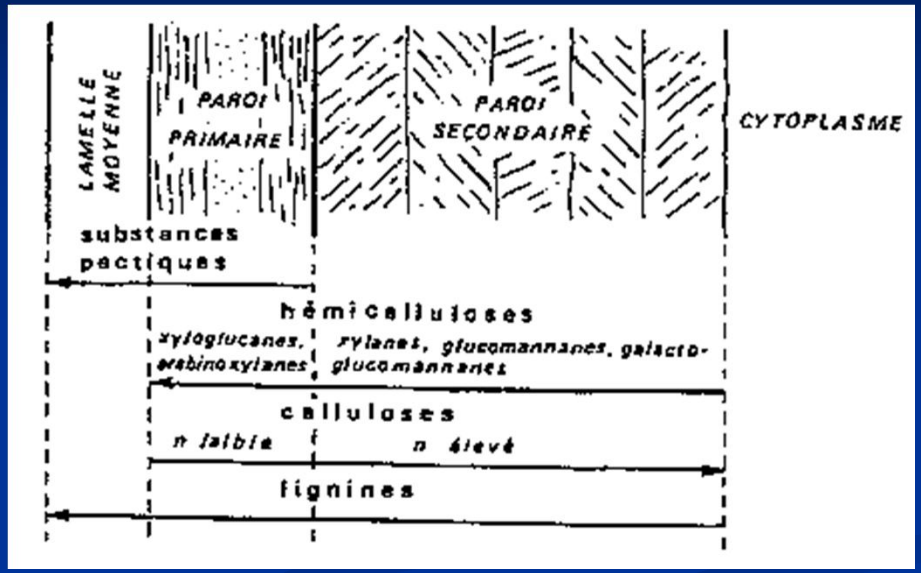
Aspect des fructifications



Rappels de cytologie
Composition de la paroi cellulaire



Représentation schématique de la structure de la paroi cellulaire de trachéides ou de fibres.
M = lamelle moyenne ;
P = paroi primaire ;
S_1, S_2, S_3 = couches externe, moyenne et interne de la paroi secondaire.



Les jeunes parois contiennent jusque 65% d'eau

Rigidité de la paroi

Résistance à la traction:

st. composite à éléments microfibrillaires

Résistance à la compression:

ciment amorphe ou matrice

Glucides de la paroi cellulaire

3 groupes:

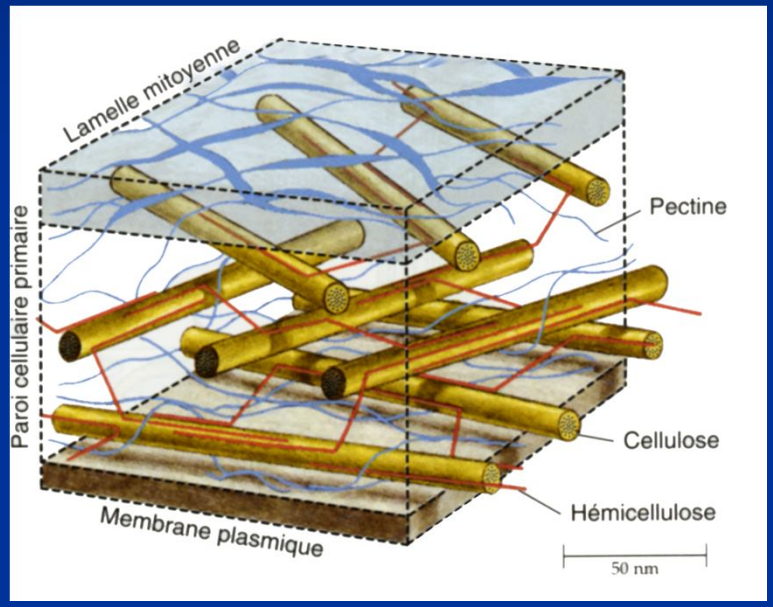
1. **Pectines**: constituent la majeure partie de la lamelle mitoyenne, une assise de matière intercellulaire qui cimente les parois des cellules végétales contigües, ainsi qu'au niveau de la paroi 1aire. Polysaccharides très hydrophiles. (65% eau dans parois 1aires)
2. **Hemicellulose**: polysaccharides qui stabilisent la paroi cellulaire en formant des liaisons hydrogène avec les microfibrilles de cellulose.
3. **Cellulose**: composant principal de la paroi cellulaire végétale. Polymère composé de monomères de glucose attachés bout à bout. Forme la partie fibreuse de la paroi cellulaire des plantes. Les polymères sont réunis en microfibrilles. Ceux-ci s'enroulent pour former de minces filaments. Une fois torsadés, les molécules de cellulose ont une résistance supérieure à celle d'une épaisseur équivalente d'acier.

Lamelle moyenne ou mitoyenne

Composée de: subst. pectiques

incrustations de lignine

(substances non glucidiques)



Lamelle moyenne composite = LMC

Composée de la LM +Paroi 1aire

Fortement lignifiée et rigide

Paroi primaire

Composée de: subst. pectiques

hemicelluloses

- pentases (xylose et arabinose)
- hexases (macromolécules)

cellulose

- constituée de 1 seul sucre: glucose
- 1 molécule peut contenir jusque 3000 glucoses
- cellulose=10% paroi primaire

incrustations de lignine

- jusqu'à plus de 35%

Structure de la paroi primaire

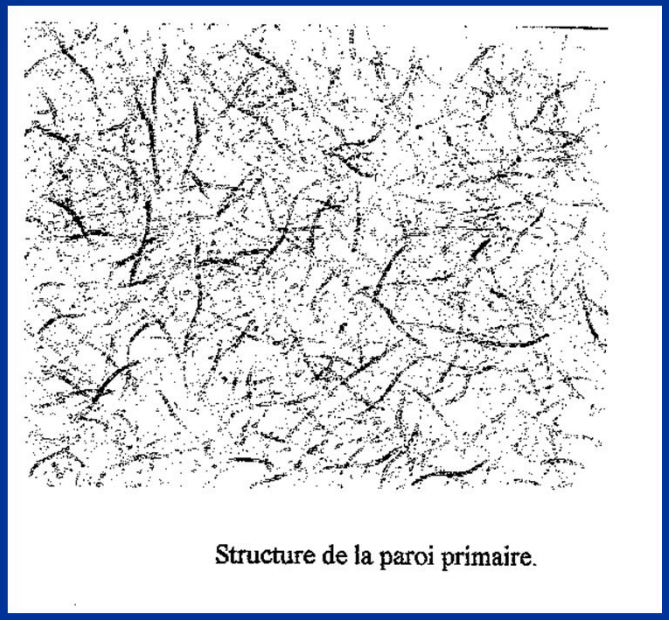
Structure comparable à un filet fermé

Nœuds ne sont pas fixes mais peuvent coulisser

étirement possible

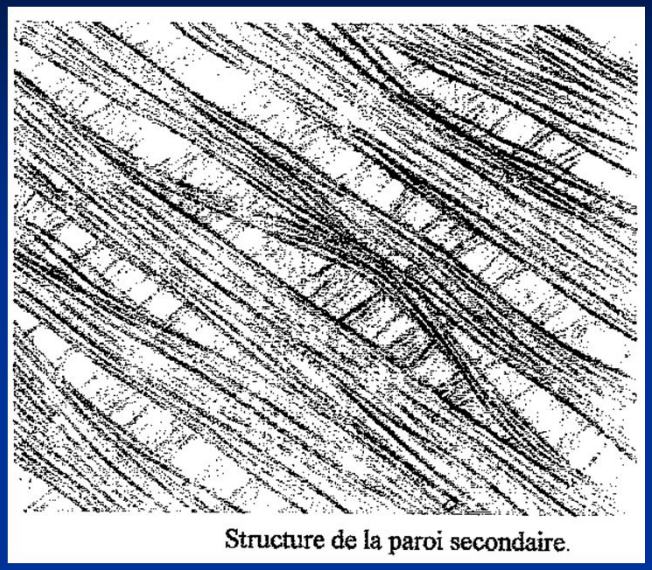
changement de forme

élasticité, extension, plasticité grâce aux fibrilles de cellulose



Structure de la paroi primaire.

Structure de la paroi secondaire

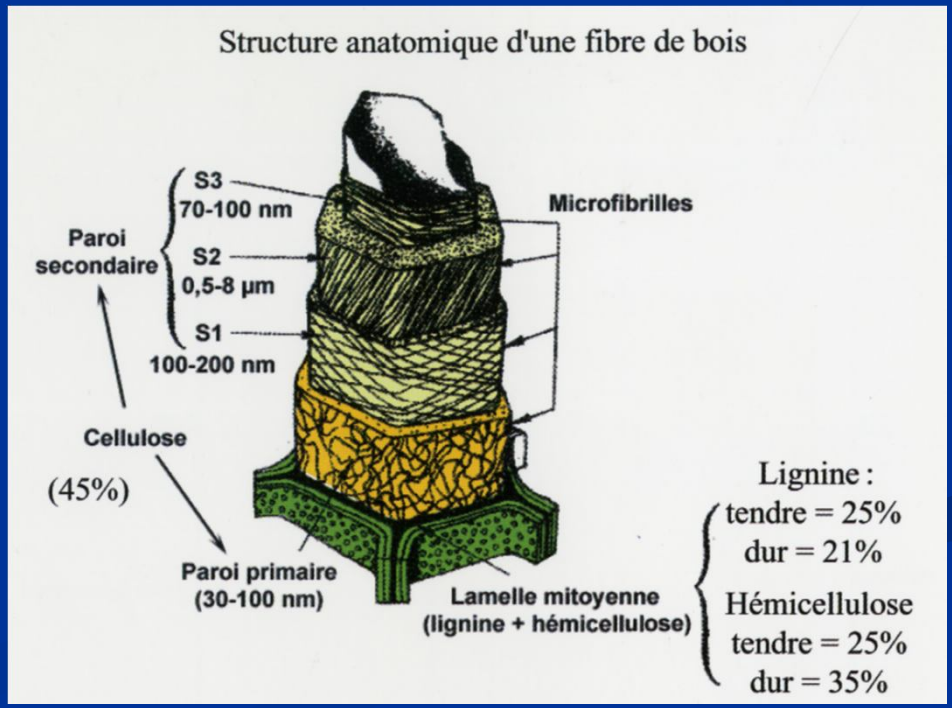


Structure de la paroi secondaire.

3 couches :S1,S2,S3

S2: riche en cellulose

S3: riche en lignine



Paroi 2aire se forme quand la croissance de la cellule est terminée et quand la surface paroi 1aire ne s'accroit plus. **Elle se dépose à l'intérieur de la paroi 1aire**. Beaucoup de ces cellules meurent après dépôt paroi 2aire. On trouve ces assises dans le xylème 2aire et dans le bois

Lignine et processus de lignification (ou processus de dépôt de lignine)

Dépôt de lignine occupe tout l'espace laissé libre par la cellulose

Lignine- substance phénolique

polymérisation en 3D-réseau

macromoléculaire massif

investit de grands espaces au niveau de la LM

Assure au bois sa rigidité et sa résistance à la compression

Une fois déposée, plus aucun rôle dans le métabolisme

Lignine difficilement attaquée par les déprédateurs

Certains champignons (polypores) sont capables de lignolyse

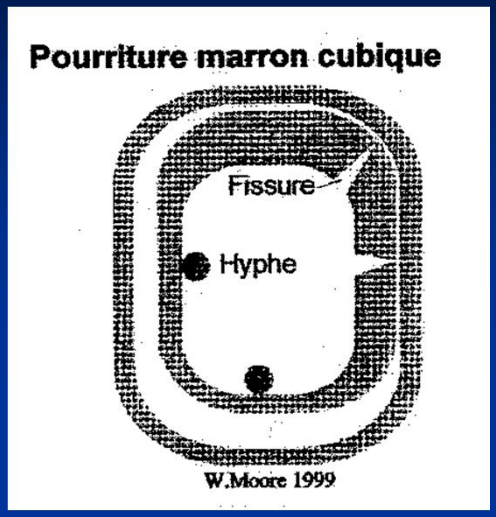
Types de dégradation de la paroi cellulaire

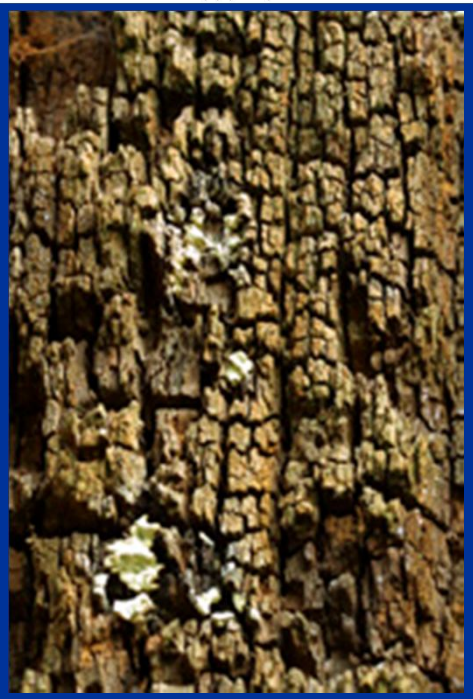
Important car aide à mieux comprendre l'état mécanique des arbres

La détermination du mode général des pourritures, cubiques, blanches ou alvéolaires est utile mais ne suffit pas car grande variabilité de leurs effets sur la tenue mécanique

Pour les gestionnaires il est important d'évaluer les risques de tenue mécanique liés à certaines pourritures car le maintien de l'arbre en dépend.

Pourriture marron cubique





Stt chez les conifères

Uniquement basidiomycètes

Dégradation cellulose et hémicellulose sans pratiquement aucune altération lignine par systèmes enzymatiques et non enzymatiques

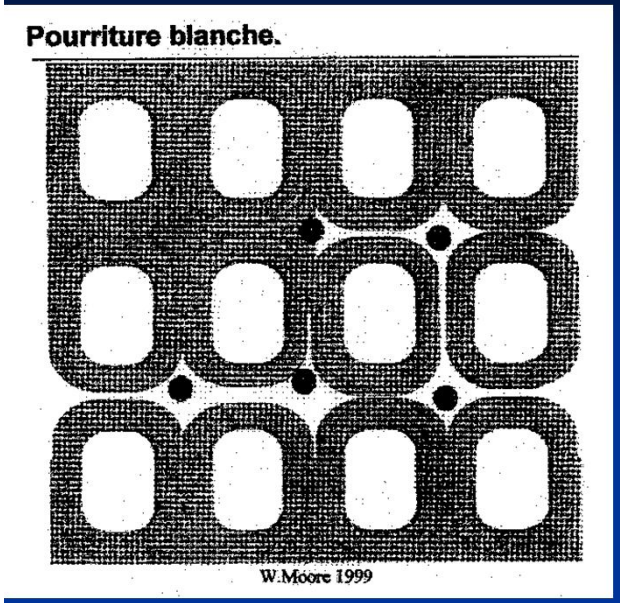
Découpage des microfibrilles en petites longueurs et de manière aléatoire par endocellulases (enzymes), d'ou perte de résistance à la tension

Action principale sur la S2

Hyphes situés dans le lumen

Bois de printemps moins lignifié que le bois d'été est plus facile à dégrader (paroi 2 de CODIT)

Les pourritures blanches



Basidiomycètes et ascomycètes

Dégradation simultanée de lignine et cellulose mais à des vitesses différentes selon la combinaison hôte/champignon

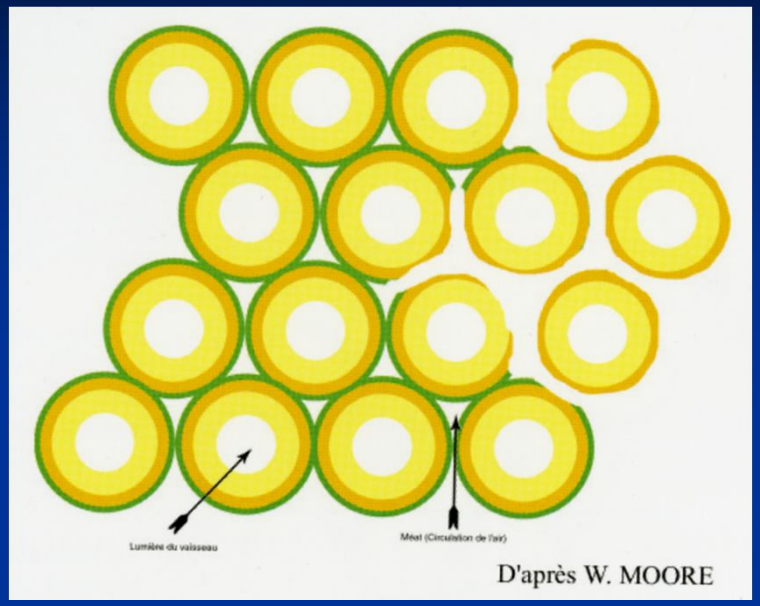
Digestion de lignine par phenoloxydases

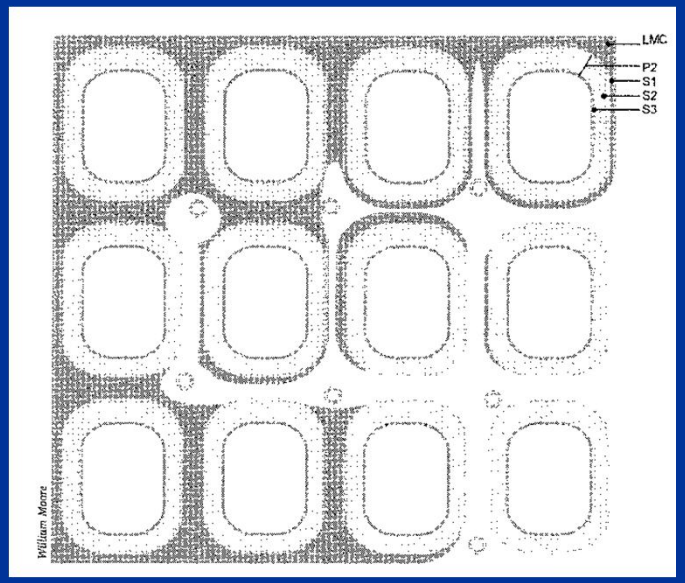
Fibrilles de cellulose dégradés uniquement au bout des chaînes

2 types de pourriture blanche:

- Type 1: Délignification sélective
  - Garde une certaine élasticité au début
- Type 2: Pourritures simultanées
  - Perte de rigidité et d'élasticité

Type 1: Délignification sélective





Lignine dégradée en premier lieu, puis cellulose

Hyphes soit dans le lumen, soit dans LM

Ex: *Heterobasidion annosum*

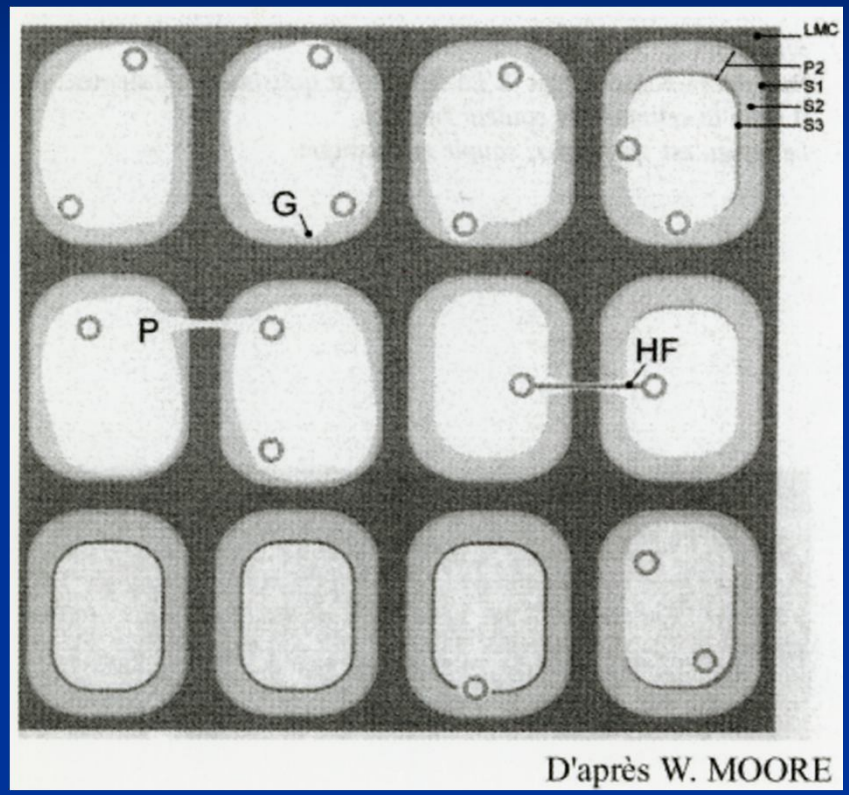
Plupart des *Ganodermes*

Meripilus giganteus

Perte de LMC et cellules se décollent entre elles

Bois dégradé perd sa rigidité et progressivement son élasticité

Type 2: Pourritures simultanées



D'après W. MOORE

Principalement chez les feuillus

Dégradation de la lignine et la cellulose à la même vitesse

Hyphes dans le lumen avec possibilité de gouttières dans la P2

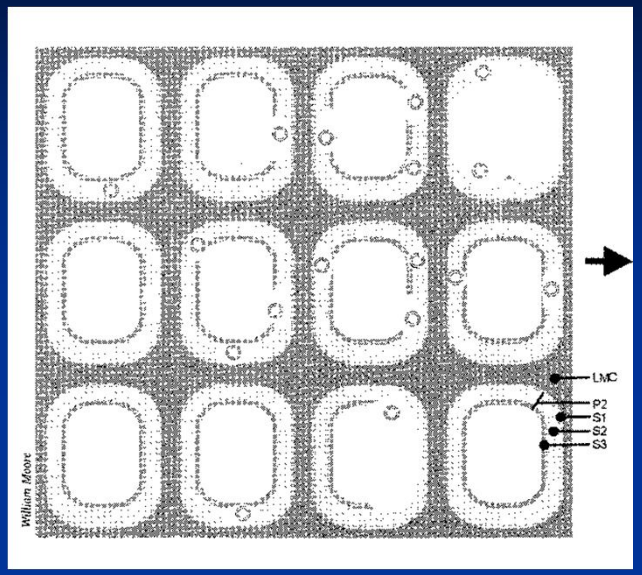
Hyphes de forage (HF) créent des perforations (P) dans la paroi cellulaire

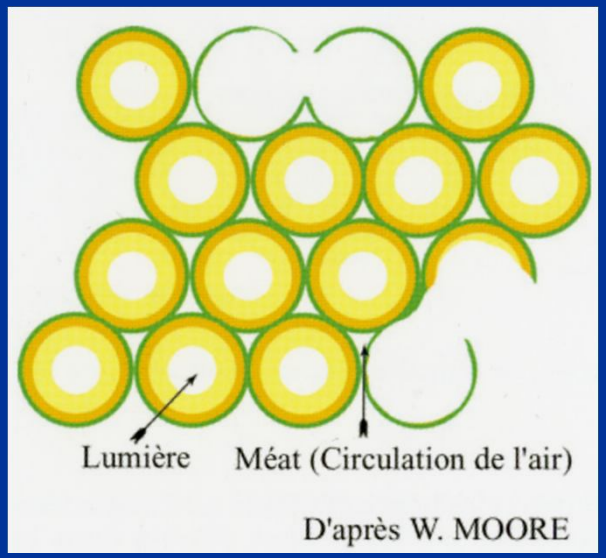
Ex: Amadouvier

Bois dégradé perd en même temps de sa rigidité et de son élasticité.

Bois altéré est blanc mais pas spongieux

Pourriture alvéolaire





Principalement des Ascomycètes

Caractéristique de nombreux champignons saprophytes

Ex: *Ustulina deusta* sur arbres vivants

Cellulose est dégradée en premier lieu puis lignine est lentement dégradée

Hyphes créent des tunnels dans la S2 et la P2 est lentement dégradée

Amincissement de la LMC

Bois altéré devient de plus en plus cassant à mesure que la dégradation avance

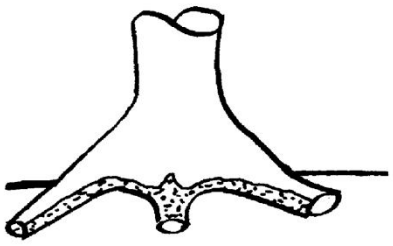
Localisation des infections

Localisation privilégiée des infections par les agents lignivores

Le système racinaire
Partie hypogée

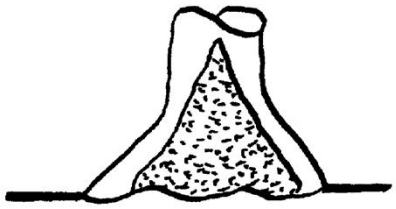
Principalement dans les racines

Inonotus dryadeus
Meripilus giganteus
Ganoderma resinaceum



Dans les racines et la base des troncs

Armillaria sp.
Ganoderma applanatum
Ganoderma lucidum
Grifola frondosa
Heterobasidion annosum
Fomitopsis cytisina
Ustulina deusta
Phaeolus schweinitzii



Le système aérien
Partie épigée

Polyporus squamosus
Laetiporus sulfureus
Phellinus ignarius
Phellinus pini
Phellinus pomaceus
Phellinus punctatus
Phellinus robustus
Fomitopsis pinicola
Inonotus hispidus
Piptoporus betulinus
Fomes fomentarius
Ganoderma adspersum
Fistulina hepatica



L’amadouvier

Fomes fomentarius



Pourriture simultanée



Fomes

Un des hêtres du parc d'Oretmont vu en août 2009





Hêtres du parc d'Oretmont en province de Namur

- Arbre sénescent (*Fagus sylvatica* L.), du château d'Oretmont en Province de Namur. Le complexe réitéré (marqueur de la sénescence globale de l'individu visible sur la droite) assure le rajeunissement local du houppier. Cependant, c'est le seul élément de l'arbre encore capable régénérer une cime feuillée mais pour combien de temps encore?

- Le hêtre est maintenu comme arbre à cavités et son tronc est la proie de nombreux carpophores d'amadouvier (*Fomes fomentarius* (L.:Fr)Fr., prenant la forme de sabots, largement fixés au support.

- Ce champignon induit une pourriture blanche fibreuse de type simultanée.

Hêtre du château N.D. de Louvignies
560 cm de cf



Hêtre du château N.D. de Louvignies



Hêtre du château N.D. de Louvignies



Eléments de décision

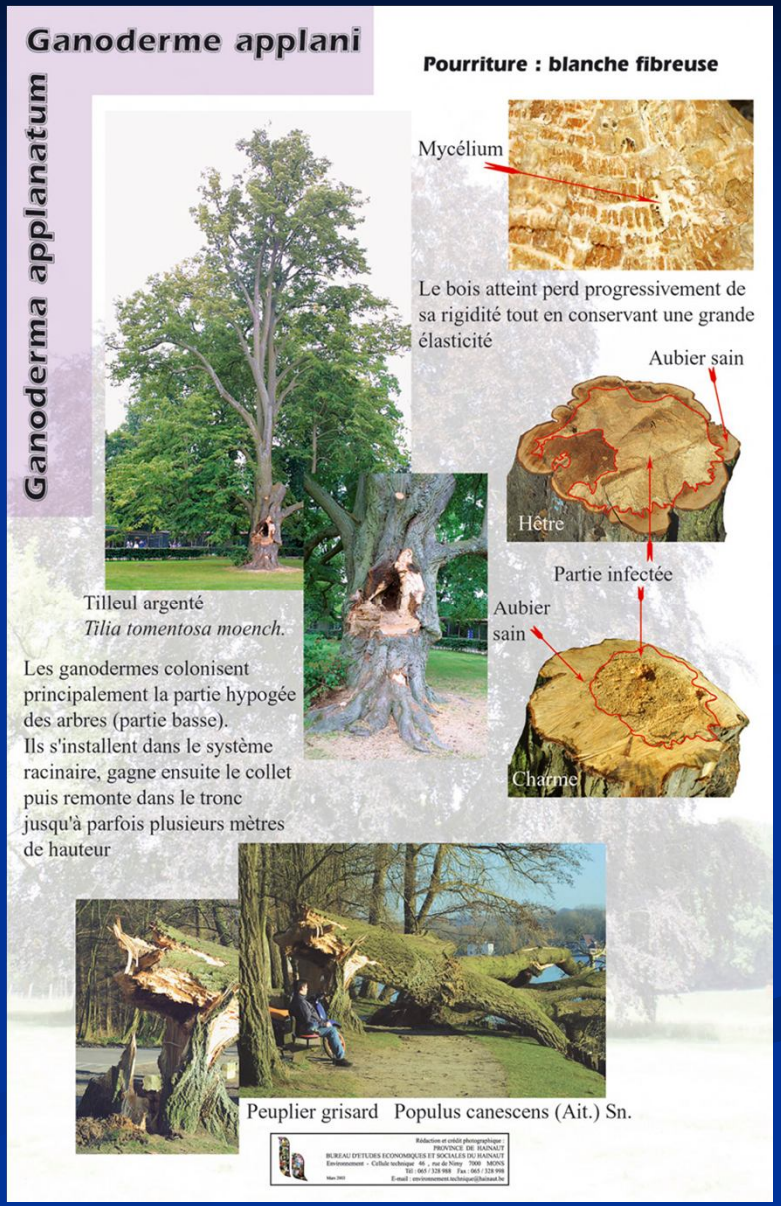
- Dans le cas d'une contamination, par *Fomes fomentarius*, rien, aucun soin, ne pourra entraver la dégradation mécanique du sujet.
- Lorsque plusieurs fissures longitudinales apparaissent sur le tronc, l'abattage de l'arbre est systématiquement recommandé s'il représente le moindre danger pour le public.

Les Ganodermes



Ganoderme applani

Ganoderma applanatum



Le Ganoderme applani, une console pérenne



Caractéristiques du Ganoderma applanatum

Hôte: feuillus et résineux

Le hêtre figure parmi les essences les plus colonisées

Forme de la console: console largement fixée au substrat, épaisse

Couleur du carpophore (face supérieure): rouge-brun devenant noir-brun avec l'âge

Croûte: ondulée, dure, résistante à la pression du doigt

Marge: en bourrelet couleur crème à jaunâtre

Sporée: rouge-brun

Face inférieure (pores): blanc-crème, sans galles

Caractéristiques des espèces de Ganodermes (1)

	Ganoderma applanatum	ganoderma adspersum	Ganoderma carnosum	Ganoderma resinaceum
Nom vernaculaire	Ganoderme applani		Ganoderme luisant	
Hôte	Feuillus, rarement résineux	Feuillus et résineux	Feuillus et résineux	Feuillus
Essences les plus colonisées	Fagus(Hêtre), Acer(Erable), Tilia(Tilleul), Populus(Peuplier)...	Fagus(Hêtre), Acer(Erable), Tilia(Tilleul),Platanus(Platane), Quercus(Chêne)...	Fagus(Hêtre), Acer(Erable), Tilia(Tilleul), Platanus(Platane), Quercus(Chêne)...	Principalement Quercus(Chêne)
Forme de la fructification	- Console bosselée à sillons concentriques, peu épaisse	- Console largement fixée au substrat, épaisse	- Console aplanie en forme de rein ou d'éventail, parfois un pied latéral	- Console au substrat par le centre
Couleur du carpophore (Face sup.)	Brun rouille (sporée) Noirâtre dans la vieillesse	Rouge-brun devenant noir-brun avec l'âge	Brun-rouge brillant	Cuivre-brun devenant rouge-brun à noirâtre
Croûte	Lisse, mince, cède facilement à la pression du doigt	Ondulée, dure, résistante à la pression du doigt	Laquée à zones concentriques plus ou moins marquées	Lisse, ondulée largement zonée, molle à l'état jeune, dure dans la vieillesse
Marge	Blanche	En bourrelet couleur crème à jaunâtre	Etroite et blanche dans sa jeunesse puis jaunâtre rouge devenant concolore au chapeau	Crème à jaune-orangé
Sporée	Brun rouille	Rouge - brun	Brune	
Face inférieure (Pores)	Blanche, brunit à la pression, pores minuscules, souvent présence de galles	Blanc-crème, sans galles	Blanc pur à l'état jeune, brun rouille en vieillissant	Blanchâtre-crème se colorant en brun au toucher, sans galles

Caractéristiques des espèces de Ganodermes (2)

Tubes Coupe transversale	5 à 15 mm, stratifiés marbrés de blanc	10 à 15 mm, stratifiés sans inclusions blanches	5 à 15 mm, non stratifiés	8 à 10 mm indistinctement stratifiés sans trame entre les couches
Trame	Plus mince que les tubes, brun foncé marbrée de stries blanches	Très épaisse, plusieurs fois la longueur des tubes, fibreuse, subéreuse, roue-brun foncé, sans stries blanches	peu épaisse	mince, zonée concentriquement, brun clair (couleur de liège), fibreuse et coriace
Console	Pérenne, isolée ou en groupe, imbriquée ou superposée	Pérenne	Isolée ou en petit groupe, se désagrège au cours de l'hiver	Pérenne
Spores	8 X 6 µm	Beaucoup plus grande que G. Applanatum		10 à 13µm X 7 à 9 µm
Particularité	En europe du Nord, souvent présence de galles en forme de "tétine" à la face inférieure occasionnées par un diptère Agathomia wankowiczi.			Couche jaunâtre sous la croûte laquée et émission à la coupure d'un liquide qui se transforme rapidement en résine Croûte laquée fond sous la flamme
Partie de l'arbre altérée	Partie hypogée	Partie hypogée	Partie hypogée	Partie hypogée
Type de pourriture	Pourriture blanche	Pourriture blanche	Pourriture blanche	Pourriture blanche

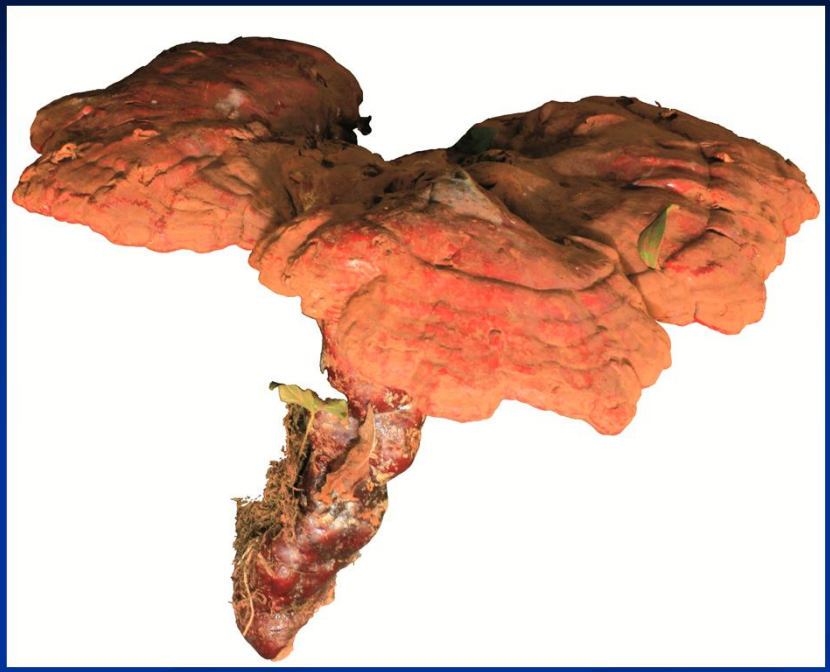


Tubes stratifiés marbrés de blanc chez *G. applanatum*

Espèces de Ganodermes



Ganoderma applanatum



Ganoderma carnosum

Ganoderma pfeifferi



Hêtre d'Oretmont en province de Namur



Le hêtre d'Oretmont (*Fagus sylvatica* L.) était un arbre classé remarquable de la Province de Namur de 610 cm de circonférence. Il présentait en août 2009 une silhouette très dégradée comme en témoigne la photo. En effet, son tronc était habité de nombreux carpophores de ganoderme applani, réputé pour être un lignivore saprophyte et parasite occasionnant une pourriture blanche fibreuse.

L'arbre se trouvant à l'orée d'un bois d'une propriété privée, son maintien a pu être prolongé jusqu'à ce que la tempête du 14 juillet 2010 ne le fasse basculer.

Hêtre d'Oretmont en province de Namur



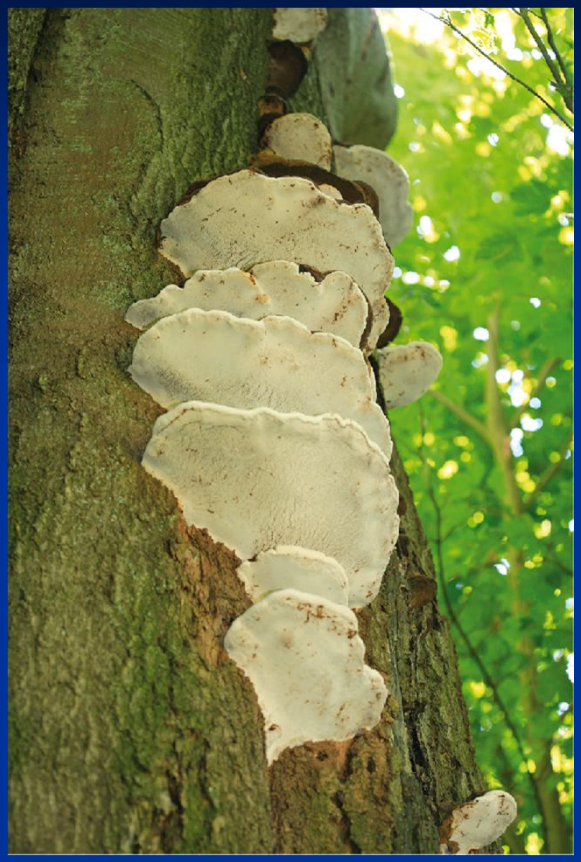
Arbre vu le 10 août 2009



Après la tempête du 14 juillet 2010

Des dires du forestier en charge du domaine, entre les premières apparitions de carpophores de Ganoderma, et l'effondrement du colosse, dix ans se sont écoulés!

Hêtre d'Oretmont









Observations

- Installation surtout dans la partie hypogée de l'arbre, mais un fois installé, remonte dans le tronc jusqu'à plusieurs mètres.
- Infection aussi par les blessures
- Carpophores visibles principalement dans les contreforts racinaires ou dans la partie inférieure du tronc
- Empattement excessif sur arbres atteints

Eléments de décision

- Ruptures d'arbres infectés par le Ganoderme sont nombreuses. Dans des lieux publics ou fortement fréquentés , ce champignon est à craindre pour le danger que représentent les arbres colonisés. Pour des arbres d'alignement, sa seule présence doit conduire à l'abattage du sujet contaminé.
- On peut cependant mieux quantifier l'altération par l'imagerie en tomographie à ondes sonores afin de repousser la décision de l'abattage

Le polypore soufré
Polyporus sulphureus

Pourriture cubique









Le polypore géant

Polyporus giganteus





Polypore géant (*Meripilus giganteus*)





Le polypore géant





Polypore géant

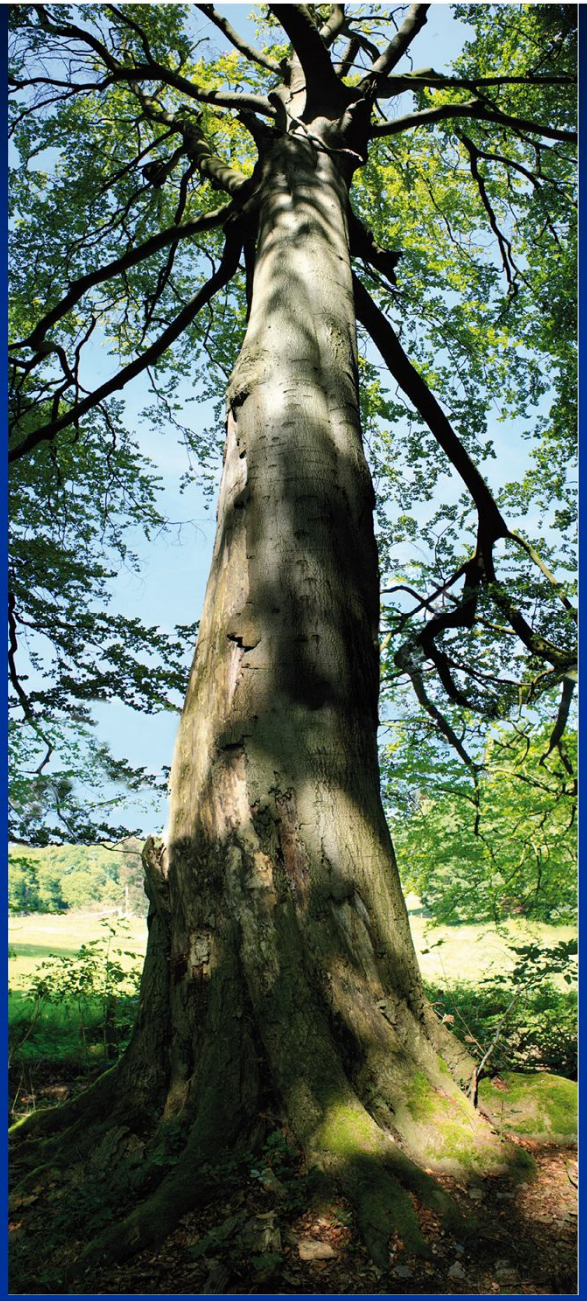


Que voyons-nous?



La partie sporifère du champignon est annuelle, elle finit par brunir et se liquéfier avec l'âge pour disparaitre jusqu'à la saison suivante…

Arbre vu en août 2009



L'arbre (*Fagus sylvatica* L.) situé en lisière de bois d'une propriété privée du Brabant Wallon montre un dépérissement lié à l'importante desquamation de l'écorce et à la destruction d'une partie de son système vasculaire. Cette perte de vitalité se répercute dans le houppier par la raréfaction de la masse foliaire.

Au pied de ce hêtre se trouvaient de nombreux carpophores du polypore géant, formés de plusieurs chapeaux imbriqués et étagés. La couleur jaune-brun à tendance à virer au rouge-brun foncé avec l'âge. En effet les fructifications sont annuelles et lorsque la saison avance, ces énormes structures finissent par pourrir et disparaître.

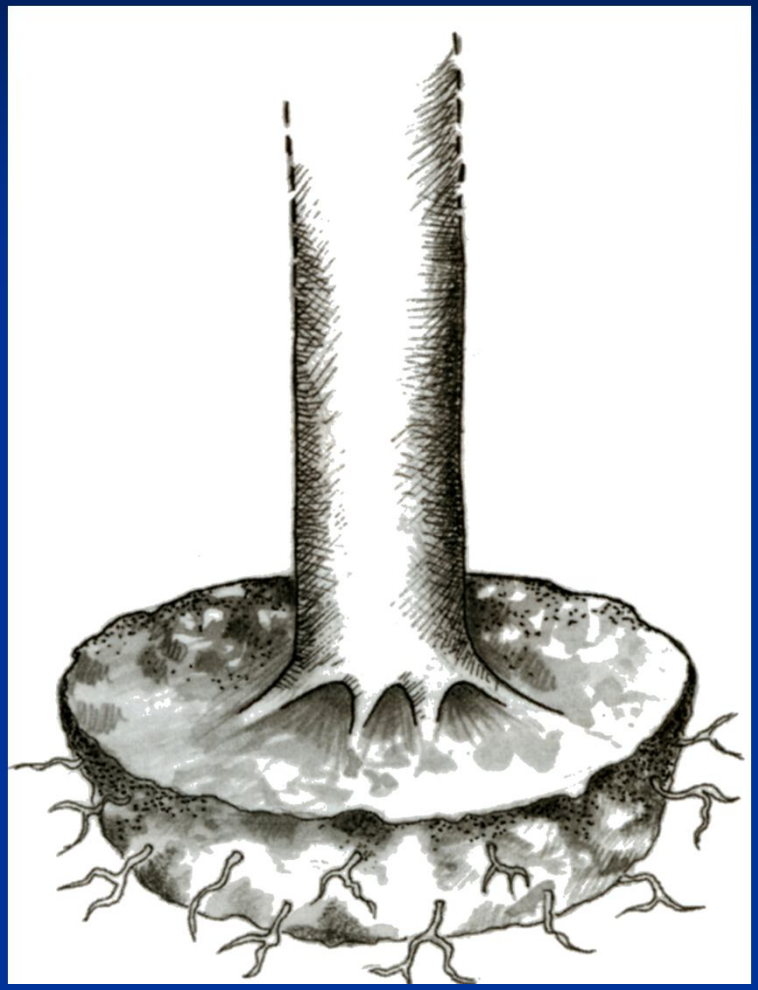
Rappelons que ce champignon se développe sur les souches et le système racinaire ce qui n'est pas sans poser des problèmes de sécurité pour les gestionnaires d'arbres qui doivent inspecter les mâts racinaires et vérifier leur état de décomposition pour décider ou non de maintenir l'arbre.

Il induit une pourriture blanche fibreuse. Le bois atteint est spongieux et très humide.

L'arbre est peut-être abattu aujourd'hui.

Biologie du polypore géant

- Type de pourriture: blanche, fibreuse. Le bois atteint est spongieux et très humide
- Conséquence pour l'arbre: la pourriture reste cantonnée dans le système racinaire et ne remonte que très peu dans le tronc
- Les arbres atteints présentent parfois des signes de dépérissement (feuilles nanifiées, peu colorées) etc.
- Champignon très actif
- Fructifications apparaissent souvent entre les contreforts racinaires
- Décomposeur de souche, provoque perte d'ancrage
- Arbres peuvent basculer en entraînant une motte réduite



En cas de basculement!

La souche présente alors une forme en « cul de bouteille »

Eléments de décision

- La seule présence de fructification ne suffit pas à la prise d'une décision d'abattage
- Vérification des mâts racinaires et des racines obliques et de surface dans la zone suspecte
- Décision d'abattage dépendra de la cartographie des zones infectées ainsi que leur quantification
- En cas de maintien, un suivi régulier du sujet se fera pour estimer l'évolution de la contamination
- La tomographie ne donne malheureusement pas une bonne lecture



Cas d'un hêtre du parc Petit à Soignies



Effondrement un jour de juin par temps calme.

Ce cas s'est également présenté au château Petit à Péruwelz

Le Hêtre de l'IPES à Tournai,

arbre de 120 ans



Octobre 2008



Août 2012, dessèchement complet du houppier

Le hêtre de l'IPES, un arbre en déclin

- Diminution progressive du volume du houppier
  - Réduction progressive de la surface foliaire
- Diminution progressive des allongements annuels
  - Perte de structure d'axes d'ordre 3
    - Réitération faible ou nulle
  - Augmentation de la fructification
  - Réitération traumatique inexistante
- Apparition des premiers polypores dans le compartiment central (ganoderme, polypore géant)



Hormis une zone de bois dégradé liée à la présence d'un ganoderme, la coupe au niveau du collet ne nous donne pas beaucoup d'informations!



Hêtre du notaire Hambye à Mons infesté. Le houppier est clair…



L'Ustuline

Ustulina deusta

Ascomycète
Fam: Sphaeriacées

Les zones de croissance apparaissent au printemps et jusqu'en été. Elles forment des surfaces blanchâtres à grisâtres farineuses.
C'est le stade imparfait (conidies). C'est seulement après que se forment les périthèces et les asques contenant les ascospores



L’Ustuline



La fructification est constituée à maturité par une croûte noire (voir à gauche sur la photo) dont l’ostiole rend la surface de la croûte bosselée-onduleuse et finement ponctuée.

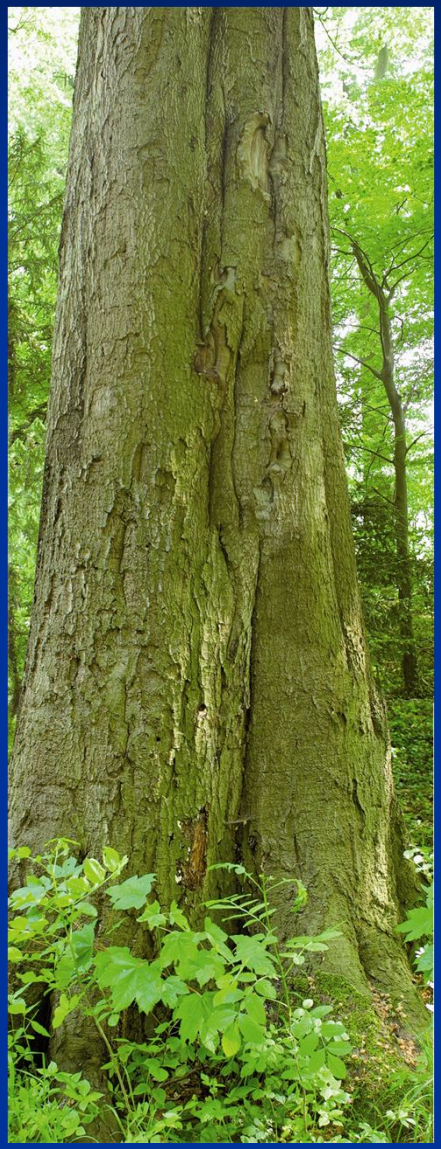
pourriture

- Induit une pourriture alvéolaire, c-à-dire que la cellulose est dégradée en premier lieu (S1 et S2) puis ensuite la lignine mais avec un processus plus lent.

- La cellulose de la paroi primaire est épargnée

- Pour la prise de décision, rappelons que le type pourriture engendré doit être contrôlé régulièrement. L'utilisation d'une tomographie à ondes sonores ne donne pas un tomogramme facile à interpréter. Rappelons que dans le cas du hêtre du J.B., la perte de vitalité était importante et que le tronc présentait de nombreuses plaques d'écorce décollées

Cas du hêtre du J.B. de Meise, en 2004





L'Armillaire *Armillaria mellea*





Famille des Tricholomataceae



De couleur brun olive à jaune pâle, il s'agit d'un parasite primaire sur feuillus, fruitiers et résineux et parasite de faiblesse sur le chêne

Biologie de l'armillaire

- Type de pourriture: blanche, fibreuse. Le bois atteint est spongieux et très humide
- Conséquence pour l'arbre: redoutable parasite (cause du pourridié agaric), elles s'insinuent entre le tronc et l'écorce grâce à des rhizomorphes noirs anastomosés durs comme le cuir
- Espèce terricole, qui se développe dans le système racinaire des arbres
- Le champignon peut se comporter en parasite cortical détruisant l'assise cambiale
- Arbre colonisé dépérit et se dessèche rapidement
- Lorsque l'arbre arrive à freiner l'expansion du champignon, l'armillaire se comporte en agent lignivore. Elle s'infiltre dans le bois de cœur des grosses racines et provoque leur décomposition



Rhizomorphes

(cordons d’hyphes mycéliennes ramifiés subcorticaux ou souterrains)

Eléments de décision

- La présence de touffes de carpophores au pied et autour de l'arbre doit alerter le gestionnaire
- La frappe à l'aide d'un maillet à la base de l'arbre ou autres outils (marteau à ondes sonores par ex.) permettent de détecter l'infection. Si l'arbre infecté se trouve à proximité d'autres arbres, il faut vérifier l'état sanitaire de ses voisins car l'armillaire est réputée se transmettre par contact racinaire grâce aux rhizomorphes.
- En fonction du double comportement, aucune issue favorable ne peut s'envisager pour l'arbre!

Le Fomes des pins
Fomitopsis pinicola







Hêtre de la Province de Luxembourg contaminé par le Fomes des pins. Il s'agit d'un champignon lignivore qui agit principalement en saprophyte et parfois en parasite comme le hêtre ci-contre.
Ce champignon induit une pourriture rouge cubique.

Conclusions

- Une fois le champignon lignivore installé, il est difficile voir impossible de gérer la progression mycélienne

- Il est inutile de retirer le carpophore, le fait de le retirer ne limite pas la progression du mycélium, au niveau du collet, dans le tronc ou les branches

- L'arbre peut réagir naturellement face à l'agression en mettant en place différentes stratégies de défense (CODIT)

- Il est possible de reculer la décision d'abattre un arbre infesté. L'avis d'un expert est requis pour évaluer au mieux les risques de rupture. Certains lignivores sont moins agressifs

- La maitrise biologique des champignons lignivores nuisibles par l'utilisation de champignons antagonistes est une voie qui intéresse les scientifiques. Les tests in vitro, pour certains prometteurs, ne sont actuellement pas transposables au champ…