

Plusieurs types de pourritures peuvent se retrouver sur un même bois

Divers types de pourritures peuvent se trouver en même temps ou successivement sur un même bois. En effet, dans la nature il est fréquent que des dizaines d'espèces se succèdent (ou interviennent en même temps) sur un même tronc, chacun agissant dans sa spécificité. En résumé, la progression de la décomposition naturelle du bois est souvent l'œuvre de diverses espèces fongiques et de différentes formes de pourriture qui interviennent simultanément ou successivement.

Les caries provoquées par les Basidiomycètes se répartissent principalement en deux groupes, les caries brunes et les caries blanches.

La pourriture brune

La pourriture brune est aussi appelée pourriture cubique.

Elle est causée par des champignons spécialisés dans la dégradation de la cellulose et de l'hémicellulose appartenant à la classe des Basidiomycètes. Elle détruit la structure du bois. A un stade avancé de la pourriture, le bois perd une grande partie de sa densité brute et de sa résistance à la traction et à la flexion. La lignine restante, plus ou moins modifiée, donne alors au bois décomposé sa couleur brune foncée, car une grande part de la lignine brune subsiste, alors que la cellulose claire est détruite.

En séchant, la masse de la lignine se réduit et des fentes transversales et parallèles aux fibres se forment dans le bois. Cette décomposition en petits cubes est caractéristique de la pourriture brune, d'où son nom de pourriture cubique. En phase terminale, le bois tombe en poussière sous la pression entre les doigts.

La pourriture brune peut se former aussi bien sur les arbres vivants que dans le bois mort, par exemple dans le bois transformé.

Elle attaque principalement les résineux. Les espèces fongiques à l'origine de la pourriture brune sur les arbres vivants dans la nature sont entre autres, le polypore officinal *Laricifomes officinalis*, le polypore marginé ou amadouvier des pins *Fomitopsis pinicola*, le polypore soufré *Laetiporus sulphureus*, la fistuline hépatique *Fistulina hepatica*, le polypore blanchâtre *Spongiporus stipticus* et bien d'autres espèces encore.

Concernant les bois d'œuvre, ce sont en premier lieu les Mérules *Serpula lacrymans* et plus rarement *Serpula himantoides*, les Coniophores dont *Coniophora puteana*, *C. arida* et *C. marmorata*, *Fibroporia vaillantii* et certaines espèces du même genre ou du genre *Antrodia*, les Lenzites *Gloeophyllum sepiarium* le plus courant sur résineux, *Gloeophyllum sepiarium* sur résineux mais aussi sur feuillus et *G. abietinum*, la curieuse *Tapinella panuoides* et sa variété à pied violet *ionipus*, etc.

Pourriture blanche

La pourriture blanche dégrade tout particulièrement la lignine, et très accessoirement la cellulose et l'hémicellulose.

La décomposition évolue diversement. Soit le champignon dégrade d'abord uniquement ou spécialement la lignine, soit il s'attaque dans une même mesure à la lignine et à la cellulose. Dans ce cas, la quantité de ces deux groupes de substances reste proportionnellement égale. Selon l'ordre dans lequel le champignon agit, on distingue deux types de pourritures blanches.

1 La pourriture blanche simultanée (pourriture corrosive)

La pourriture simultanée dégrade la lignine, l'hémicellulose et la cellulose presque en même temps et en parts égales. Au début, le bois devient cassant, ce qui augmente le risque de la «rupture fragile» soudaine. Ensuite le bois devient fibreux et dur. Sous l'effet de ruptures fragiles, la pourriture simultanée occasionne des dommages semblables à ceux de la pourriture brune.

2. Pourriture blanche sélective ou **alvéolaire** (pourriture successive, délignification sélective)

La pourriture blanche sélective commence par dégrader la lignine en particulier, mais aussi l'hémicellulose. Comme il ne reste pratiquement que la cellulose gris blanchâtre, le bois s'allège et se décolore. La structure fibreuse et molle du bois, dans le sens de la longueur, est également typique. En phase terminale, le bois est spongieux. Il garde largement sa structure, contrairement au bois atteint de pourriture brune. On trouve parfois des morceaux de bois ponctués de taches blanches entourées de bois «sain». En raison de cet aspect, la délignification sélective est appelée pourriture blanche alvéolaire ou pourriture alvéolaire.

Les agents de pourriture fibreuse sont bien plus exigeants en eau que les champignons de pourriture cubique. Habituellement non discernable macroscopiquement pendant les premiers stades de l'attaque, une pourriture de type fibreuse occasionne une décoloration progressive du bois qui devient marbré puis blanchi. Quelques espèces de champignon ne dégradent pas d'une manière homogène tout le substrat, formant, par endroit, des poches blanches. Les cellules gardent leur forme et leur taille au moins à l'état humide. Après une dégradation forte, le bois devient mou sans être vraiment friable, excepté quand il devient très sec.

En séchant le retrait du bois dégradé est semblable à celui du bois sains et la surface du bois reste sans fissures Levi, M.P. (1965). On peut distinguer deux groupes de pourriture fibreuse, les premières qui sont capables de dégrader simultanément les polymères structuraux c'est à dire, lignine, hémicelluloses et cellulose dans une proportion similaire (simultaneous white rot) tandis que les secondes ont une préférence pour dégrader la lignine et les hémicelluloses avant d'attaquer la cellulose (preferential white rot) (Eaton et Hale 1993). Les dernières ont un grand intérêt dans l'industrie papetière pour leur potentiel de délignification (bio-pulping) et de

blanchissement (bio-bleaching) des pâtes à papier (Blanchette et al.1988).

Parmi les agents de pourriture blanche connus pour la dégradation le Polypore chatoyant *Trametes versicolor* (L.) a été le plus étudié, malheureusement il est quasi inexistant dans le bâti !

Parmi les carbohydrates hydrolases, les cellulases et les hémicellulases occupent une place très importante et sont présentes dans la plupart des familles d'hydrolases définies. Elles dégradent les deux polymères les plus abondants du globe. Les cellulases sont composées de trois entités catalytiques : les endoglucanases, les exoglucanases et les bêtaglucosidases qui agissent en synergie pour dégrader la cellulose en glucose final. A part les bêtaglucosidases, les cellulases ont toujours la même structure tertiaire, à savoir un core catalytique séparé par un pont flexible (composé principalement de sérine et thréonine) du domaine de liaison à la cellulose (CBD), qui est l'un des domaines les plus conservés dans la nature. Les hémicellulases sont plus complexes et plus nombreuses que les cellulases, ce qui reflète la complexité des structures hémicellulasique. En effet, contrairement à la cellulose composée d'enchaînement linéaire d'une seule unité monomérique qu'est le glucose, les hémicelluloses comportent plusieurs sucres pouvant être modifiés et avec plusieurs branchements et plusieurs liaisons osidiques. Malgré cette différence, bon nombre de cellulases ont aussi des activités hémicellulasique et inversement.

Plusieurs points sont en commun entre toutes ces enzymes : elles sont pour la plupart extracellulaires, très robustes et ne nécessitant pas de cofacteurs généralement, présentent deux résidus acides dans le site catalytique et sont généralement inhibées par le produit final de la réaction. Leurs gènes sont généralement contrôlés positivement par le substrat à dégrader ou ses dérivés et sont aussi contrôlés négativement par le glucose et certains produits finaux de la réaction d'hydrolyse.

La pourriture blanche atteint généralement l'arbre vivant, mais aussi le bois stocké à l'état humide et bien entendu le bois de construction. Elle attaque principalement les feuillus mais aussi et dans une moindre mesure, les résineux et nécessite un certain degré d'humidité du bois pour arriver à se développer. Les champignons de la pourriture blanche les plus répandus sont entre autres les tramètes (*Trametes* et *Daedaleopsis*), les polypores au sens large (*Fuscoporia* et *Donkioporia*), les amadouiers (*Fomes*) ainsi que la plupart des xylariacées (*Xylariaceae*).

La pourriture molle

La pourriture molle apparaît généralement sur les bois constamment exposés à une humidité élevée. Les pathogènes de la pourriture molle sont capables de dégrader le bois même dans des conditions extrêmes, comme une forte saturation en eau accompagnée d'une faible teneur en oxygène. Elle met en danger les bois qui sont transformés ou stockés en plein air. Le risque de contamination est nettement accentué par le contact direct avec le sol (p. ex. les pieux et les poteaux en bois). La pourriture molle ressemble à la pourriture brune car elle détruit principalement les composants de la cellulose et relativement peu la lignine.

La pourriture molle se développe toujours à partir de la surface et pénètre peu profondément dans le bois. La surface du bois contaminé est visqueuse et de couleur foncée (grisage) à l'état humide. Le bois semble être décomposé et tendre; on peut facilement l'enfoncer avec l'ongle. Lorsqu'elle est desséchée, la surface du bois se découpe en petits cubes, semblables à la décomposition cubique due à la pourriture brune. Mais sa structure est beaucoup plus fine et ne se trouve souvent qu'à proximité immédiate de la surface.

De nombreux champignons peuvent engendrer la pourriture molle, par exemple la fistuline hépatique (*Fistulina hepatica*), le polypore géant (*Meripilus giganteus*), le polypore hérissé (*Inonotus hispidus*), les Ascomycètes du type *Chaetomiium Globosum* ou *Hypocrea Rufa* ou divers champignons imparfaits (Deuteromycètes) du genre *Trichoderma Harzianum* ou *Cladosporium Cladosporioides*.

La pourriture molle est action conjointe de plusieurs champignons microscopiques qui détruisent la cellulose comme la pourriture brune. Le bois devient noirâtre et mou et provoque une pourriture cubique superficielle. Les champignons de la pourriture molle attaquent le bois en contact avec la terre. uvre de chêne et de hêtre très humide, mais pas seulement.

Une attaque n'est décelable de l'extérieur que tardivement. Le bois attaqué par la pourriture molle est par contre très tendre et peut être enfoncé sans peine.

Un assainissement constructif est agité de feuillus. Le traitement fongicide est vivement conseillé car un bois atteint par ce type de champignon devient un substrat idéal pour la germination de autres champignons plus destructeurs.



Pourritures du bois d'œuvre



La problématique des pourritures du bois d'œuvre par les champignons

Chimie du bois : cellulose, hémicellulose et lignine

Le bois se compose essentiellement de cellulose, d'hémicellulose et de lignine qui lui confèrent sa résistance et son armature. Il contient aussi des substances extractibles du bois (tanin, résines, cires, colorants, entre autres) ainsi que des minéraux (teneur en essence, elle se répartit de la manière suivante :

Cellulose 42 - 51% Hémicellulose 24 - 40%, Lignine 18 - 30%, Substances extractibles 1 - 10% et les cendres 0,2 - 0,8%

Cellulose et hémicellulose

La cellulose est le polysaccharide le plus répandu dans la nature. Les polysaccharides sont des sucres complexes (polymères) appartenant aux hydrates de carbone. La cellulose est le principal composant des parois cellulaires des plantes. Le coton, le lin, le chanvre sont pure. La part de cellulose dans le bois atteint presque 50%, le roseau et la paille en comptent 30%. L'hémicellulose est un terme générique utilisé pour les autres polysaccharides contenus dans les parois cellulaires des plantes.

Lignine

La lignine est une substance organique qui se dépose dans les parois cellulaires des plantes et active la lignification des cellules (le mot lignine vient du latin *lignum* qui

signifie bois). La lignine n'est pas seulement la deuxième matière organique la plus fréquente sur terre, après la cellulose, mais elle compte aussi parmi les composants les plus résistants au point de vue mécanique et chimique. Seuls quelques organismes vivants sont capables de la décomposer. Les champignons responsables de la pourriture blanche fibreuse qui détruit le bois en font partie. La lignine est très dure et cassante. Sa couleur brune la rend indésirable dans la fabrication du papier, car elle contribue à son jaunissement et doit être extraite du bois au prix de procédés chimiques très exigeants. La pourriture brune cubique détruit la cellulose, mais la lignine restante confère au bois une couleur brune. Les résineux contiennent généralement plus de lignine que les feuillus.

En termes simplifiés, on peut dire que la cellulose confère aux tissus végétaux la résistance à la traction, l'hémicellulose établit le pontage entre les fibres de la cellulose et les molécules en chaîne, tandis que la lignine agit comme un ciment qui durcit la structure du bois et assure sa résistance à la compression et à la rupture.

Il faut noter que **seuls les champignons sont capables de décomposer la lignine**, en revanche d'autres organismes sont capables de décomposer la cellulose.

Pourriture brune



Pourriture cubique (Rouge ou brune).
ou encore : carie brune

La cellulose et les hémicelluloses sont dégradées préférentiellement alors que la lignine subsiste (Moore, 2000). Le bois altéré prend une teinte plus foncée que la normale, souvent brunâtre ou brun rougeâtre. Il perd son élasticité et devient de plus en plus cassant, se clivant selon trois directions sensiblement perpendiculaires (Lanier et al., 1976).

Pourriture blanche



Pourriture blanche ou fibreuse

La lignine, mais aussi la cellulose et les hémicelluloses, sont dégradées. Les vitesses relatives de décomposition de la lignine et de la cellulose varient cependant largement en fonction des espèces de champignons et des conditions qui règnent à l'intérieur du bois. Parmi les différents types de caries, deux groupes principaux sont généralement reconnus (Schwarze et al., 2000).

2-1 La délignification sélective ou type I. La lignine est dégradée avant la cellulose et les hémicelluloses. Le bois se décolore et perd de sa rigidité. Il acquiert une structure fibreuse et molle et conserve son élasticité tant que subsiste la cellulose.

2-2 La carie simultanée ou type II. La dégradation de la cellulose, des hémicelluloses et de la lignine se produisent à la même vitesse. Le bois dégradé perd de sa rigidité et de son élasticité.

Les caries (ou pourritures) provoquées par les Basidiomycètes se répartissent principalement en deux groupes, la carie brune et les caries blanches.

Pourriture alvéolaire



Pourriture alvéolaire

Caractéristique des Ascomycètes lignivores, elle peut également être provoquée par certains Basidiomycètes (mais plus rarement), soit en complément, soit alternativement à leur mode habituel d'attaque que sont les caries blanches ou caries brunes (Schwarze et al., 2000). La carie alvéolaire (carie alvéolaire facultative ou transitoire) se caractérise par une dégradation précoce de la cellulose suivie d'une lente dégradation de la lignine.

Les caries provoquées par les Ascomycètes se caractérisent par une pourriture de type alvéolaire.

Notre photo montre les ascomes de *Bulgaria inquinans* sur écorce des troncs de chêne abattus.