

Des plantes et des champignons

Marcel Lecomte

Petit rappel de systématique :

Le règne des FUNGI se répartit en plusieurs divisions

- + DEUTEROMYCOTA : pas de reproduction sexuée, donc pas de spores, mais des conidies
- + GLOMEROMYCOTA : pas de reproduction sexuée ; mycélium siphonné
- + CHYTRIDIOMYCOTA : zoospores à un flagelle
- + ZYGOMYCOTA : zygospores ; mycélium siphonné
- + ASCOMYCOTA : ascospores ; hyphes septées
- + BASIDIOMYCOTA : basidiospores ; hyphes septées

Chez ces derniers, on va trouver 3 classes :

- ++ Homobasidiomycètes → basides non cloisonnées (Gastéromycètes et Hyménomycètes)
- ++ Phragmobasidiomycètes → basides cloisonnées ; spores secondaires (Auriculariales et Trémellales)
- ++ Hémibasidiomycètes (Téliomycètes) → basides cloisonnées ; parasites obligatoires des végétaux supérieurs. Dans cette classe, nous allons rencontrer les USTILAGINALES (Charbons) et les UREDINALES (Rouilles). Cette classification a été modifiée récemment suite aux travaux basés sur l'ADN, mais celle mentionnée ci-dessus nous convenait très bien, pour ses critères de différenciation des basides. Aussi, nous lui restons fidèle dans le cadre de ce travail.

Parmi tous des groupes, on va rencontrer nombre d'espèces qui parasitent les végétaux, en leur occasionnant des torts /- graves ; outre les Charbons, les Mildious, les Oïdiums et les Rouilles, d'autres cas de figure peuvent se présenter.

+++ Les pycnides des Deutéromycètes



Phyllosticta convallariae sur Sceau de Salomon



Septoria astericola sur Aster sp.



M. Lecomte - 2012 ©

. +++ **Ne pas se laisser abuser non plus par les gales** provoquées par des larves d'insectes (une des plus connues est le Bédégar du rosier), ou encore par les taches provoquées par des virus (comme la Mosaïque du tabac) ou de simples nécroses.

← *Neuroterus numismalis* sur feuille de Chêne

Les ROUILLES ou Urédinales, ou Urédiniomycètes, ou Pucciniomycètes

Notre propos n'est pas de présenter ici une étude détaillée des Urédinales, même si cela s'avère particulièrement intéressant. Des articles de fond ont été publiés sur ce sujet dans le bulletin annuel de l'Association des Mycologues Francophones de Belgique (*). Rappelons quand même quelques principes de base, essentiels à nos yeux pour pénétrer ce monde fascinant, qui demande de bonnes connaissances botaniques, car les clés de détermination sont basées sur le nom des plantes.

(* **VANDERWEYEN A.**, 2012 - Quelques notions sur les rouilles (1^{ère} partie), bulletin 2012/05, p. 13-15

VANDERWEYEN A., 2013 - Quelques notions sur les rouilles (2^{ème} partie), bulletin 2013/06, p. 24-27

Ces bulletins sont accessibles sur le site de l'A.M.F.B. à l'adresse suivante :

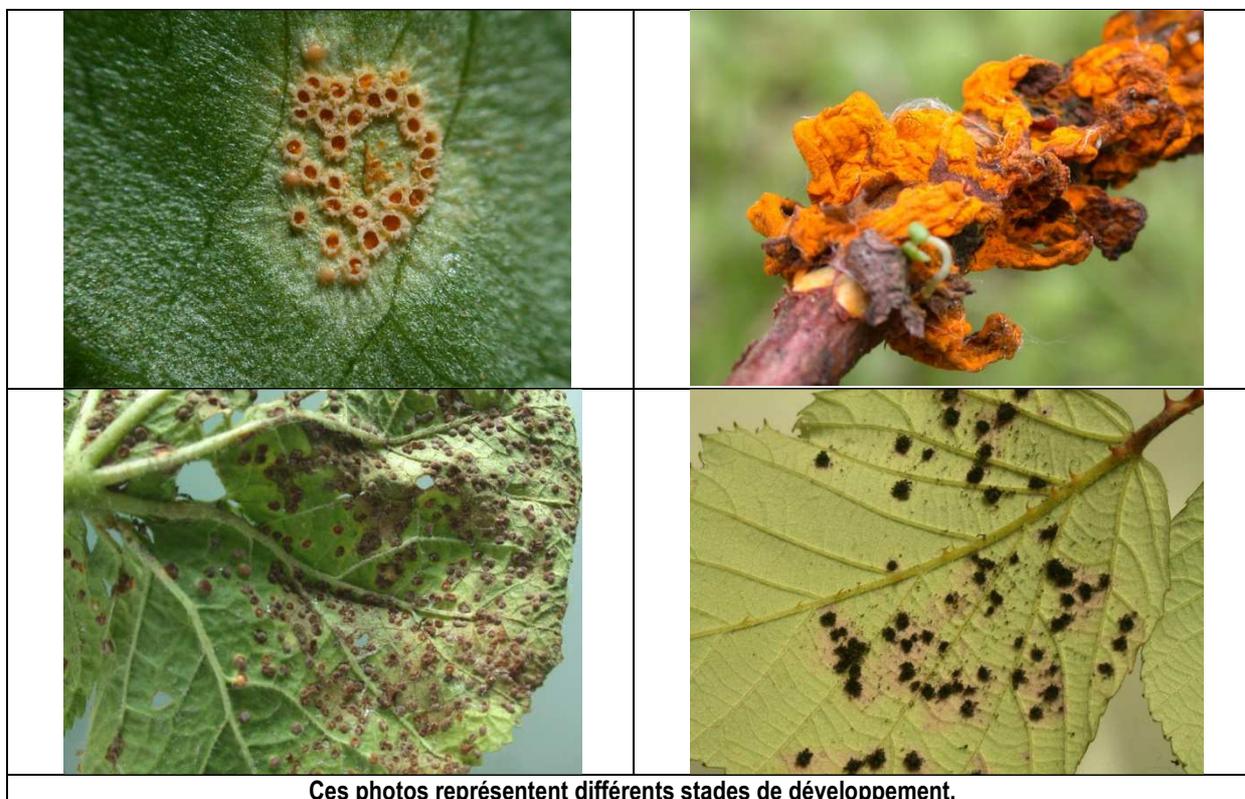
<http://www.amfb.eu/Publications/Publications.html>

Une notion très importante :

Une rouille peut être **autoxène**, c'est-à-dire qu'elle effectue tout son cycle de développement sur la même plante (comme *Phragmidium tuberculatum* sur le Rosier).

Mais très souvent, elle sera **hétéroxène**, c'est-à-dire qu'elle doit effectuer son cycle de développement sur deux plantes différentes... (comme *Tranzchelia pruni-spinosae* qui se développe d'abord sur l'Anémone Sylvie et ensuite passe sur divers *Prunus*).

Voici à quoi cela ressemble :



Ces photos représentent différents stades de développement.

Elles présentent un cycle de vie assez complexe où chaque stade va donner des « spores » de formes différentes :

+++ **stade 0 ou S** : les basidiospores germent au contact de l'hôte (feuille ou tige) en donnant des spermatogonies et des primordia d'écidies (voir explication p. suivante) ;

+++ **stade 1** : le zygote se développe rapidement et forme des écidies (écidiosores) générant des écidiospores monoculaires ; c'est ici qu'il y a un changement éventuel d'hôte ;

+++ **stade 2** : l'écidiospore produit un mycélium qui va contribuer à la formation d'une urédie (urédosore) contenant des urédospores monoculaires ;

+++ **stade 3** : l'urédospore va germer et donner naissance à un mycélium qui va former des télies (téleutosores) contenant des téleutospores mono-, bi- ou pluriloculaires ;

+++ **stade 4** : (quasi jamais mentionné dans la littérature) ; une téleutospore tombe au sol et germe si elle rencontre des conditions favorables, pour donner naissance à une probaside puis à des basidiospores.

Le CYCLE de DEVELOPPEMENT d'une ROUILLE

Hôte A - Stade 0 ou S

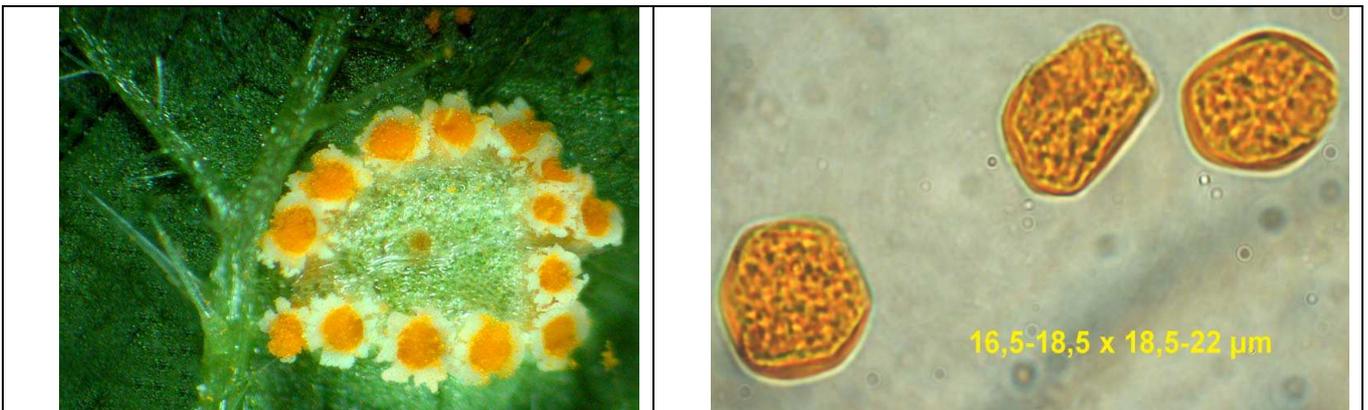
Chaque **BASIDIOSPORE** (issue d'un stade 4) **germe au contact de l'hôte (feuille)** sur lequel elle est transportée par le vent, la pluie ou les insectes ; et après infection, le champignon provoque l'apparition d'une macule foliaire :

- formation d'un filament mycélien haploïde (1n, positif ou négatif) dérivant directement de la basidiospore infectante ;
- formation de **spermogonies odorantes** (conceptacles) et de **spermaties** (de polarité n+ ou n-), ainsi que de **proécidies** ;
- capture d'une spermatie de polarité opposée par une hyphe flexueuse (appelée **trychogyne**) : les insectes interviennent particulièrement et efficacement grâce à l'odeur générée par la spermogonie ;
 - l'hyphe véhicule le noyau jusqu'à la proécidie ;
 - formation d'un œuf (zygote) dicaryote (noyaux séparés dans le même cytoplasme) qui va germer sur l'espèce A, et, sauf transport par les insectes ou le vent, sur le même individu.

Stade 1

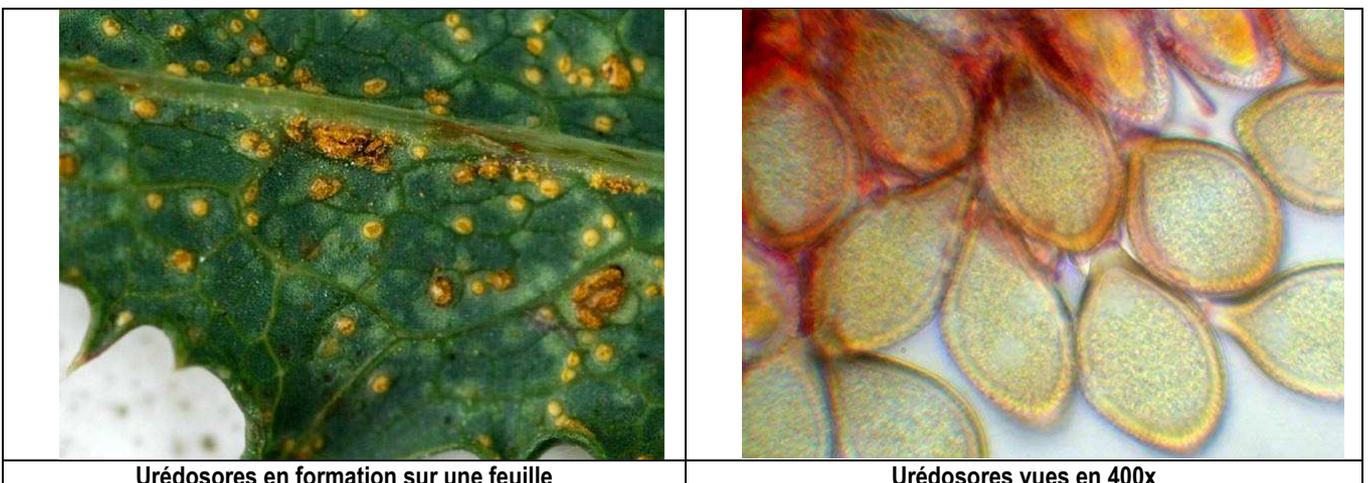
Le ZYGOTE se développe rapidement . → La rencontre de deux mycéliums de valence sexuelle différente induit la formation, souvent sur l'autre face d'une feuille, de réceptacles appelés **écidies** (apparition très rapide au printemps).

- les écidies vont générer des **écidiospores** monoloculaires et grossièrement ornementées ; leur particularité est de posséder, non pas un noyau diploïde, mais bien deux noyaux haploïdes (n + n). C'est la dicaryophase.
- Présence d'un péricardium qui joue un rôle de protection (parfois simples paraphyses).
- Germination sur même espèce (Aut.) ou espèce très différente (Hét.).



C'est ici que va intervenir le changement d'hôte pour les espèces HETEROXENES. Pour les espèces AUTOXENES, le cycle continue sur le même individu.

Hôte A ou B - Stade 2



Urédosores en formation sur une feuille

Urédosores vues en 400x



Urédosores de *Puccinia caricina* sur *Carex* sp.

L'écidiospore germe sur la plante et se développe rapidement.

→ Production d'un mycélium.

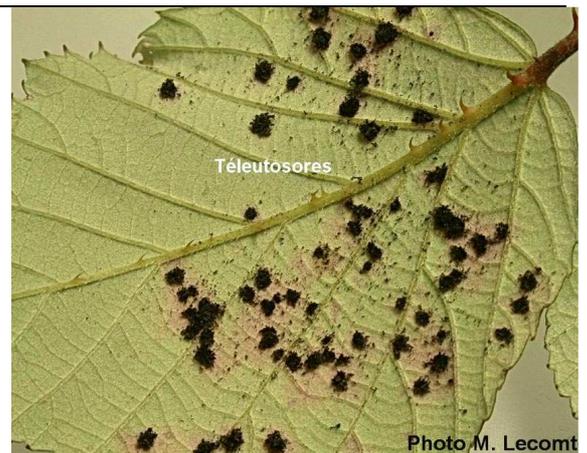
→ Formation rapide d'un **urédosore** (aussi appelée urédie ou sore) contenant des **urédospores** monoloculaires et grossièrement ornementées, parfois avec un stipe fugace, toujours à $n + n$ chromosomes.

→ Présence d'un ou de plusieurs pores germinatifs.

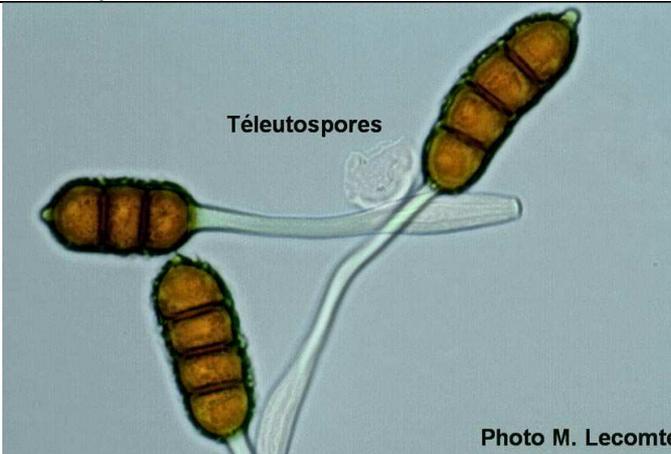
→ Germination des urédospores et généralisation de l'infection. Ces urédospores sont des agents de dispersion de la maladie sur l'espèce.

→ Germination des urédospores et production d'un mycélium à téléutosores (aussi appelées télies ou sores).

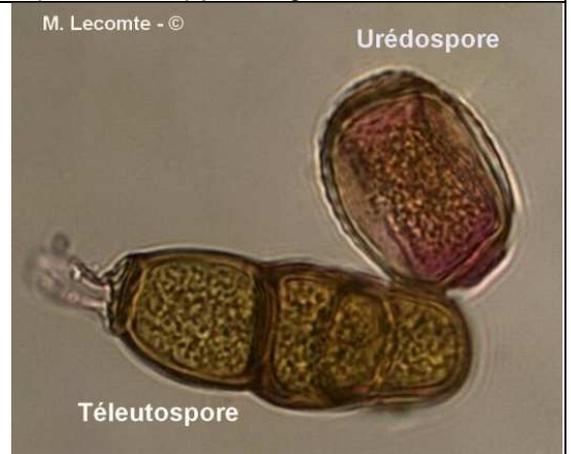
Stade III :



Face supérieure ↑ et inférieure ↗ de feuille de Framboisier infectée (*Rubus idaeus*) par *Phragmidium violaceum*



Téleutospores de *Phragmidium violaceum*



Puccinia bornmuelleri sur la Livèche (*Levisticum officinale*)



Photo M. Lecomte, 2017 - ©

Téleutospore multiloculée de *Phragmidium tuberculatum* accompagnée d'une urédospore (il est fréquent que les deux cohabitent sur la même feuille).

L'urédospore va germer :

→ production d'un mycélium ;

→ formation de **téleutosores** sous l'épiderme (pustules, coussinets, cornicules) qui vont générer des spores particulières : les **téleutospores** avec un stipe hyalin et parfois plusieurs loges (locules) : les deux noyaux haploïdes vont s'unir pour donner un zygote diploïde (2 n). C'est la fin de la dicaryophase.

Ces téleutospores peuvent être uni- ou pluricellulaires, d'où la présence d'un ou de plusieurs pores germinatifs (chaque locule possède un spore germinatif). Dans le cas des *Puccinia*, par exemple, elles sont bicellulaires (biloculées). Comme ce sont des spores hivernales, elles possèdent une paroi à haute résistance. Chez les *Phragmidium*, on peut rencontrer de 4 à 8 locules, voire plus.

Stade IV



Une TELEUTOSPORE se détache du téleutosore : chacune des cellules (locules) va germer en formant un court mycélium, dans lequel le noyau se divise, par méiose, en quatre noyaux haploïdes, et qui devient une baside cloisonnée. Chaque élément produit une *basidiospore*, qui ne sera pas contaminante pour

l'hôte **B**, mais bien pour l'espèce **A**. Le cycle est bouclé.



Photo J. Pellicani - ©

Naissance de deux basides, issues des téleutospores

+ Cette spore est très résistante (paroi épaisse et pigments foncés).

+ Elle passe l'hiver sur le sol.

+ Germination des « n » loges (probasides) et naissance de « n » mycéliums.

+ Différenciation d'une baside cloisonnée en 4 articles → 4 stérigmates → 4 basidiospores externes, qui vont germer.

L'ordre des Urédinales compte actuellement 15 familles dont les plus connues sont les Mélampsoracées, à téleutospores sessiles, et les Pucciniacées, à téleutospores pédicellées.

LES CHARBONS OU USTILAGINOMYCETES



← *Ustilago maydis* sur un épi de maïs

Ce sont des Basidiomycètes endoparasites, terrestres ou aquatiques, qui s'attaquent à nombre de végétaux, essentiellement des graminées. Les spores noires (qui justifient le nom de « charbon ») infectent les plants sains en se propageant par le sol.

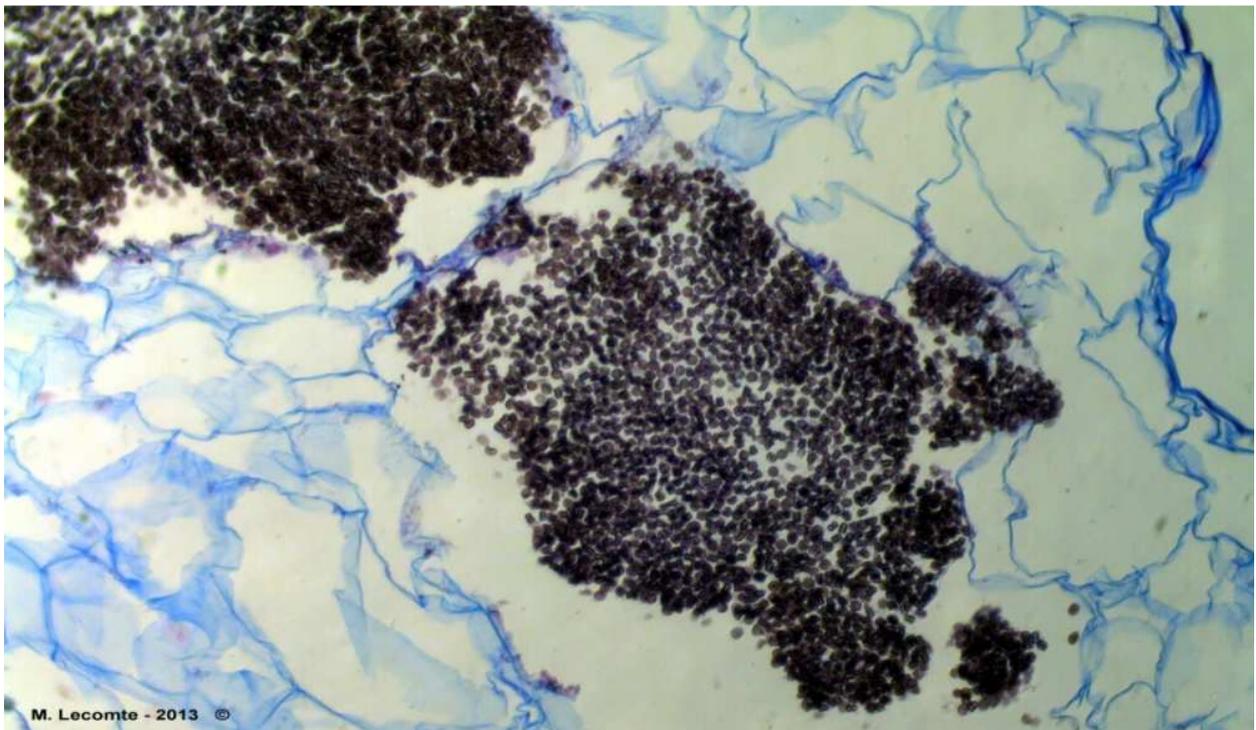
Le mycélium interne est cloisonné, intercellulaire, (rarement intracellulaire : *U. maydis*) pourvu de suçoirs, annuel ou vivace, localisé au point d'infection ou ascendant dans toute la plante.

La reproduction, généralement sexuée, est précédée par la formation de spores durables

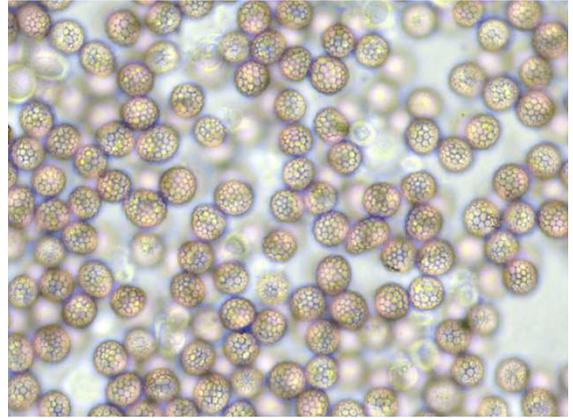
diploïdes, à paroi ordinairement de couleur foncée, disposées presque toujours dans un sore nu (ou enveloppé par une pseudo-membrane constituée par des hyphes stériles), à la surface ou dans les tissus d'un organe défini, pour l'espèce considérée (racines, feuilles, fleurs, étamines, ovaires) ; on rencontre parfois une reproduction asexuée par des conidies à la surface de l'hôte (*Entyloma*, *Ginanniella*). La spore mûre possède une paroi épaisse, +/- ornée de verrues, d'aiguillons, de crêtes isolées ou en réseau.

Depuis 2007, cette classe est divisée en 2 Ordres : les Ustilaginales et les Urocystales. Le représentant sans doute le plus spectaculaire est le charbon du Maïs (*Zea mays*). Il fut une époque où *Ustilago tritici* dévastait les cultures de Blé et d'Orge, mais l'utilisation de semences traitées aux fongicides a éradiqué ce véritable fléau agricole.

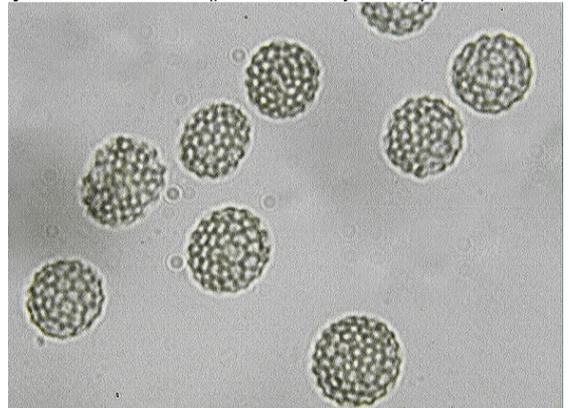
↓ Coupe transversale dans un sore d'*Ustilago maydis*, après inclusion dans la paraffine et coloration au bleu azur



Le mycélium endogène des Ustilaginomycètes possède une particularité : chaque cellule du mycélium est susceptible de devenir une conidie (une chlamydospore), qui sera dispersée surtout par le vent. Quelques espèces du genre *Microbotryum* forment leurs sores dans les anthères de Dicotylédones (Caryophyllacées), comme les Silènes ou les Lychnis ; les spores du charbon prennent la place des grains de pollen et sont ainsi transportées par les insectes butineurs.



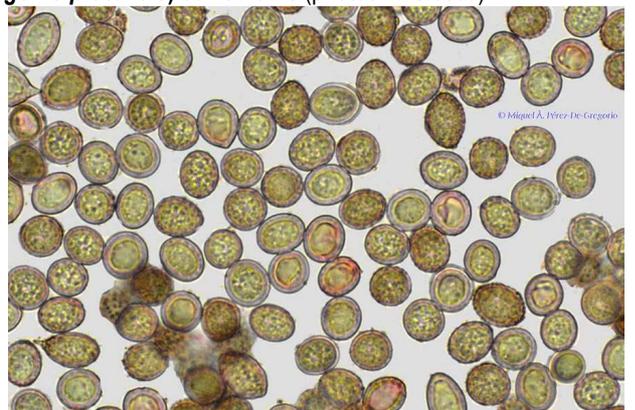
Microbotryum coronariae (Ustilago coronaria)* sur *Lychnis flos-cuculi (photos D. Ghyselinck)



Microbotryum violaceum (Ustilago violacea)* sur *Lychnis fleur-de-coucou (photo micro : J. Pellicani)



Ustilago tragopogonis-pratensis (Microbotryum tragopogonis-pratensis)* sur *Salsifis (photos B. Clesse)

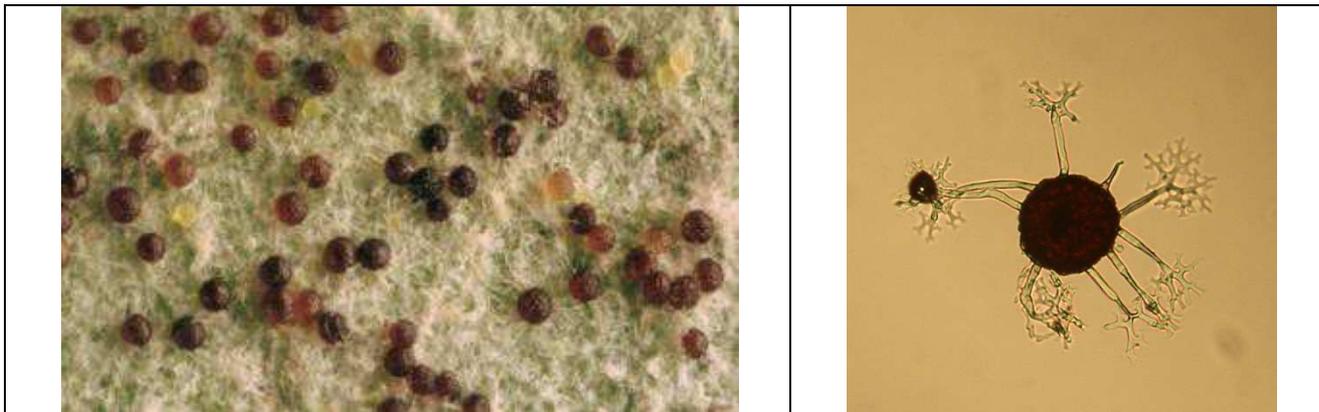


***Ustilago maydis* sur épi de Maïs** (photos M. Lenne & M.P. Di Gregorio ↑)

Loin de nous l'idée d'affirmer que certaines choses sont plus intéressantes que d'autres, mais il faut bien reconnaître que les spores des Charbons ne présentent pas beaucoup de diversité, ce qui peut générer à la longue une forme de lassitude.

LES OÏDIUMS OU ERISYPHALES

Ils se caractérisent par un feutrage blanchâtre, et la présence lors de la phase de reproduction de cléistothèces, remarquables par la présence de fulcres aux extrémités diversement ornementées. Voici un des plus courants : *Microsphaera alphitoides* ↓ sur feuille de *Quercus* sp.



Ce sont des Ascomycètes (à forme sexuée présentant des ascospores), qui ont la particularité d'être tous ectoparasites des végétaux, et peuvent causer des dommages très importants aux plantes cultivées.

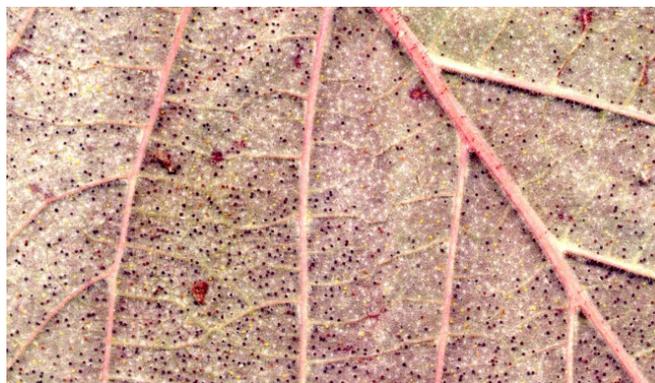
Ils provoquent ce qu'on appelle la « maladie du blanc », car leur attaque se manifeste d'abord par un feutrage blanc grisâtre, farineux, abondant, qui apparaît surtout à la surface des 2 faces des feuilles (parfois sur les bourgeons, tiges, fleurs ou fruits). Attention : il y a souvent confusion entre les oïdiums et les mildious à qui on attribue indifféremment le terme de « blanc ».

Contrairement à d'autres parasites, ils peuvent se développer par temps relativement sec. Le terme « oïdium » qui leur est attribué recouvre en réalité plusieurs espèces bien distinctes.

Les plus connus sont les oïdiums de la Vigne (*Uncinula* ou *Erysiphe necator*), du Chêne (*Microsphaeria alphitoides*), du Fraisier (*Podosphaera aphanis*), du Pommier (*Podosphaera leucotricha*), de la Tomate (*Leveillula taurica*), du Concombre (*Podosphaera fusca*), du Pois (*Erysiphe polygoni*), des Céréales (*Blumeria graminis*), du Marronnier (*Uncinula flexuosa*), du Rosier (*Sphaerotheca pannosa*), de l'Erable (*Uncinula bicornis*).

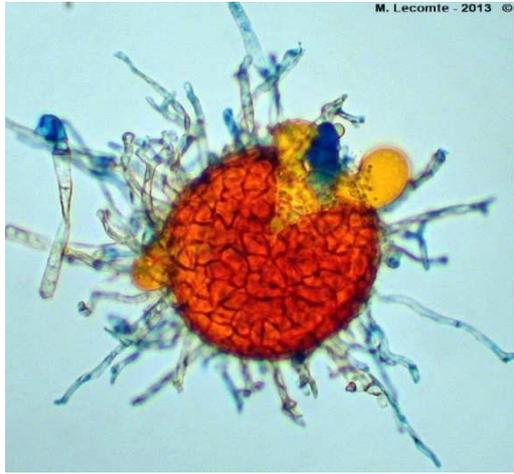
Cléistothèces de *Phyllactinia guttata* sur feuille de *Corylus avellana* (Noisetier) - Photo Luc Bailly →

Dans une famille bien précise (les *Erysiphaceae*, regroupant notamment les genres *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinula*), la pulvéulence blanchâtre révèle la présence de nombreuses conidies (appelées aussi oïdies), qui assurent la reproduction asexuée de l'espèce. Le mycélium génère des sporophores, au sommet desquels on trouve des chaînettes d'oïdies. En fin de saison, on voit apparaître des fructifications +/- globuleuses, des périthèces appelés



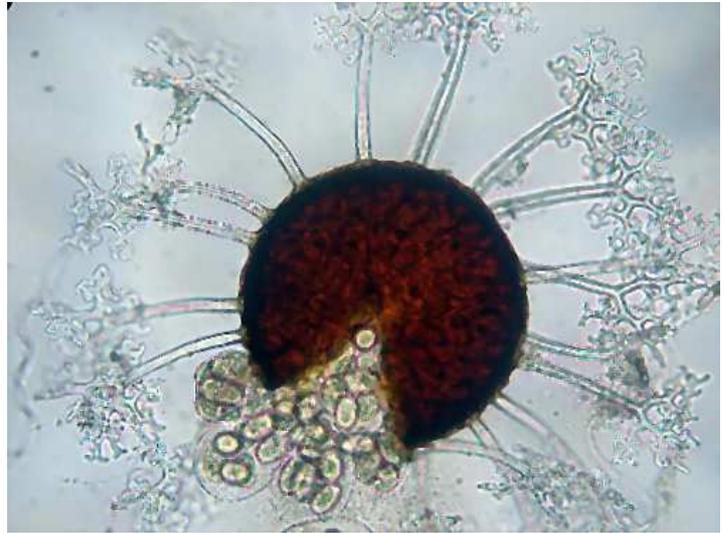
« cléistothèces », qui participent à la reproduction sexuée ; ils contiennent un nombre variable d'asques (de 1 à 20), avec pour chacun 2 à 8 ascospores ; ils sont ornés d'appendices parfois spectaculaires, étalés radialement et appelés « fulcres », qui vont jouer un rôle important pour la détermination spécifique (en raison de leurs formes très variées). A maturité, le cléistothèce va s'ouvrir par déchirure.

← Les cléistothèces de *Phyllactinia guttata*, à divers stades de maturité (lorsqu'ils sont mûrs, ils sont quasi noirs). A ce grossissement, on distingue à peine les fulcres.

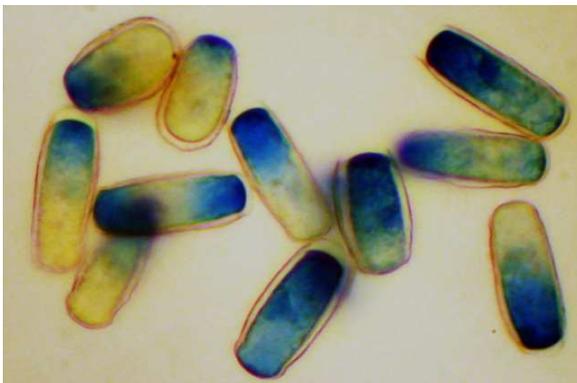


Ci-contre, on distingue nettement la strate externe de l'enveloppe périthéciale, formée de cellules pigmentées, de grande taille, à parois épaisses, ce qui lui confère une allure de réseau.

← Cléistothèce avec fulcres simples chez *Erysiphe heraclei*, sur *Heracleum sphondylium* (grande Berce)



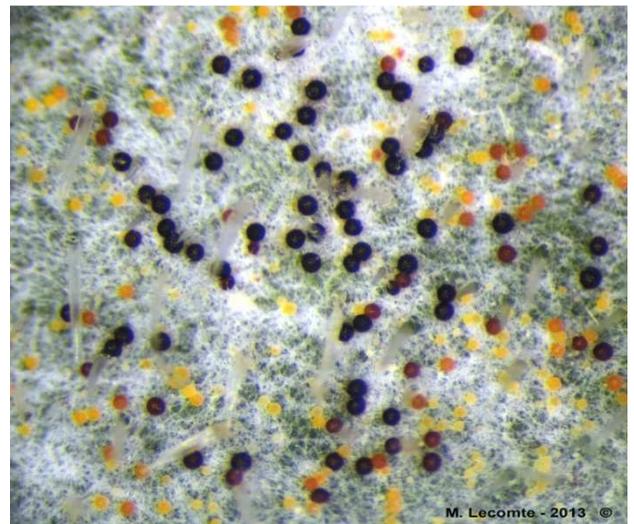
Cléistothèce avec fulcres complexes → chez *M. alphitoides*, sur Chêne ; on distingue nettement les asques et ascospores, libérés par rupture de l'enveloppe - photo M. Vérollet



← Conidies colorées au bleu coton (photo André Février)

→ Si on presse trop fort sur un cléistothèce non mûre, il se rompt et laisse échapper un liquide jaunâtre, huileux, qui pollue la préparation ↴.

→ Si on presse sur un cléistothèce mûr, on voit apparaître les asques et les ascospores ↑.



↑ ↗ → Etude réalisée sur une feuille de grande Berce (*Heracleum sphondylium*) : *Erysiphe heraclei* a proliféré jusqu'à envahir toutes les feuilles.

A l'œil nu, les cléistothèces se présentent comme de minuscules points noirs. A la loupe, on distingue les différents stades de maturité, du jaune clair au brun noirâtre.

→ Si on observe des cléistothèces mûres au microscope, une légère pression exercée sur la LCO va faire exploser la sphère et libérer les asques (dans le cas présent, les ascospores ne sont pas encore bien formées, et il est impossible de distinguer leur forme).

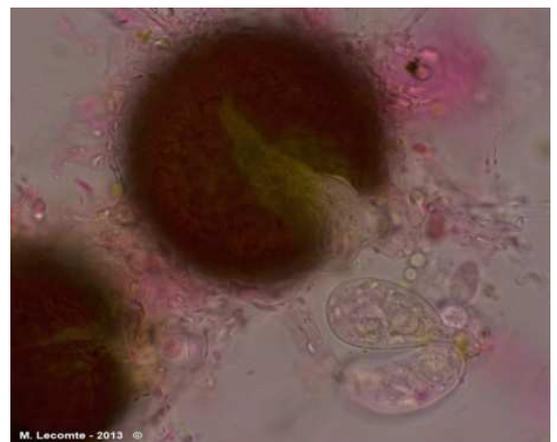




Photo F. Corhay - ©

▲ Cléistothèque avec asques (remplis d'ascospores) et fulcres de *Microsphaeria alphitoides* ▲
Remarquable photo de François Corhay, Webmaster du site de l'AMFB

LA VIGNE A BEAUCOUP D'ENNEMIS



← Feuilles de vigne (*Vitis vinifera*) infectées par *Colomerus vitis*, un acarien, avec boursouflures caractéristiques ; on peut confondre cela avec un champignon.

UN ACARIEN : ce feutrage blanc n'est pas un champignon ; c'est une hypertrophie des poils du limbe ; au départ, ils sont blanc pur puis vont virer au rouge-marron en vieillissant. L'acarien est invisible à l'œil nu ; cette « maladie » est appelée « érinose ». On peut traiter à titre préventif, au printemps, par pulvérisation de soufre, afin d'empêcher un envahissement généralisé, qui risquerait d'affaiblir la plante et de diminuer le rendement.



UN OÏDIUM : un feutrage blanchâtre apparaît à la face supérieure et inférieure des feuilles, ainsi que sur les fruits. Il est d'ailleurs souvent confondu par un néophyte avec le mildiou de la vigne.

Nous avons eu la possibilité d'étudier ce champignon grâce à l'aide de Guy Moussy, viticulteur en Champagne et mycologue, qui nous a procuré le matériel nécessaire. Mais le champignon n'en était encore qu'au stade conidien, et il nous a été impossible de trouver des cléistothèques.



Un prélèvement à l'aiguille ou à la pince n'est guère efficace, car les conidies sont éparpillées dans le mycélium. Il faut avoir recours au papier collant, afin d'espérer trouver des conidies encore attachées au bout des filaments mycéliens qui les produisent par génération apicale.



LES MILDIOUS

Autrefois classés parmi les champignons inférieurs (Oomycètes), les mildious sont rangés maintenant dans un autre règne, celui des *Chromista*. Ils ont des caractères communs avec les Fungi : hyphes, mycélium, sporulation... mais ont des spores mobiles (2 flagelles) et une paroi cellulosique (non chitineuse), ce qui ne correspond plus à la définition d'un champignon. On peut dire, en quelque sorte, que ce sont des algues qui ont perdu leurs chloroplastes et deviennent donc des parasites obligés des végétaux.



↑ Feuilles de Vigne (*Vitis vinifera*) ↑ et grappe ↓ infectées par *Plasmopara viticola* ↑



Extrémités mycéliennes montrant les points d'insertion des conidies →

Ils sont responsables de maladies épidémiques très dommageables chez de nombreuses plantes : Vigne (*Plasmopara viticola*), Tomate, Aubergine et Pomme de terre (*Phytophthora infestans*), Poireau (*P. porri*), Chou, Radis, Roquette (*Peronospora brassicae* = *P. parasitica*), Tabac (*P. tabacina*), Pois (*P. viciae*), Epinard (*P. farinosa* f. *spinaciae*), Mâche (*P. valerianellae*), Laitue (*Bremia lactucae*).

Les MOISSURES

L'utilisation du terme « moisissure » n'a pas de réelle signification systématique ; ce sont des champignons, et ils ont fondamentalement les caractères de ces organismes. Mais il faut savoir que sous cette forme, on a toujours à faire à un anamorphe, c'est-à-dire un stade de développement qui ne se reproduit que de manière asexuée¹ par des conidies (simple mitose, correspondant à un clonage naturel). Le téléomorphe est très souvent un Ascomycète, se reproduisant de manière sexuée par des ascospores (méiose, avec conjugaison des patrimoines génétiques).

Certaines d'entre elles sont des auxiliaires incontournables de notre quotidien, en permettant la fabrication de nombreux fromages : *Penicillium camemberti* (Brie, Camembert), *P. roqueforti* (Roquefort, bleu d'Auvergne, Fourme d'Ambert) ; *P. candidum* génère la croûte blanche duveteuse typique de nombreux fromages (Coulommiers), ou d'antibiotiques (*Penicillium notatum* = *chrysogenum*). *P. glaucum* est à l'origine du Gorgonzola et du Bleu de Gex.

D'autres permettent d'approvisionner la pharmacopée des antibiotiques indispensables à notre survie.

Toutes les moisissures sont saprophytes ou saprotrophes, et se développent sur et au détriment de matériaux inertes très variés (papier, bois, plâtre, aliments divers, fruits, légumes...). Elles jouent un rôle fondamental dans le recyclage et la décomposition de la matière organique. Dans une habitation, elles se développeront plus particulièrement à proximité de traces d'humidité (fuite au niveau d'une canalisation, condensation, choc thermique, pièce mal ventilée, salles d'eau...) avec une prédilection pour les composés celluliques ou le plâtre. Certaines peuvent être "opportunistes", c'est-à-dire que, bien que naturellement saprophytes, elles peuvent dans certains cas se comporter en parasites, se développer sur des organismes vivants (animaux ou végétaux) dont les défenses sont affaiblies, les tuer et finalement passer à un développement saprophyte. L'appareil végétatif, qui permet la croissance et le développement, est composé de filaments appelés hyphes dont l'ensemble constitue un réseau : le mycélium. Il va à la recherche de ses aliments, et dégrade le support par émission d'enzymes et d'acides.

***Penicillium camemberti* en BP, sur milieu de Sabouraud + chloramphénicol – culture M. Lecomte →**

La colonisation du substrat est donc réalisée par extension et ramification des hyphes. L'accroissement de celles-ci

s'effectue par le sommet (on parle d'une croissance apicale). Les régions terminales des hyphes sont caractérisées par la présence de nombreuses vésicules cytoplasmiques contenant les enzymes. Les hyphes sont appliquées sur le substrat ou parfois immergées dans celui-ci. Au point de vue structural, ce sont des sortes de tuyaux contenant le cytoplasme, les noyaux et autres éléments cellulaires. Elles sont généralement cloisonnées. Dans les parties jeunes du mycélium, les cloisons sont percées de pores qui permettent le passage du contenu cellulaire d'un compartiment à l'autre.

Les principaux facteurs de développement sont :

Les éléments nutritifs

Les plus importants sont le carbone, l'azote, et des ions minéraux (potassium, phosphore, magnésium) en quantités très faibles. Certains produits, tels l'amidon, la cellulose, les protéines, doivent être transformés préalablement par le champignon avant d'être absorbés, grâce à un équipement enzymatique adapté,



¹ (ML) : en parcourant toute notre documentation disponible, nous avons pu constater que le mot « spore » est utilisé par les auteurs indifféremment du mode de reproduction, sexuée ou non. En mycologie, prenons l'habitude d'utiliser « conidies » pour la reproduction asexuée et « spores » pour la reproduction sexuée.

souvent caractéristique des espèces. Un *Trichoderma* par exemple dégradera la cellulose tandis qu'un *Scopulariopsis* sera plus actif sur un support de nature protéique. Les quantités de substrat nécessaires au développement des moisissures sont extrêmement faibles.

Les facteurs environnementaux

À la différence des substances nutritives qui sont toujours beaucoup plus abondantes que ne le nécessite le développement des moisissures, la qualité de l'environnement (eau, température, oxygène...) constitue un élément déterminant, dont le plus important est l'humidité. Tout le monde sait que les moisissures apparaissent après un accroissement accidentel du taux d'hygrométrie. Certaines moisissures peu nombreuses, dites xérophiles, commencent à se développer à 65-70 % d'humidité (*Eurotium* - *Aspergillus* du groupe *glaucus*) ; au fur et à mesure où augmente le taux d'hygrométrie (vers 80-90%) arrivent ensuite des espèces de plus en plus nombreuses.

***Penicillium glaucum*, sur milieu de Sabouraud + chloramphénicol - Ensemencement au départ d'une Tomate infectée, et colonie développée en 24 h avec incubation à 30° C. Il est curieux de constater que le champignon présente deux souches de couleurs différentes – culture M. Lecomte →**



Photo M. Lecomte
2016 - ©

Après un temps de développement varié, elles doivent se reproduire, comme tous les champignons, puis se propager pour aller coloniser d'autres substrats. Elles se multiplient par des conidies minuscules (3-5 µm pour la plupart) d'origine asexuée, qui sont produites en très grand nombre par le mycélium. Elles peuvent survivre très longtemps. Lorsque les conditions environnementales deviennent favorables (augmentation de l'humidité principalement), elles germent, et génèrent du mycélium qui reformera, à son tour et très vite, des conidies. Celles-ci se forment selon des processus +/- différenciés et très variés. Elles peuvent être solitaires, groupées en chaînes, ou contenues dans un conidiophore. Le moindre courant d'air les détache et les emporte. L'air des habitations en contient toujours en quantité +/- grande selon la saison. Leur identification repose principalement sur leur mode de formation et de groupement sur le mycélium. Les principales espèces rencontrées dans l'air ambiant, appartiennent aux genres *Penicillium*, *Aspergillus* et *Cladosporium*.

Certaines conidies, appelées gloéospores, ont une paroi épaisse, sont de consistance humide, et restent collées entre elles par un mucus (*Acremonium* sp., *Chaetomium* sp., *Exophiala* sp.) ; elles seront véhiculées au niveau des substrats, par contact, par des insectes, par l'eau, mais rarement par l'air.

D'autres espèces par contre ont des conidies légères, qui pourront être dispersées facilement par les courants d'air. C'est le cas des *Penicillium* et *Cladosporium* qu'on trouve en grand nombre dans l'environnement.

Elles ne sont pas toujours nos « amies ».

En effet, si certaines nous sont très utiles et profitables, d'autres peuvent nous compliquer singulièrement la vie et provoquer nombre de dégâts.

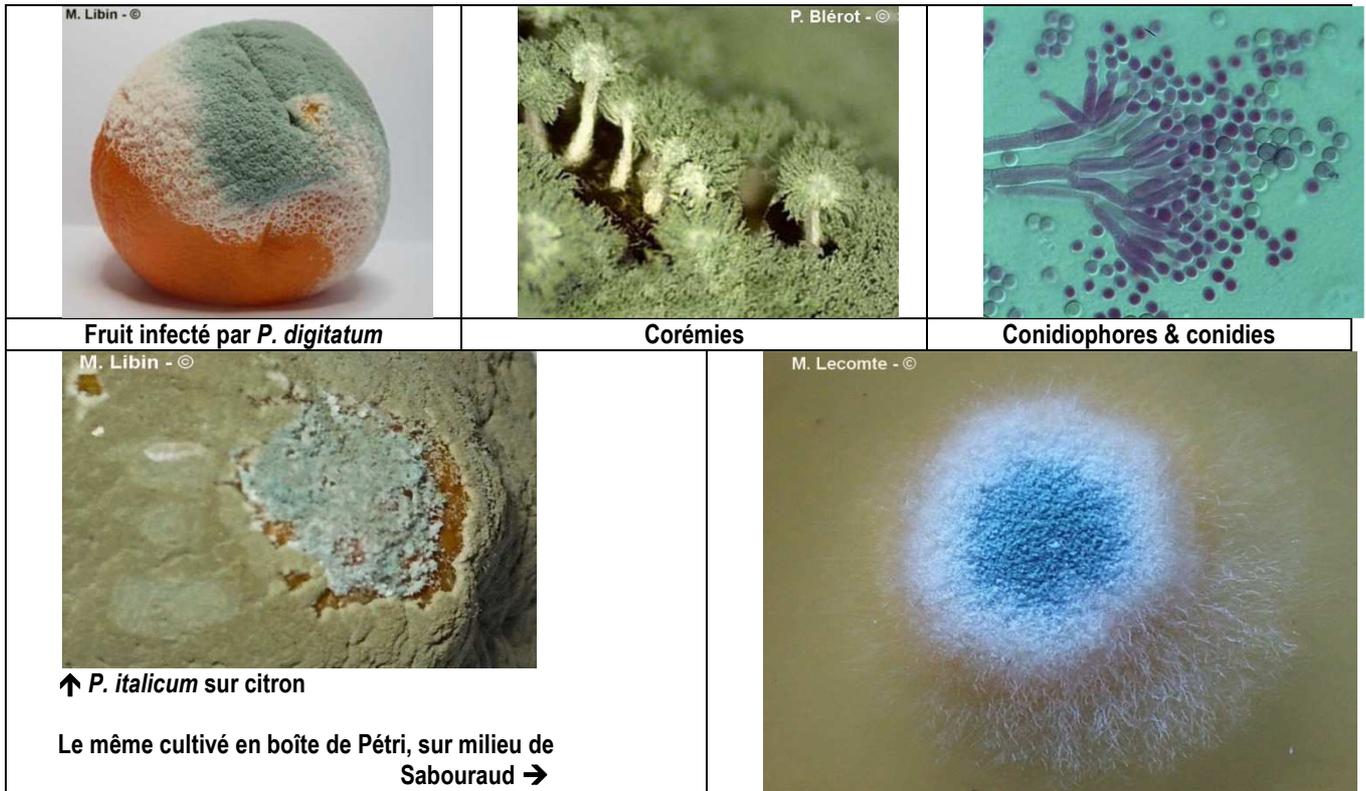
Le genre *Penicillium*

Ses représentants se caractérisent par la présence de conidiophores plus ou moins ramifiés, terminés des phialides, disposées en verticilles. Les phialides sont serrées les unes contre les autres, ce qui confère à l'ensemble une forme de pinceau, d'où leur nom ; elles génèrent des chaînes de conidies très nombreuses, qui se séparent au moindre contact, d'où la difficulté d'obtenir des préparations où ces chaînes sont visibles (nous vous conseillons d'utiliser la technique de prélèvement du « papier collant »).

Penicillium digitatum s'attaque à tous les agrumes, et est connu comme étant surtout la pourriture verte des oranges (*Citrus sinensis*) et des citrons (*Citrus limon*), mais également des mandarines (*Citrus reticulata*). C'est un parasite de blessures, qui ne se développe pas sur un épiderme intact.

P. italicum s'attaque aux mêmes fruits que le précédent et ils cohabitent très souvent sur le même substrat. Il se différencie de son semblable par sa couleur vert bleuâtre (d'où son nom de « pourriture bleue »).

des agrumes”), et peut apparaître même si on ne brise pas la chaîne du froid. L'épiderme atteint devient plus clair, se ramollit et puis le mycélium apparaît. Les conidies bleutées se forment au centre d'une colonie circulaire blanche, parfois peu visible quand tout le fruit est infecté. Tous deux sont présents tout au long de la chaîne de vie depuis la cueillette, et durant tous leurs déplacements, jusqu'au réfrigérateur de votre cuisine.

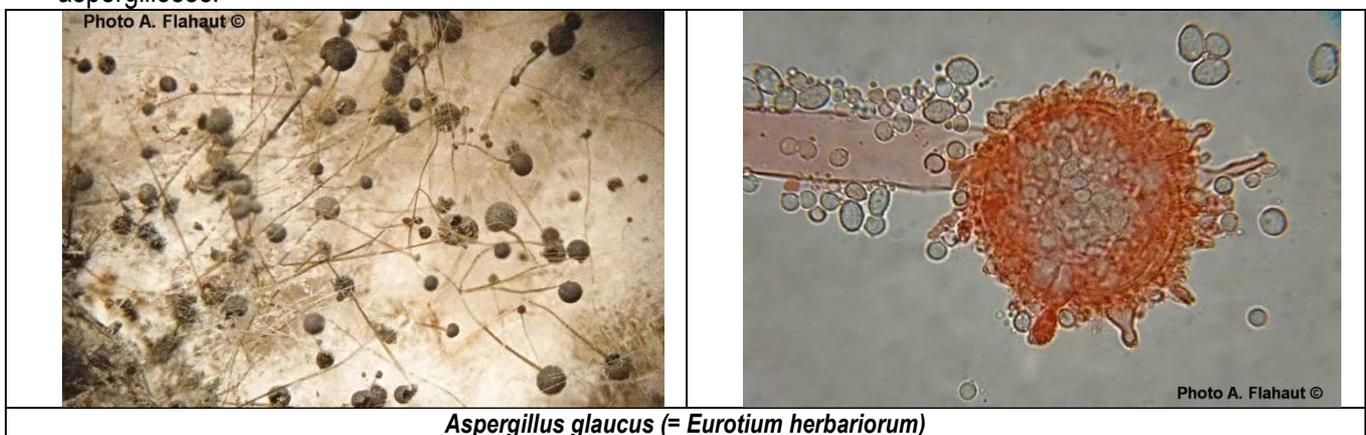


P. griseofulvum* & *P. expansum, qui se développent sur des céréales, des légumineuses ou des fruits, produisent une mycotoxine dangereuse : la patuline ; même à faible dose, elle peut provoquer des lésions au niveau des reins, de la rate, des poumons, avec en outre, une dégénérescence des neurones, affectant le système nerveux humain. Les jus de fruits contaminés, par exemple, n'ont ni goût ni odeurs particuliers (la pasteurisation ne détruit pas l'agent contaminant).

P. marneffe est redoutable pour les personnes séropositives, au système immunitaire réduit ou déficient.

Le genre *Aspergillus*

Les conidiophores sont de longues hyphes dressées, non cloisonnées (le mycélium est septé), qui portent à leur extrémité un renflement sphérique hérissé de phialides, d'où partent des chaînes de petites conidies sphériques. Ce sont des moisissures banales et courantes, dont certaines se caractérisent par la production d'aflatoxines, qui peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine, et provoquent des aspergilloses.



A. fumigates est courant sur les matières organiques, au sol ou sur des aliments : il se développe à l'extérieur en hiver mais aussi en milieu humide sur le compost, le cuir, la laine, les vêtements rangés dans des placards humides, les céréales, les aliments sucrés (notamment sur les confitures mal conditionnées),

les denrées alimentaires ou la viande. Même s'il peut provoquer des allergies, il n'est qu'occasionnellement pathogène.

A. fumigates →

A. nidulans peut provoquer de graves problèmes pulmonaires chez l'homme.

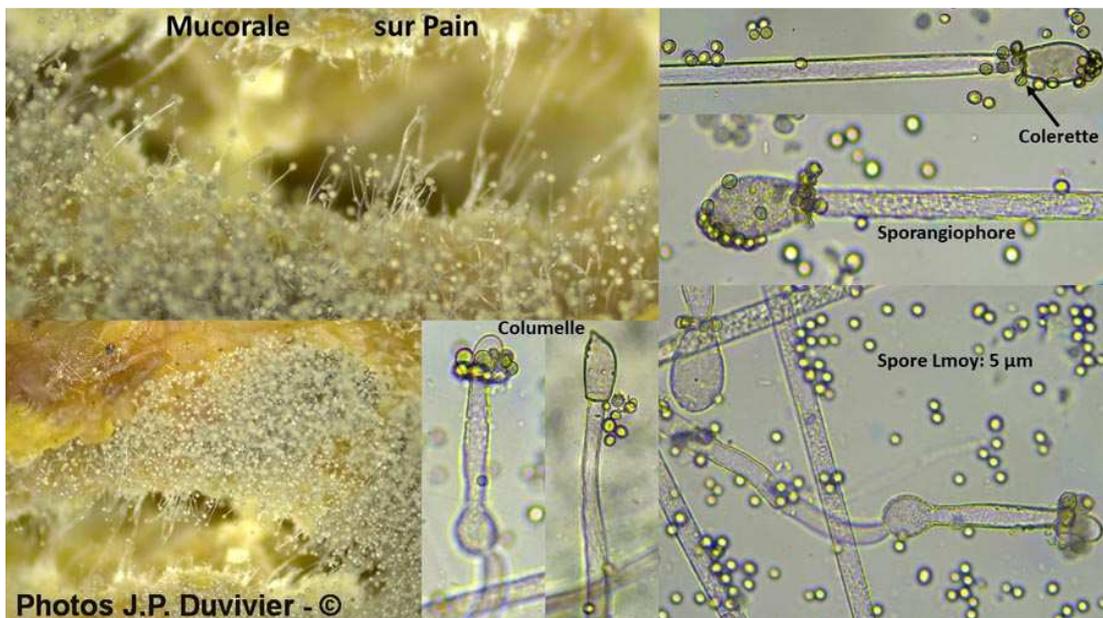
A. niger s'attaque au conduit auditif.

A. flavus est carcinogène.

A. ochraceus s'attaque aux animaux d'élevage et aux vers à soie.

Le genre *Mucor*

Ce sont des espèces saprophytes, parmi lesquelles on trouve des endophytes de plantes et des pathogènes d'animaux. Elles sont incapables d'assurer l'assimilation de la cellulose mais réussissent bien celle des sucres, et vont donc altérer certains aliments (pain & confitures notamment). On les trouve également sur les semences de Cucurbitacées, et peuvent s'attaquer aux fromages, lors de la fabrication. Certaines peuvent provoquer des mycoses très graves, au niveau pulmonaire, cérébral ou cutané.



Citons *M. racemosus* (= *Botrytis racemosa*), responsable d'une pourriture spongieuse sur pommes de terre et citrons. C'est aussi un agent dégradant les produits laitiers, les viandes réfrigérées et transformées, les œufs et les légumes, les céréales... Il peut provoquer une fermentation alcoolique en milieu mal ventilé.

M. mucedo se développe sur nombre de céréales & de légumes stockés, y compris les tomates et les concombres. *M. plumbeus* se rencontre dans le sol, sur foin, excréments, fromages avariés, viande, noix & céréales. C'est un important agent de dégradation des jus de pomme en conditions anaérobies.

Le genre *Monilia*

Il compte environ 70 espèces, dont plusieurs sont responsables d'une maladie des fruits appelée « moniliose ». Les monilioses sont dues à 4 espèces de champignons responsables de dégâts, parfois très importants, aux représentants de la famille des Rosacées (Abricotier, Amandier, Cerisier, Cognassier, Pêcher, Poirier, Pommier, Prunier) :

Monilia fructicola est la forme la plus dangereuse de la maladie, et se manifeste sur fleurs et fruits.

Monilia fructigena se manifeste uniquement sur fruits au verger et en conservation.

Monilia laxa infecte principalement les fleurs et rameaux en plus des fruits.

Monilia linhartiana a une préférence pour le Cognassier.

Des coussinets pulvérulents gris ou fauve à blanc crème et souvent concentriques entraînent le pourrissement et le dessèchement du fruit sur l'arbre par temps sec (formation de véritables momies). Plus les grappes de fruits sont serrées, plus le risque de contagion est important. Les fruits momifiés et les

rameaux infectés assurent la persistance de la maladie (il vaut mieux les cueillir et les stocker loin des fruitiers, ou mieux encore, les brûler, sous peine de se retrouver avec le même problème l'année suivante). Du Raifort (*Cochlearia rusticana*) planté directement au pied des fruitiers limite sensiblement les risques d'infection. Toutes ces infections résultent de blessures ou de fissures générées par des causes diverses : piqûres d'insectes, coups de bec d'oiseaux, grêle, éclatement de l'épiderme par des crevasses suite à de fortes pluies, meurtrissures de transport...



↑ *Monilia fructicola* sur prunes ↑



F. Draye - 2014 ©



Photo M. Lecomte - ©

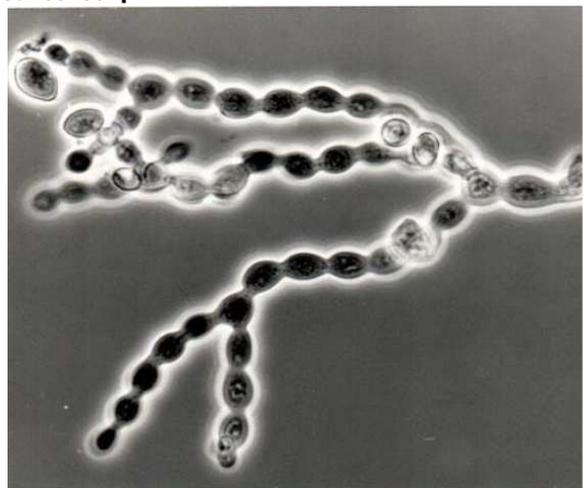
↑ *Monilia fructigena* sur cerise ↑



Photo M. Leco
2016 - ©



↑ *Monilia laxa* sur pomme



↑ Conidies de *Monilia laxa* (photo J. Arthaud)

Citons également *Monilia johnsonii* (sur Aubépine), *M. mespili* (sur Néflier) et *M. roreri*, qui cause d'énormes dégâts dans les cultures de Cacaoyer.

Nous ne disposons pas d'illustrations personnelles pour les autres Genres évoqués ci-après. Mais vous trouverez nombre de photos exemplatives sur Internet.

Le genre *Stachybotrys*

S. chartarum (= *S. atra*, *S. alternans*, *Stilbospora chartarum*). Cette moisissure se développe notamment sur tous les milieux à composante cellulosique riche, et pauvre en azote (bois, colle, papier peint, panneaux de gypse, panneaux de plâtre cartoné) ainsi que le plâtre humide. On l'appelle « moisissure noire » ; elle est typique des bâtiments humides et malsains, mal ventilés (salles de bain, buanderies),

sujets à de l'humidité ascendante ou descendante. Son odeur de bois pourri est puissante et déplaisante, ce qui permet de repérer son existence assez vite. Elle génère de puissantes mycotoxines néfastes pour l'être humain, pouvant provoquer des saignements pulmonaires, surtout chez les enfants en bas-âge.

Stachybotrys echinata (= *Memnoniella echinata*) : cette espèce, très semblable à la précédente, se développe dans les mêmes conditions et provoque les mêmes désagréments. Elle est fréquente également sur des vêtements humides tissés en fibres naturelles (coton). Elle est plus courante dans des régions à climat chaud (tropicales et subtropicales) et notamment dans les filatures de coton.

Le genre *Alternaria*



← *Alternaria brassicae* sur chou

L'espèce la plus courante est ***A. alternata***, qui se développe dans les mêmes conditions que les *Stachybotrys*, mais avec un champ d'infection beaucoup plus large (poussière de planchers, de matelas, de tapis, cadres & mastic de fenêtres, humidificateurs, filtres des systèmes de ventilation, peintures à l'huile...) ; les conidies sont aéroportées et provoquent des allergies respiratoires. Nombre d'espèces sont responsables de phytopathologies (les alternarioses) qui peuvent fortement compliquer la tâche des producteurs. En voici quelques espèces, avec les hôtes infectés :

A. brassicae* & *brassicicola (Crucifères : choux, navets, colza), ***A. cichorii*** (chicorées), ***A. citri*** (agrumes : oranges, citrons, mandarines), ***A. dauci*** (feuilles de carottes), ***A. helianthi*** (tournesols), ***A. linicola*** (lin), ***A. petroselinii*** (persil), ***A. porri*** (poireaux & oignons), ***A. raphani*** (radis), ***A. solani*** (Solanacées : tomates, aubergines & pommes de terre), ***A. triticina*** (blé) ; on en rencontre également sur les asperges, le raisin, le cannabis... Les conidies sont facilement reconnaissables car elles ressemblent +/- à des grenades militaires ou à des massues. Elles sont produites en chaînes, pluricellulaires (dictyospores), à cloisons transversales et longitudinales, se colorant finalement en brun +/- foncé ; le bec apical, bien différencié, ne dépasse pas le 1/3 de la longueur de la conidie.



Alternaria solani sur aubergine ↑

CONCLUSION

Nous espérons que vous aurez manifesté un peu d'intérêt pour ces quelques lignes et photos, et qu'elles vous feront regarder maintenant les plantes sous un autre jour car elles sont sujettes à de multiples agressions de champignons minuscules, quasi invisibles.

Si vous êtes intéressés par la microscopie des Fungi, nous portons à votre attention que la 6^{ème} édition de notre livre « Microscopie et Champignons » vient de sortir de presse. Elle compte 260 pages.

Voir <http://www.amfb.eu/Index/Lecomte.html>