

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Dérivé du grec, le terme **Mycologie** (*mykes* : champignons + *logos* : étude, discours) est la science des champignons, appelée aussi en néo-latin *Mycologia*. En outre, le terme **fungus** (pl. **fungi**) est du latin *fungus/sfungus* dérivant du grec *spongos/sphongos* signifiant éponge. L'adjectif fongique dérive du mot *fungus*. Au début, le mot champignon désignait seulement les champignons de grande taille (ressemblant à des éponges poussant dans les champs) qui ont attiré l'attention humaine. Depuis l'invention du microscope au 17^{ème} siècle, le terme champignon s'était étendu aussi aux champignons microscopiques qui ont été découverts et décrits depuis ce temps là. A la fin du 20^{ème} siècle, il a été prouvé que les champignons forment un groupe hétérogène dérivant de différents ancêtres. Ce groupe polyphylétique a été montré inclure des organismes de type champignons appelés **pseudo-champignons** et des organismes réellement des champignons désignés par **vrai-champignons**. Malgré cette origine polyphylétique, la mycologie continue à être la science qui concerne tous les champignons (pseudo-champignons et vrai-champignons). Le terme mycologie est lui-même un mot improprement inventé. Etymologiquement, le terme correct est **mycétologie**, étant donné que la forme combinée de *mykes* est **mycéto**, en accord avec les principes de la grammaire grecque.

L'homme a connu et côtoyait les champignons pendant des milliers d'années. Cependant, c'est seulement avec l'invention du microscope (17^{ème} siècle) que la mycologie commençait à être une science. L'honneur d'être appelé le fondateur de cette science de mycologie est mérité par Micheli, un botaniste italien, qui en 1729 publia *Nova Plantarum Genera*. Il observait, cultivait et étudiait les détails anatomiques des spores fongiques et décrivait environ 900 champignons. Ultérieurement, les frères français Tulasne, qui publiaient *Selecta Fungorum Carpologia* (1861 à 1865), démontraient qu'un champignon peut produire plus d'un type de spore et décrivaient la copulation entre des champignons pour la première fois. En 1866, l'allemand De Bary observait et décrivait les noyaux fongiques. A la fin du 19^{ème} siècle, les techniques de culture pure commençaient déjà à se développer. Auparavant, la systématique fongique avait commencé à la fin du 18^{ème} siècle avec le scientifique suédois Linné qui introduisit le système binomial de la nomenclature. Cette systématique a été plus tard développée à travers l'illustration, la description et la classification de nombreux champignons

par le sud-africain Persoon qui publia *Synopsis Methodica Fungorum* (1801) et par le suédois Fries qui publia *Systema Mycologicaum* (1821 à 1832). Ces premiers scientifiques ont mis les fondations pour les mycologues qui ont travaillé pendant le 20^{ème} siècle, considéré être l'ère moderne de la mycologie.

Selon les auteurs, 70000 à 100000 espèces fongiques sont décrites. Ceci représente seulement autour de 5-7 % de l'ensemble des espèces estimé dans le monde à environ 1,5 millions. Parmi toutes les espèces fongiques connues, plus de 10000 peuvent causer des maladies chez les plantes tandis que seulement autour de 50 maladies humaines et environ 50 maladies animales sont causées par différents champignons. La majorité des espèces fongiques qui reste est saprobe tandis que certaines d'entre elles vivent en association symbiotique avec d'autres organismes.

Face à la diversité des organismes vivants, l'homme les a classé sur la base de leurs caractères les plus fréquents. Durant des siècles et jusqu'aux années 1960, le monde vivant était divisé en deux principaux règnes : **Animaux**, qui sont mobiles et se nourrissent par ingestion, et **Plantes**, qui sont statiques et se nourrissent par absorption. Un troisième règne appelé **Protistes** était proposé en 1866 par Haeckel, un disciple de Darwin, et inclut toutes les formes de vie microscopiques telles que les algues, les bactéries, les protozoaires et les champignons. L'hétérogénéité de ce grand groupe l'a rendu non accepté par les scientifiques. Plus tard, ce groupe a été aussi appelé **Protoctistes**. Etant généralement statique et se nourrissant par absorption, les champignons étaient au début considérés comme des végétaux et par conséquent la mycologie a émergé comme une branche de la botanique. Depuis le 19^{ème} siècle, cependant, il a été remarqué que les champignons diffèrent des plantes par le fait qu'ils sont **chémotrophes**, obtenant leur énergie à partir de composés organiques préformés, et **hétérotrophes**, utilisant cette même matière comme source de carbone pour la synthèse de leurs propres composants organiques. D'autre part, les plantes sont **phototrophes**, utilisant l'énergie de la lumière, et **autotrophe**, synthétisant leurs composants organiques à partir du dioxyde de carbone atmosphérique. Sur la base de ces critères métaboliques fondamentaux, il est clair que les champignons, bien que non mobiles, ressemblent plutôt aux animaux qu'aux végétaux. L'étude des organismes unicellulaires fongiques a révélé d'autres différences. Certains d'entre eux manquent de parois cellulaires et se nourrissent par ingestion. Egalement, la majorité avec des cellules à paroi, a ses parois cellulaires formées principalement de chitine et non de cellulose comme chez les plantes. En outre, plusieurs champignons ont des stades mobiles. Ces problèmes et d'autres ont conduit à des critiques concernant le schéma des deux règnes et

différentes alternatives ont été proposées depuis déjà les années 1940, spécialement quand les ultrastructures ont commencé à être étudiées en utilisant la microscopie électronique. L'une des observations les plus importantes a été de distinguer entre les organismes avec un noyau vrai (eucaryotes) et ceux qui n'ont pas un vrai (procaryotes).

Une classification relativement nouvelle qui a retenu l'attention des biologistes à travers le monde était celle de Whittaker. Il proposa, en 1969, de diviser le monde vivant en cinq règnes. L'un de ces règnes renfermant les organismes procaryotiques est appelé *Monera*. Un autre, désigné par *Protista*, contient tous les organismes unicellulaires eucaryotes (protozoaires et algues unicellulaires). Ici, *Protista* diffère du terme Protistes (ou Protoctistes) proposé auparavant par le fait qu'il ne renferme ni les procaryotes, ni les champignons. Le troisième règne proposé par Whittaker est *Fungi* qui est ainsi séparé des végétaux à cause des nombreuses différences entre les plantes et les champignons. Les deux règnes restants sont *Plantae* (plantes sans organismes procaryotiques, algues unicellulaires et champignons) et *Animalia* (animaux sans protozoaires).

La classification de Whittaker a été utilisée pendant environ deux décades. Durant les années 1990 cependant, de plus en plus d'études, particulièrement les approches moléculaires, ont montré que certains règnes, tels que *Protista* et *Fungi*, sont hétérogènes et dérivent de différents ancêtres. Ainsi, parmi les *Protista*, les protozoaires sont groupés dans un règne, alors appelé *Protozoa*, qui renferme une grande variété d'organismes unicellulaires phagotrophiques. Les champignons qui n'ont pas de parois cellulaires sont placés dans les *Protozoa* et appelés alors pseudo-champignons. Ce groupe contient quatre phylums : *Acrasiomycota*, *Dictyosteliomycota*, *Myxomycota* et *Plasmodiophoromycota*. D'autre part, certains champignons avec des parois cellulaires se sont montrés avoir le même ancêtre que les algues. Un nouveau règne était alors créé et appelé *Chromista* (ou *Stramenopila*). Il contient trois phylums fongiques : *Hyphochytridiomycota*, *Labyrinthulomycota* et *Oomycota*. Ces champignons sont alors qualifiés de pseudo-champignons et groupés avec toutes les algues (unicellulaires et multicellulaires) qui sont, par conséquent, séparés du règne des *Plantae*. Finalement, les champignons qui sont maintenant considérés comme vrai-champignons et ont le même ancêtre, sont gardés dans le règne des *Fungi*. Ce règne contient quatre phylums (en plus du groupe des champignons anamorphiques **Deutéromycètes**) : *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Chytridiomycota* et *Zygomycota* (Figure 0-1).

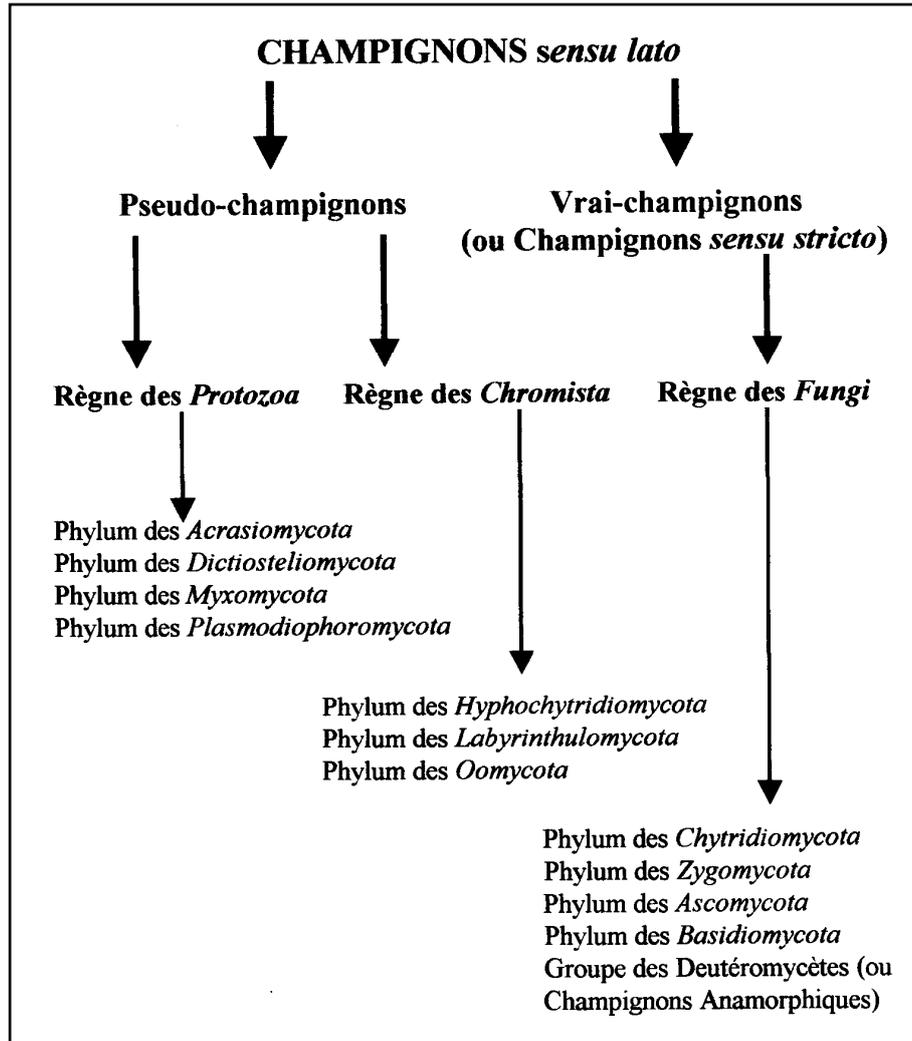


Figure 0-1 : Les grandes lignes de classification du monde fongique.

Devant cette situation compliquée, des questions peuvent être soulevées : Qu'est ce qu'un champignon ? Et comment les champignons peuvent s'ajuster dans trois règnes ? La réponse réside dans la façon de définir les champignons. On peut tenter de les définir comme des organismes eucaryotiques, chémotrophes, hétérotrophes, vivant généralement par absorption, qui développent des corps plasmodiaux, unicellulaires ou tubulaires et se reproduisent par l'intermédiaire des spores. Ce sont des organismes provenant de différentes origines évolutives, mais qui se partagent un certain **style de vie**. De cette façon, il est compréhensible de définir les champignons *sensu lato* (pseudo-champignons et vrai-champignons) fonctionnellement et écologiquement plutôt que phylogénétiquement.

La majorité des champignons est **saprobe** (**saprotrophe**, **saprophyte**), vivant sur la matière organique morte. Ces champignons ont un rôle majeur dans la décomposition de la matière organique et ainsi dans le recyclage des éléments nutritifs dans des environnements naturel et agricole. Beaucoup de ces champignons sont des saprobes obligatoires incapables de croître sur des organismes vivants. Certains autres saprobes, cependant, sont capables de se développer aussi comme parasites. Ils sont qualifiés de saprobes facultatifs ou parasites facultatifs, en fonction du mode de vie prédominant. Le cas de *Botrytis cinerea* est un exemple de parasite de plantes capable de se développer aussi comme saprobe.

Plusieurs champignons sont des **parasites** qui obtiennent leur nourriture à partir d'autres organismes vivants (**hôtes**) avec lesquels ils vivent en association intime. Ils parasitent principalement les plantes, mais aussi les animaux (surtout les insectes et les nématodes), l'homme et même d'autres champignons. Tous les parasites fongiques sont appelés **pathogènes** quand ils causent des maladies sur leurs hôtes. Telles maladies causées par les champignons sont appelées **mycoses**.

Les champignons peuvent aussi vivre en association **symbiotique** avec d'autres organismes vivants où chaque partenaire tire bénéfice de cette association. Les cas les plus connus sont les lichens et les mycorhizes. Concernant les **lichens**, les champignons qui sont généralement des *Ascomycota* et rarement des *Basidiomycota*, s'associent avec les algues qui sont des algues vertes ou bleu-vert (cyanobactéries). Le champignon développe son thalle autour des cellules photosynthétiques de l'algue, les protégeant et les ravitaillant avec les éléments nutritifs minéraux absorbés à partir du substrat sous-jacent, tandis que le partenaire photosynthétique

(algue verte) fournit au champignon le carbone organique, et dans le cas des cyanobactéries, l'azote organique fixé à partir de l'azote atmosphérique. Dans le cas des **mycorhizes**, les champignons qui sont des *Ascomycota*, *Basidiomycota* ou *Zygomycota*, s'associent avec les racines et les organes souterrains d'environ deux-tiers des plantes dans les environnements naturel et agricole. Typiquement, le champignon obtient son carbone organique de la plante partenaire et en retour fait bénéficier la plante en augmentant l'absorption des éléments nutritifs minéraux tels que le phosphore et l'azote à partir du sol.

Plusieurs espèces fongiques sont comestibles pour l'homme qui a toujours cultivé certaines d'entre elles depuis longtemps. Le champignon de couche cultivé *Agaricus bisporus* est l'un des plus consommés par l'homme. Par contre, d'autres champignons sont vénéneux et provoquent des problèmes mineurs à des troubles graves dans la santé humaine conduisant fréquemment à la mort. Certaines des espèces fongiques les plus vénéneuses appartiennent aux genres *Amanita* (*Basidiomycota*) et *Helvella* (*Ascomycota*).

Les composés toxiques pour l'homme produits par certaines espèces fongiques sont appelés **mycotoxines**. Ils peuvent exister sur les organes des plantes que l'homme consomme soit directement comme nourriture soit indirectement en les utilisant pour alimenter les animaux. Plusieurs mycotoxines sont connues être dangereuses pour la santé humaine. Certains exemples sont les ochratoxines produites sur les grains des céréales par *Aspergillus ochraceus* et *Penicillium viridactum*, les aflatoxines produites par *A. flavus* et *A. parasiticus* sur divers fruits secs et grains (principalement l'arachide), les fumosines produites sur le maïs par *Fusarium moniliforme* et des alcaloïdes toxiques produits par *Claviceps purpurea* sur les céréales.

Contrairement aux mycotoxines toxiques pour l'homme, les champignons produisent les **antibiotiques** qui sont des composés antibactériens très utilisés maintenant contre les maladies bactériennes de l'homme et des animaux. La pénicilline était le premier antibiotique orienté à une fin commerciale, isolé à partir du champignon *Penicillium chrysogenum*. D'autres antibiotiques ont été par la suite isolés. Des exemples sont d'autres pénicillines produites à partir de *Penicillium* et les céphalosporines produites par *Acremonium*.

En plus des antibiotiques, les champignons produisent une variété de composés chimiques (renfermant ergostérol, cortisone,...), différentes enzymes (protéases, lipases, cellulases, pectinases, amylases,...), divers

acides (tels que fumarique, lactique, citrique, succinique, oxalique...), régulateurs de croissance de plantes comme les gibbérellines et autres composés organiques tels que les vitamines B.

Certaines levures appartenant aux *Ascomycota* sont hautement importantes dans les industries de boulangerie et de brasserie. Ces levures, telles que *Saccharomyces cerevisiae*, sont capables d'assurer une **fermentation** en transformant le sucre en alcool et dioxyde de carbone.

Certains champignons ont été très utiles dans des études génétiques. Les espèces fongiques des genres *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Neurospora*, *Sordaria* sont de bons organismes pour l'étude des principes d'hérédité.

Par ailleurs, les plantes vertes sont les producteurs primaires dans l'écosystème sur notre planète. Elles fournissent l'énergie et les squelettes de carbone sur lesquels presque tous les autres organismes dépendent. La santé de ces plantes vertes, spécialement celles qui sont cultivées, est d'une importance vitale pour tout le monde, car la croissance et la productivité de ces cultures déterminent l'apport de nourriture pour l'homme et les animaux. Pour cela, les facteurs qui interfèrent avec la production végétale, y compris les maladies, affectent, la quantité, la qualité et la disponibilité de la nourriture de base à travers le monde. Pour ces raisons, les plantes, particulièrement cultivées, doivent être protégées des agents agressifs, tels que ceux qui provoquent des maladies.

La science qui s'intéresse à l'étude de tous les aspects des maladies des plantes est la **pathologie végétale** ou **phytopathologie**. Ces aspects comprennent les agents causaux, le diagnostic, les effets physiologiques, la dynamique des populations et la lutte. La pathologie végétale est ainsi une science appliquée qui s'intéresse à la recherche de solutions pratiques aux problèmes causés par les maladies des plantes. Dans cette approche, plusieurs sciences de différents domaines sont impliquées dans l'investigation des maladies : agronomie, microbiologie, météorologie, génétique, physiologie, biochimie et autres. Ce qui est attendu des phytopathologistes est de protéger les cultures dans le respect de l'environnement.

Historiquement, les maladies des cultures ont été remarquées depuis l'antiquité. Les grecs au début puis les romains observaient des maladies, telles que les rouilles, sur les cultures et attribuaient cela au pécher et à la colère des dieux. Les sacrifices étaient alors offerts pour tenter de faire plaisir aux dieux et protéger les cultures. Au moyen âge, les arabes

développaient l'agriculture, particulièrement en Andalousie. Plusieurs maladies et ravageurs étaient observés et décrits tels que dans le « Livre de l'Agriculture » écrit par Ibn Al-Awam (11-12^{èmes} siècles) et traduit au français par Clément-Mullet au 19^{ème} siècle. Dans ce livre encyclopédique d'agriculture, Ibn Al-Awam développait une bibliographie, rapportait ses expériences et donnait des conseils concernant les pratiques culturales nécessaires pour différentes cultures. Il décrivait les symptômes des maladies des cultures et proposait des moyens rationnels de lutte tels que traiter les organes infectés avec le vinaigre ou l'urine (qui sont maintenant connus avoir certaines propriétés acide de désinfection), aider les plantes par l'apport de fumier (ce qui est maintenant considéré comme un moyen de lutte indirecte qui favorise le développement et la résistance de la plant hôte) ou appliquer une rotation des cultures (connue maintenant comme une composante importante de la lutte culturale).

Au 17^{ème} siècle, l'invention du microscope a permis de commencer les observations microscopiques des champignons sur les plantes hôtes. Cependant, ces microorganismes étaient considérés comme étant le résultat et non la cause de la maladie en supposant qu'ils se développent spontanément. Ainsi, il a fallu presque deux autres siècles pour détruire la théorie de la génération spontanée des microorganismes en la remplaçant par la théorie des germes des maladies et prouver que ces microorganismes sont la cause et non le résultat, suite aux travaux de plusieurs auteurs tels que Micheli, Tillet, Pasteur, De Bary, Kuhn, Linné, Saccardo, Persoon, Fries et d'autres.

La pathologie végétale moderne commençait à se développer vers fin 19^{ème} - début 20^{ème} siècles avec l'utilisation de matériel de plus en plus performant. Différents scientifiques, tels que Pasteur, Berefeld, Koch, Petri, Saccardo et d'autres contribuaient à développer cette science qui concerne les maladies des cultures. Actuellement, la pathologie végétale est l'une des plus importantes composantes de la protection des plantes en particulier et la production des plantes en général.