

Classification des champignons

Pour qu'un organisme soit formellement reconnu par les taxonomistes il doit être nommé selon des **règles internationales précises** : c'est à dire un nom générique (nom de genre avec majuscule) suivi d'un nom d'espèce (l'ensemble forme ce que l'on appelle **le nom binomial** d'un organisme). Un genre peut contenir plusieurs espèces. Les genres sont regroupés en familles, les familles en ordres, les ordres en classes, et les classes embranchements. Un règne regroupe plusieurs embranchements.

Règne des Fungi		Kingdom: <i>EUMYCOTA (FUNGI)</i>
Embranchement	... mycota	<i>Dikaryomycota</i>
Sous-embranchement	... mycotina	<i>Basidiomycotina</i>
Classe	... mycete	<i>Holobasidiomycetes</i>
Ordre	... ale	<i>Agaricales</i>
Famille	... aceae	<i>Agaricaceae</i>
Genre		<i>Agaricus</i>
Espèce		<i>Agaricus brunnescens</i>

La classification est basée sur : le cloisonnement des hyphes et des caractères morphologiques observés lors de la reproduction sexuée.

Les champignons, un ensemble très diversifié, comprend :

- **Les Eumycota** : champignons vrais
 - Chytridiomycètes
 - Zygomycètes
 - Ascomycètes
 - Basidiomycètes
 - Deutéromycètes = Anamorphes = ch. imparfaits = *Fungi Imperfecti*
- **Les mycétozoaires** : champignons - animaux (myxomycètes)
- **Les oomycètes** : champignons – algues

Classe	Cloisonnement	Reproduction sexuée	Particularités / Exemples
Myxomycètes	non	oui	moisissures visqueuses plasmodiales
Oomycètes	non	Oui (oospores)	<i>Plasmopara viticola</i> (mildiou de la vigne)
Chytridiomycètes	non	oui	<i>Allomyces javanicus</i>
Zygomycètes	non	Oui (zygospores)	Mucorales : <i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Absidia</i>
Ascomycètes	oui	Oui (ascospores)	<i>Saccharomyces</i> , <i>Kluyveromyces</i> , <i>Neurospora</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. nidulans</i>
Basidiomycètes	oui	Oui (basidiospores)	Nom. champignons macroscopiques : <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Coprinus</i>
Deutéromycètes	Oui	Absente (ou inconnue)	<i>Candida</i> , <i>Cryptococcus</i> , <i>Rhodotorula</i> , <i>Brettanomyces</i> , <i>Geotrichum</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. niger</i>

EUMYCOTA = CHAMPIGNONS VRAIS

Filaments non cloisonné à structure cénocytique (siphons).

I- LES CHRYTRIDIOMYCETES

Champignons dits inférieurs, archaïques, microscopiques, essentiellement aquatiques, à reproduction normale (fusion de gamètes : zygote), cellules flagellées : **zoïdes**

04 ordres :

- Chytriales : nombreux parasites d'algues, de protozoaires et de champignons microscopiques.

Synchytrium endobioticum : agent de la galle verruqueuse de la pomme de terre (Kystes jaunes brun, très résistants).

- Néocallismasticales : symbiotes du rumen des bovins.
- Monoblépharidales : saprophytes, différenciation des gamètes :
Males (émis en grand nombre) gardent leur flagelles ;
Femelle, dans l'oogone (gamétocyste) formation d'un seul gamète femelle, volumineux et immobile (oosphère).
- Blastocladiales : saprophytes, grande diversité dans leur cycle de reproduction (cycles sporophytiques et cycles gamétophytique).

II- LES ZYGOMYCETES

Champignons microscopiques, ils se présentent sous forme de moisissures, souvent saprotrophes mais parfois parasites, à **thalle siphonné**, pourvus de nombreux noyaux non séparés par des cloisons, la reproduction sexuée est assurée par une **zygospore** (2n chromosomes est le seul organe diploïde du cycle de développement). 03 ordres :

- Les mucorales
- Les endogonales
- Les entomophtorales

Ordre des MUCORALES

Champignons très répandus, spores /air- sol, saprophytes, croissance rapide, agents de pourritures alimentaires et conserves, agents de mycoses humaines (mucormycoses rhinocérébrales).

- **Mycélium** fortement **ramifié**, se différenciant localement en **rhizoïdes** qui s'enfoncent dans le substrat ;
- Propagation à la surface du substrat grâce à des « **stolons** » ; *certains sp*
- Siphons à **paroi mince** et à vacuole centrale importante, rejetant les noyaux à la périphérie ;
- Les régions âgées du mycélium présentent un début de cloisonnement qui les isole des plus récentes
- Chez certaines espèces : épaissement des parois : **chlamydospores (spores à paroi résistante)**

Reproduction : schéma

- Multiplication asexuée

- Sur les filaments rampants : différenciation d'axes dressés à parois épaisses (= **sporocystophores**) à l'extrémité desquels se forme un **sporocyste** ;
- Le sporocyste présente une fine paroi incrustée de cristaux en aiguilles. L'intérieur contient de très nombreuses **spores** haploïdes plurinuclées, qui seront libérées par gélification de la paroi du sporocyste.

- Multiplication sexuée

- Rare dans la nature ; apparaît dans un milieu pauvre en éléments nutritifs
 - **Hétérothallisme** obligatoire (2 spores à polarités compatibles), pas de différenciation de gamètes
 - Induite par des substances chimiques à rôle hormonal = **gamones** (ex: acide trisporique), émises par le mycelium
 - Aboutit à la formation d'une **zygospore** capable d'entrer en vie ralentie.
 - A la germination : méiose et libération de spores haploïdes.
-
- rapprochement de 2 filaments qui entrent en contact par leurs extrémités
 - isolement des parties terminales, grâce à une cloison, qui jouent le rôle de **gamétocystes** plurinuclés
 - fusion des gamétocystes (**plasmogamie**) : formation d'un **coenozygote** à 2 noyaux haploïdes (**stade dicaryotique**)
 - divisions des noyaux dont certains dégénèrent, puis **caryogamie** et formation de la **zygospore** à noyaux diploïdes.

Remarque

- Pas de cellules reproductrices mobiles
- Pas de gamètes individualisés
- Fécondation par fusion directe des gamétocystes
- Cycle haplophasique

Importance des zygomycètes

Moisissures

- Mucorales = moisissures très répandues dans l'environnement, saprotrophes des déchets organiques (humification, pourriture et altération des produits alimentaires, etc.) ;

- champignons parasites agents de mycoses humaines

- *Entomophthora coronata* et *Basidiobolus haptosporus* : mycose handicapante ; **basidiobolomycose** = maladie de l'homme-hippopotame, **Rhinoentomophthoromycose** (sinus).

Lutte biologique

- *Entomophthora muscae* : mort des mouches en automne
- *Entomophthora conglomerata* : parasite des chenilles et moustiques (élimination)

Applications industrielles

- Espèces riches en enzymes capables de dégrader l'amidon en anaérobiose
- Utilisation en industrie de la fermentation : fabrication d'alcool de grains (riz), de tubercules (pomme de terre)
- Utilisation occasionnelle dans la fabrication de whiskies, vodkas, schnaps, etc.
- Espèces utilisées en industrie pour la production d'acides aminés (*Mucor glutamicus*), d'acide lactique (*Rhizopus oryzae*), de présure (*Mucor miehei*), de vitamine A (*Blakeslea trispora*), pour la bioconversion de stéroïdes
- espèces utilisées dans la confection de certains aliments : affinage de fromages, préparation du tempeh à partir de galettes de soja, etc.

III- LES ASCOMYCETES (Ch. à asques)

Caractères généraux

- Caractéristique fondamentale : différenciation de sporocystes spécialisés au cours de la reproduction sexuée = **asque**, produisant des **ascospores**.
- Espèces très différentes (mode de vie, taille, morphologie) : truffe, morille, levures, ergot du seigle.
- multiplication **asexuée dominante**
- Hyphes **cloisonnées** : Septomycètes
- Parois plus minces (une seule couche de micro fibrilles de chitine noyées dans une matrice de glucanes plus ou moins ramifiées)

Cloisonnement

- La formation des cloisons (septums) est un mécanisme indépendant de la mitose (division des noyaux), de la périphérie vers le centre, laissant un **pore** central ($\varnothing = 300 - 400 \text{ nm}$) permet le passage de cytosol, mitochondries, petits noyaux.
- Au fur et à mesure de la croissance ; Obturation des pores par des **bouchons de glucanes** dans les parties âgées du mycelium (qui disparaissent progressivement) (Schéma)
- individualisation d'**articles : plusieurs noyaux ;**
- Pas de véritable structure cellulaire
- pression intra vacuolaire plus élevée
- Différenciation du mycélium en **pseudo-tissus** :
 - **Stromas** = articles demeurant allongés puis devenant globuleux, à **plectenchyme**
 - **Sclérotés** = organes de résistance à paroi dure et imperméable, colorés par des anthocyanes
 - **Rhizomorphes** = cordons mycéliens à hyphes spécialisées dans le transfert de liquide
 - **Sporophores** et **appareils conidiogènes**

Multiplication Asexuée

- Reste dominante par rapport à la reproduction sexuée sauf en fin de phylum ; parfois seule forme de multiplication existante (**anamorphes** --> Deutéromycètes)
- Réalisée par des spores uninucléées (= **conidies**) issues du bourgeonnement illimité de sporocystes spécialisés (= **phialides**), souvent groupées à l'extrémité d'un pédoncule (= **conidiophore**)
- Par régression : simple bourgeonnement de cellules du thalle --> **blastospores** (ex: levures)
- Parfois fragmentation du mycelium en articles à parois épaisses = **chlamydospores, arthrospores**, etc.
- A la différence des zygomycètes, la phialide donne un nombre illimité de spore par bourgeonnement indéfini.
- Grande diversité des appareils conidiogènes : (planche)
 - directement insérés sur le mycelium --> **mucédies** (*Penicillium*)
 - insérés sur un stroma +/- épais , localisé sous un épiderme ou une écorce --> **acervules** et **sporodochies** (phytopathogènes +++, ex: *Nectria*)
 - érigés en faisceaux --> **corémies** et **synémies** (ex: *Aspergillus*)
 - entourés d'une épaisse enveloppe stromatique en forme d'urne ou de bouteilles --> **pycnide**

Reproduction sexuée

- ❖ **Chez les espèces primitives** : individualisation de gamètes mâles = **spermatis**, captés par un filament capteur (= **trichogyne**) surmontant les gamétocystes femelles
- ❖ **Chez la plupart des ascomycètes**: fusion du trichogyne avec le spermatocyste = **trichogamie** ; passage direct des noyaux mâles dans le gamétocyste femelle
- **par régression** : les noyaux du gamétocyste femelle s'apparient en dicaryons = **autogamie**; le spermatocyste conserve un rôle trophique (= **trophogone**) et disparaît complètement (ex: *Penicillium*).
- **par surévolution** : plus de formation d'organes sexuels ni de sexualité ; reproduction sexuée limitée à la fusion de 2 filaments haploïdes issus de spores distinctes (hétérothallisme) en un filament dicaryotique = **perittogamie**.

Exemple de cycle de reproduction sexuée chez *Pyronema omphalodes* (Schéma)

1) Germination d'une ascospore --> fin filament microscopique à articles plurinuclées, les ramifications (organes de reproduction) en rosette; chaque rosette comprend :

- des filaments basaux
- des gamétocystes femelles (= **ascogones**) coiffés chacun d'un trichogyne
- des gamétocystes mâles (= **spermatocystes**)

2) Accolement du spermatocyste au trichogyne et injection des noyaux féconds mâles ; résorption de la cloison entre trichogyne et ascogone --> **plasmogamie**

3) Rapprochement sans fusion des noyaux mâles et femelles --> **dicaryons**

4) Mitoses successives --> zygote plurinucléé dicaryotique = **coenozygote**

5) Après une phase de maturation : germination du coenozygote, qui émet des filaments à l'intérieur desquels migrent les dicaryons ; simultanément : multiplication des hyphes haploïdes du pied de l'ascogone --> filaments à rôle nutritifs (= **paraphyses**) + enveloppe protectrice (= **ascothèque**)

6) A l'intérieur de l'ascothèque : allongement des filaments et mitoses conjuguées des dicaryons --> hyphes dicaryotiques, selon un mécanisme complexe faisant intervenir des hyphes à crochets = **hyphes dangeardiennes** ou **dangeardies**

7) L'extrémité de certaines dangeardies devient une **cellule ascogène** où les 2 noyaux fusionnent (**caryogamie**) ; la cellule diploïde résultante s'allonge en **asque** terminal

8) Méiose et mitoses --> 8 noyaux haploïdes, qui s'entourent de cytoplasme puis d'une paroi --> 8 **ascospores**

9) Apparition d'une valve en clapet au sommet de l'asque = **opercule**

10) A maturité : brusque augmentation de la pression osmotique du cytosol --> expulsion des ascospores par l'opercule

A maturité le sporophore ou **ascome** inclut :

- L'ascothèque (n) = enveloppe externe de nature stromatique (prolifération du mycélium haploïde), souvent en forme de coupe

- Les hyphes ascogènes (n+n) surmontées des asques (2n) entre lesquelles sont insérées les paraphyses (n), l'ensemble formant l'**hymenium**