

Chapitre 1 Mycologie

1- Définition

Les mycètes (champignons) sont des organismes eucaryotes, unicellulaires (levure) ou filamenteux (moisissures), non photosynthétique et ayant un métabolisme hétérotrophe. Leur unité cellulaire de base est appelée hyphe. (fig.1) C'est une cellule tubulaire emprisonnée dans une paroi rigide de chitine. Les hyphes se multiplient au niveau de leurs extrémités, formant ainsi une masse emmêlée appelée mycélium. (fig. 2)

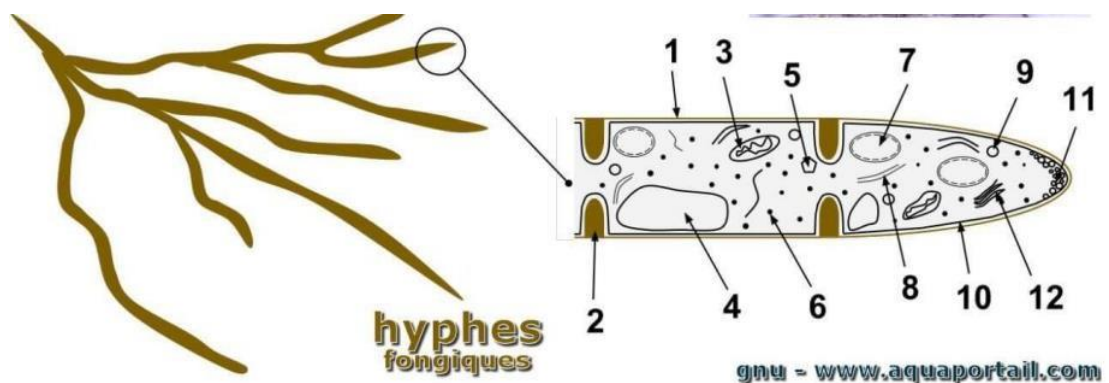


Figure 01 : Structure d'une hyphe fongique

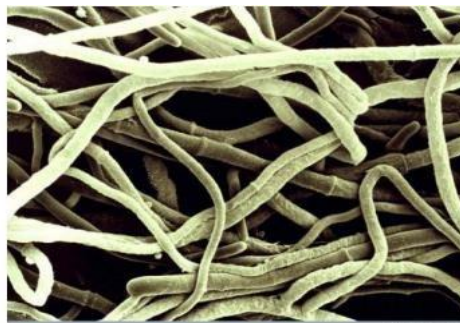


Figure 02 : Mycélium

Les Mycètes se nourrissent par absorption. Ce mode de nutrition consiste à absorber les petites molécules organiques du milieu. Les Mycètes digèrent leur nourriture à l'extérieur de leur corps en la hydrolysant au moyen de puissantes enzymes. Ces enzymes décomposent les molécules complexes en composés simples que les mycètes peuvent alors absorber et utiliser et ils synthétisent leurs propres nutriments à partir de l'eau et des éléments nutritifs.

et minéraux qu'ils puisent dans leur environnement. Ces organismes sont très importants et vivent en relation avec d'autres organismes, selon plusieurs manières :

- **Saprophytes** : ils prélèvent leurs nutriments à partir de matières organiques en décomposition. Ils sont très importants en tant que décomposeurs et recycleurs de matières mortes.
- **Parasites** : leurs nutriments proviennent de la matière vivante. * mycoses (chez les animaux), * maladies fongiques (chez les végétaux: phytopathogène) fabrication de mycotoxines.
- **Symbiotes** : ces mycètes obtiennent leurs nutriments grâce à un autre organisme, leur procurant en retour certains bénéfices. Ce type d'association est essentiel pour les végétaux, 90% des plantes seraient en symbiose avec ces champignons. Ces champignons sont appelés mycorhizes. D'autres mycètes vivent en relation avec une algue. Ils ne peuvent survivre l'un sans l'autre. Ce sont les lichens.

2- Caractéristiques générales des champignons

2-1- Composition chimique et structure cellulaire

L'organisation cellulaire des champignons est appelée le thalle. Chez les champignons microscopiques, le thalle peut être unicellulaire (levures) ou filamenteux (moisissures). Certaines levures sont toutefois capables de former des structures filamenteuses (pseudomycélium) dans certaines conditions (figure 3).

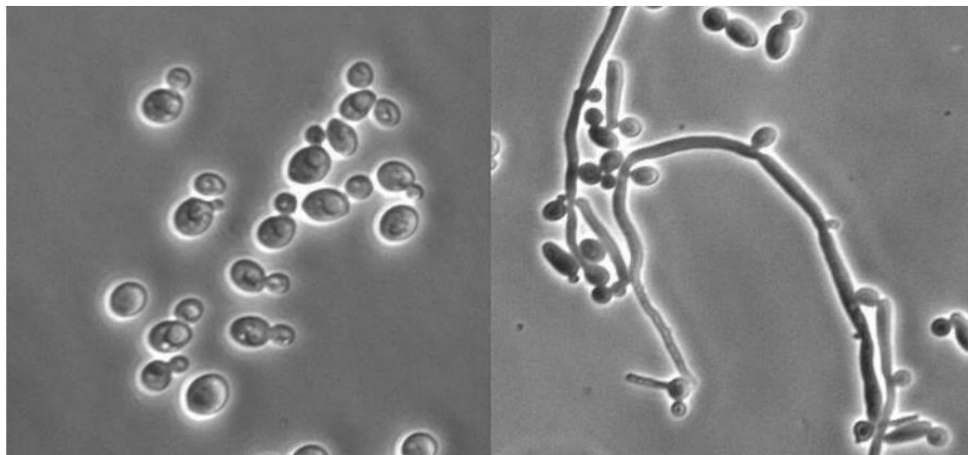


Figure 3 : Dimorphismes chez une levure

L'ensemble des hyphes constituent le mycélium, chez les Phycomycètes, les cellules ne sont pas séparées par des cloisons transversales: le thalle est dit coenocytique (ou «siphonné»). Chez les Septomycètes, le thalle est cloisonné (ou «septé»). En règle générale, les septomycètes ont d'hyphes fins (5 à 7 μm de large) tandis que chez les siphomycètes, les hyphes sont beaucoup plus larges (10 à 15 μm) (Figure 04)

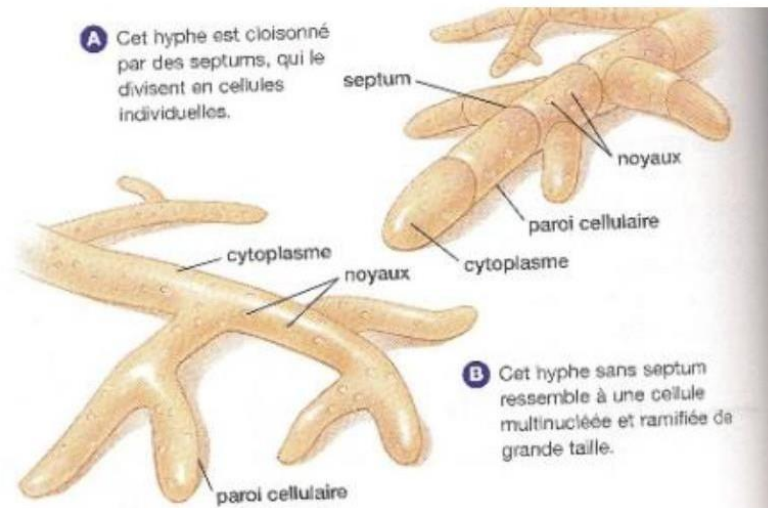


Figure 04 : Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium : (A), hyphe coenocytique ; (B), hyphe cloisonné

- ✓ **Les moisissures :** Elles ont une paroi cellulaire formée par plusieurs couches disposées les unes sur les autres. Elle contient 80 et 90 % de polysaccharides, le reste étant des protéines et des lipides. La chitine est un composé spécifique de la paroi des champignons où elle représente le composé majeur. Néanmoins, chez certaines espèces la chitine peut être partiellement ou totalement remplacée par la cellulose (ex : les Oomycètes en sont complètement dépourvus).
- ✓ **Les levures :** Leur paroi représente 30 % du poids sec de la cellule. La principale différence avec les moisissures, est que la chitine n'est pas le composé majoritaire de la paroi des levures, elle représente seulement 1 à 6 % de la masse pariétale.

3- Croissance et reproduction

3-1- Croissance des mycètes

3-1- 1- La croissance du thalle :

Chez les champignons, elle se fait uniquement à l'extrémité des filaments. Elle est qualifiée de « croissance apicale ». Ce type de croissance s'oppose à la croissance intercalaire.

La croissance apicale nécessite la lyse de la paroi et la synthèse du matériel pariétal nouveau.

L'apex est souvent riche en vésicules contenant des précurseurs de la paroi. L'élongation apicale résulte d'un flux cytoplasmique orienté par ces vésicules, puis lorsque la membrane de ces dernières s'anastomose avec le plasmalemme, les vésicules déversent leur contenu à l'extérieur du cytoplasme. La paroi nouvellement synthétisée est d'abord fluide puis devient plastique.

Si les vésicules sont trop nombreuses pour être toutes utilisées à l'apex, des rameaux latéraux apparaissent à quelques dizaines ou centaines de microns de l'apex (Figure 5). Ces ramifications se développent d'autant plus que les nutriments sont abondants, elles sont soumises à la dominance apicale.

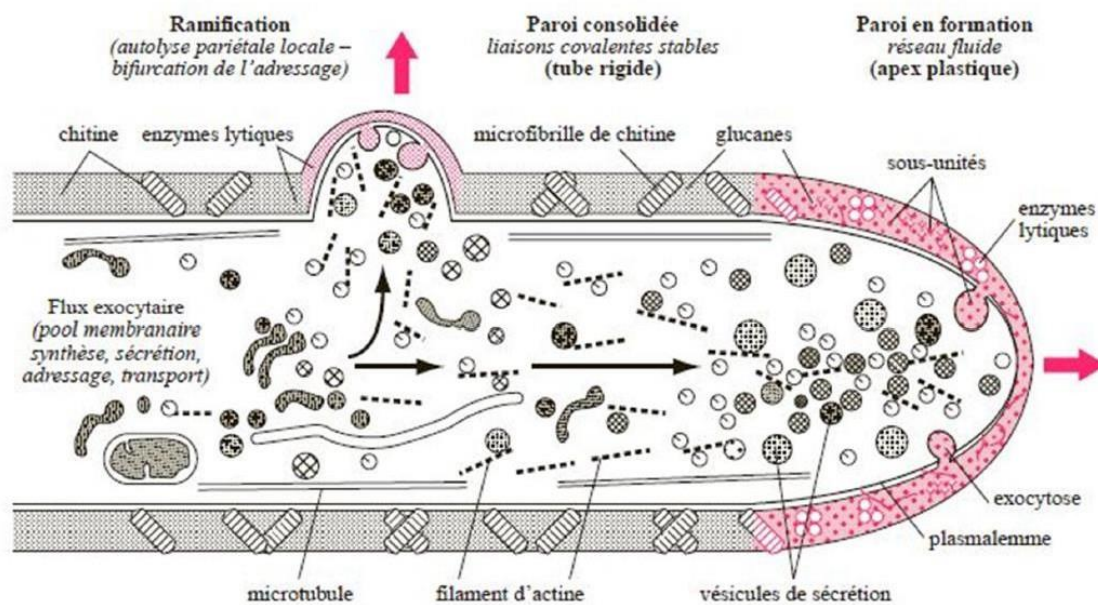


Figure 05 : Flux cytoplasmique apical

3-1-2- Mécanisme de croissance de l'hyphe

Croissance généralement apicale

- L'apex est structurellement et fonctionnellement très différent du reste de l'hyphe.
- Cytoplasme plus dense
- L'épaisseur de la paroi de l'apex est moins importante
- Accumulation de «APICAL VESICULAR CLUSTERS (AVC: amas de vésicule apicales) »
= vésicules qui jouent un rôle essentiel dans la croissance.

Rôle des AVC

• Aussi appelé **spitzenkörper**

- Si l'hyphe arrête croissance – AVC disparaissent
- Si l'hyphe recroît – AVC réapparaissent
- La position de l'AVC est lié à la direction de croissance.

• **Les vésicules contiennent :**

- Précurseurs de paroi (ex. N-acétylglucosamine, les sous-unités de la chitine).
- Enzymes lytiques de paroi (ex. chitinase, glucanase) pour casser et séparer les composants de la paroi.
- Enzymes de synthèse de la paroi (ex. chitin synthase, glucan synthase) pour assembler les nouveaux composants de la paroi et ainsi accroître la taille de la paroi.

3-2- Reproduction des mycètes

La reproduction des champignons est complexe, elle peut être sexuée ou asexuée, bien que certains champignons alternent entre les deux types de reproduction.

3-2-1- Reproduction asexuée "anamorphe"

C'est un mode de reproduction commun à presque tous les champignons, peut se faire par bourgeonnement, fission binaire, fragmentation, ou par formation de spores.

* Le bourgeonnement et la fission binaire

Le bourgeonnement et la fission binaire sont les formes de reproduction asexuée les plus simples. Le bourgeonnement est une division inégale du cytoplasme, résultant en une cellule parent et une cellule fille, celle-ci étant plus petite que la cellule parent. La fission binaire par contre aboutit à deux cellules identiques.

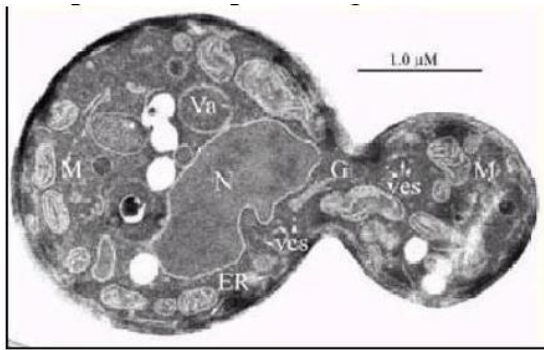


Figure 6. Reproduction par bourgeonnement



Figure 7. Reproduction par fission

- **La fragmentation et la sporulation**

La fragmentation est une forme de reproduction asexuée où un nouvel organisme se développe à partir d'un fragment parent. Chez de nombreuses moisissures, **la fragmentation des hyphes** peut donner naissance à de nouveaux individus. L'isolement de cellules par clivage de la paroi cellulaire permet la formation d'**Arthrospores**.

***La sporulation** : est la plus importante forme de reproduction asexuée chez les champignons. Elle se fait à travers les spores asexuées, formées au cours de la phase asexuée du cycle de vie des champignons. Suite à une mitose, ces spores se transforment en cellules reproductives appelées mitospores qui, après dispersion, se développent en de nouveaux organismes.

La colonisation des milieux par les champignons est assurée par la production de **spores de dissémination** :

- **Sporangiospores** : Se forment à l'intérieur d'un sporange ou sporocyste. Lors de la sporogénèse (formation des spores), un filament mycélien (sporocystosphore) se dresse à partir du mycélium végétatif et son extrémité se renfle pour former le sporocyste. Un grand nombre de spores, généralement, sont produites au sein du sporocyste après division de son cytoplasme et sont libérées après rupture de la paroi du sporocyste. Ces endospores germent en donnant directement naissance à un mycélium.
- **Conidiospores** : Spores exogènes produites à la pointe ou sur les côtés des hyphes aériens. Elles sont portées par un conidiophore .
- **Arthrospores** : issues de la fragmentation des hyphes. Un filament, qui cesse de s'accroître, se cloisonne de façon répétée et alignée pour individualiser les conidies.

- **Blastospores** : Produites par bourgeonnement d'une cellule végétative. Chaque conidie bourgeonne à son tour, conduisant à la formation de chaînes de conidies, la plus âgée étant à la base de la chaîne.

- **Chlamydospores** : Chlamys : manteau. Type de spores de résistance à paroi épaisse qui existent chez tous les champignons. Elles sont formées de façon terminale ou intercalaire, isolées ou en chaînes.

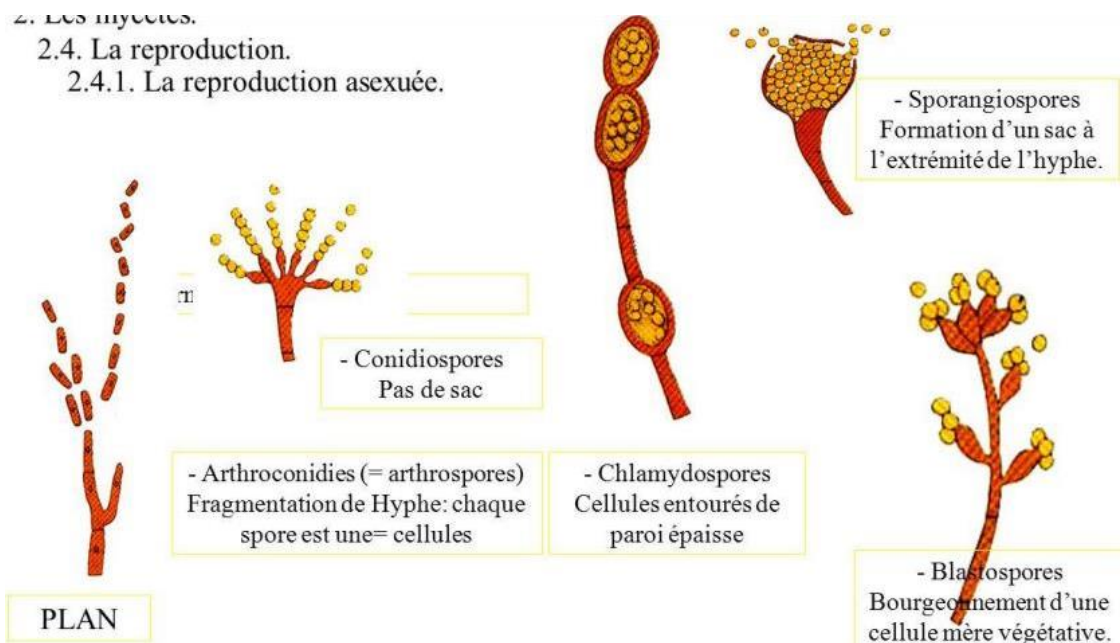
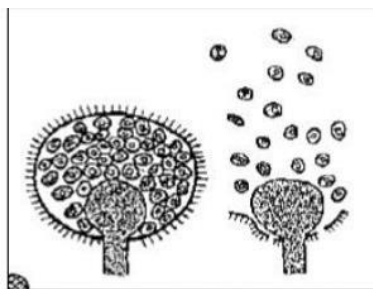


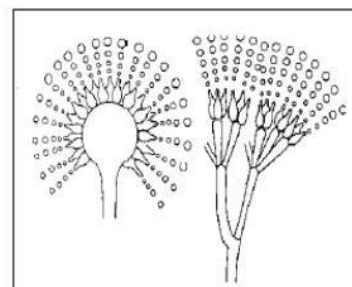
Figure 08 : Formation des spores asexuées chez les mycètes

Il existe fondamentalement deux modes de formation des spores asexuées :

- o **Mode endogène** : où les endospores sont formées et contenues à l'intérieur d'une enveloppe portée par un filament mycélien appelée sporocyste (Zygomycètes),
- o **Mode exogène** : où les spores externes ou conidies sont formées et émises successivement à l'extérieur du mycélium qui leur a donné naissance (Ascomycètes et Basidiomycètes). Production de spores directes.



Endospores : produites à l'intérieur du sporocyste
(ex : *Mucor*)



Exospores : générées en continu à l'extrémité des filaments spécialisés (ex : *Aspergillus* et *Penicillium*)

3-2-2- Reproduction sexuée "téléomorphe"

La reproduction sexuée (ou le téléomorphe) fait intervenir la rencontre de filaments spécialisés (plasmogamie), la conjugaison des noyaux (caryogamie) et enfin une réduction chromatique (méiose) suivie d'une ou plusieurs mitoses. Ces événements sont suivis par la formation de quatre types de spores : (les ascospores, les basidiospores, les zygosporés), dont le processus varie en fonction des différentes classes de champignons .

La reproduction sexuée implique la fusion de deux cellules haploïdes à rôle de gamètes, et entraîne la formation d'un zygote diploïde.

Chez les Mycètes, il y a souvent un décalage entre la fusion des cytoplasmes (plasmogamie) et la fusion des noyaux (caryogamie). Il existe donc un stade dicaryote, dans lequel les cellules contiennent deux noyaux haploïdes séparés, provenant de chacun des deux parents .

- **Les ascospores** : Elles sont formées dans des structures spécialisées dites « asques ». Une fois mûres, les ascospores se placent à l'extrémité des asques et sont libérées à l'extérieur par contraction de ces derniers. Ce mode de reproduction est caractéristique des Ascomycètes.

- **Les basidiospores** : Ce sont des cellules formées à l'extérieur des « basides » et portées par des filaments fins dits « stérigmates ». Après maturité, les stérigmates se brisent (par la pluie, le gel, le vent, le poids des spores, etc.) et libèrent les basidiospores. Ces cellules sont caractéristiques des Basidiomycètes.

- **Les oospores** : Elles sont formées chez les thalles plasmodiaux par la fusion de deux sporocystes de sexes opposés (l'oogone et le spermatocyste). La fécondation se fait à l'intérieur de l'oospore. Cette forme de reproduction est rencontrée chez les Oomycètes.

- **Les zygosporés** : Elles sont formées aussi par la fusion de deux sporocystes de sexes opposés. Elles sont rencontrées chez les moisissures à thalle siphonnées Zygomycètes. Les zygosporés sont portées par des sporophores qui se différencient en « suspenseurs

». Comme pour l'oospore, la fusion se fait à l'intérieur.

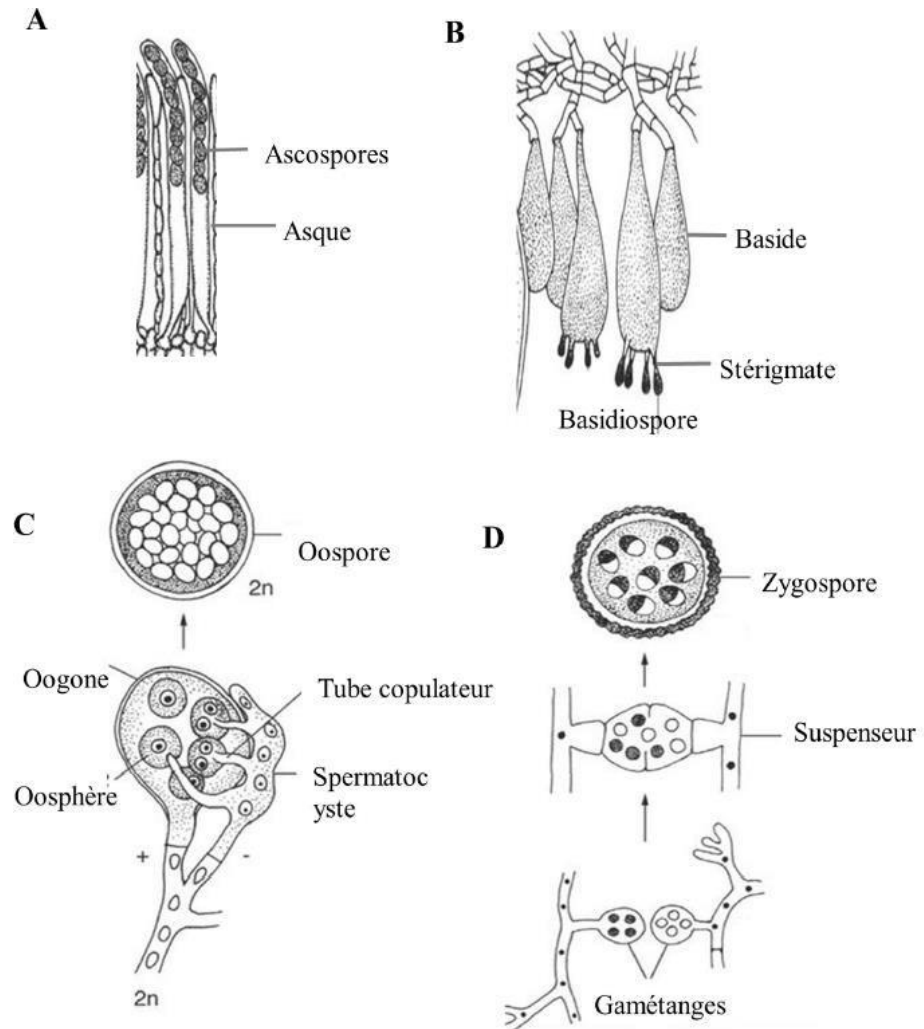


Figure 9: Les cellules de reproduction sexuée
 A : Ascospères, B : Basidiospores, C : Formation de l'oospore, D :
 Formation de la zygospore.

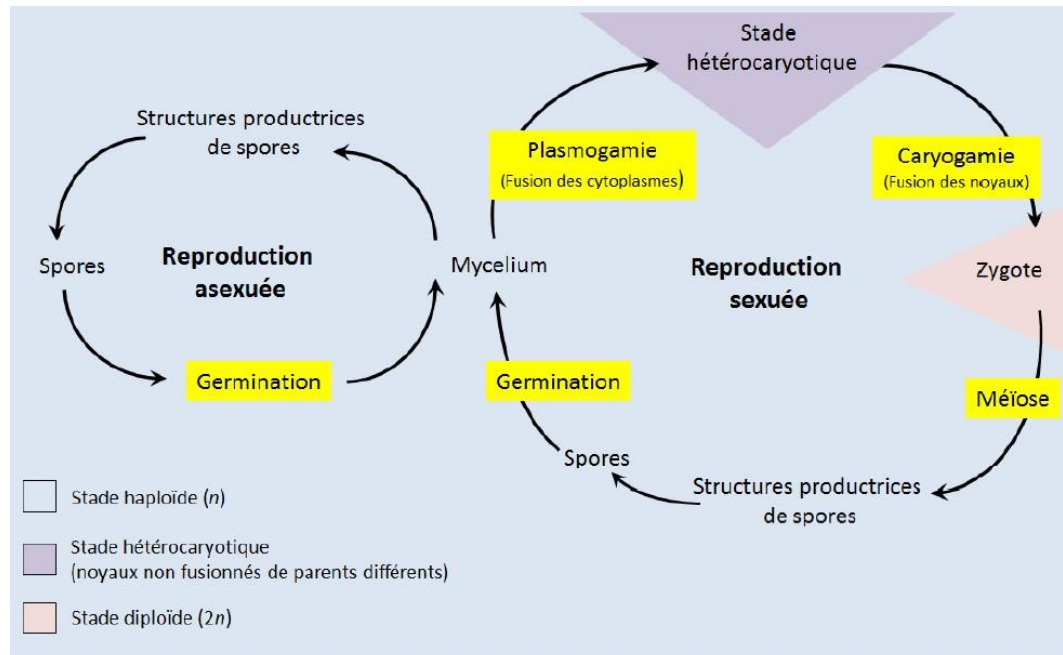


Figure 13: 1 Reproduction sexuée "téléomorphe" chez les mycètes

4- Stades du développement fongique

Trois phases interviennent lors du développement des moisissures : la germination, la croissance et la sporulation. En 2001, Osherov et May étudient et décrivent les différentes phases du cycle de vie asexuel d'un ascomycète (Figure 9). Les conidies sont produites par une structure spécialisée, le conidiophore. Après dispersion et contact avec un milieu adéquat, les conidies germent et donnent naissance à un hyphes. Le développement de cette structure forme un mycélium ramifié dont émerge un hyphes aérien porteur de conidiophores

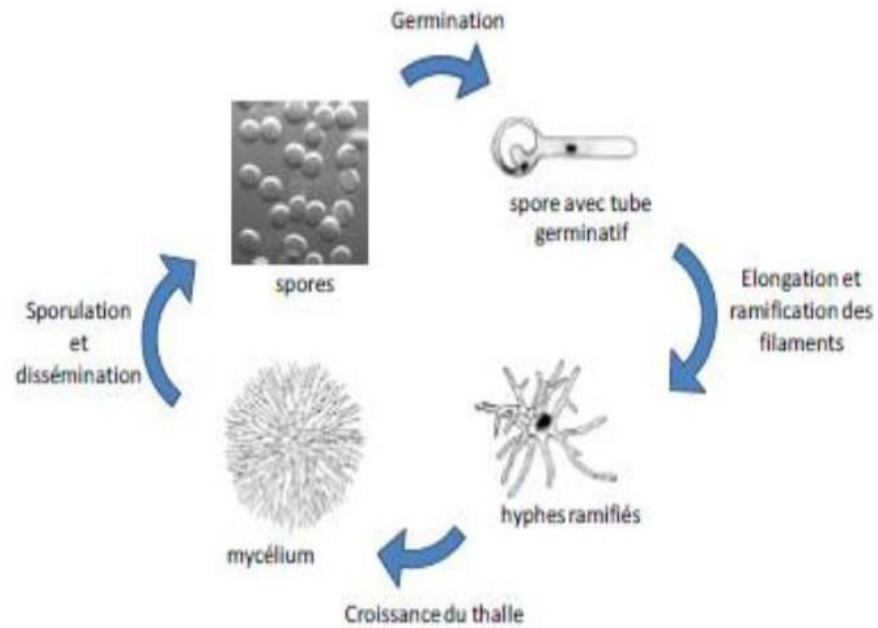


Figure 09 : Cycle de vie des moisissures

a) La germination

Cette étape comporte deux phases. Dans un premier temps, la spore enfle (elle s'hydrate), son diamètre et sa biomasse augmentent. Lors de cette croissance sphérique, de nouvelles couches sont formées et recouvrent uniformément la surface intérieure de la spore. Les propriétés de surfaces sont modifiées, l'adhérence spore-spore et spore substrat augmente. L'apparition d'un hyphe à partir de la spore hydratée correspond à la seconde phase de la germination.

b) La croissance

En 1994, Carlile et Watkinson décrivent précisément cette étape. L'hyphe ayant émergé de la spore, après quelques heures, croît de manière exponentielle jusqu'à atteindre une vitesse d'élongation maximum de l'ordre du mm/h pour ensuite s'allonger à vitesse linéaire.

A l'arrière de l'apex, des ramifications se forment, s'allongent et se divisent à leur tour, constituant un enchevêtrement d'hyphes appelé mycélium.

c) Sporulation et dissémination

Ultime phase du développement fongique, la sporulation consiste en la formation de particules de taille comprise essentiellement entre 3 et 30 μm , enveloppées d'une paroi épaisse avant séparation (chlamydospores), enfermées dans des "sacs" à l'extrémité de l'hyphe (sporangiospores), produites sur les extrémités ou les côtés de l'hyphe

(conidiospores), ou générées par bourgeonnement d'une cellule mère végétative (blastospores).