

Classification des champignons

Selon CHADEFAUD (1978), on distingue six classes de champignons dont les spores et les gamètes sont qualifiés de *zoïdes* motiles (flagellés ou amiboïdes)

Champignons à zoïdes :

- A-** zoïdes généralement *flagellés*, à 01 ou 02 fouets :
 - a. Thalle siphonné, pourvu en principe d'un centre..... **Phycomycètes.**
 - b. Thalle plasmodial..... **Myxomycètes.**
- B-** zoïdes seulement *amiboïdes* :
 - Thalle tubuleux ; position systématique incertaine..... **Trichomycètes.**

Champignons sans zoïdes :

- A-** Gamie aboutissant à la formation d'une *zygospore*..... **Zygomycètes.**
- B-** Gamie aboutissant au développement d'un *appareil sporophytique*, producteur :
 - a. d'*ascospores*..... **Ascomycètes.**
 - b. de *basidiospores*..... **Basidiomycètes.**

➤ CHAMPIGNONS A ZOÏDES

Classe I – PHYCOMYCETES

- thalle siphonné comprenant un centre primaire et des rhizoïdes, des siphons rompus engendrant des centres secondaires; d'autres dressés, nés du centre primaire ou des centres secondaires, porteurs d'organes reproducteurs (fig 23)
- paroi cellulaire cellulosique, ou celluloso-callosique et parfois chitineuse.
- Organes reproducteurs : sporocystes producteurs de zoospores, gamétocystes producteurs de zoogamètes, kystes zoïdogènes (sporogènes ou gamétogènes) à paroi épaisse se détachant et émettant des zoospores ou zoogamètes après un état de vie ralentie du champignon
- Zoïdes (zoospores et zoogamètes) pourvus d'un sillon ventral longitudinal auquel sont insérés un ou deux fouets ; l'un velu dirigé en avant et l'autre lisse dirigé en arrière.
- Zygotés formés par planogamie (iso ou anisogame), par oogamie (typique ou siphonogame) ou par thallogamie. Ils peuvent demeurer nus (gymnozygotes) et germer immédiatement, ou s'enkyster (oozygotes) pour germer après un temps de vie ralentie.
- Cycle sexué, soit à deux générations alternantes (gamétophytique haploïde et sporophytique diploïde), soit à génération unique (gamétophytique haploïde et rarement diploïde)
- Parenté possible avec les algues brunes ou jaunes (zoïdes très proches).

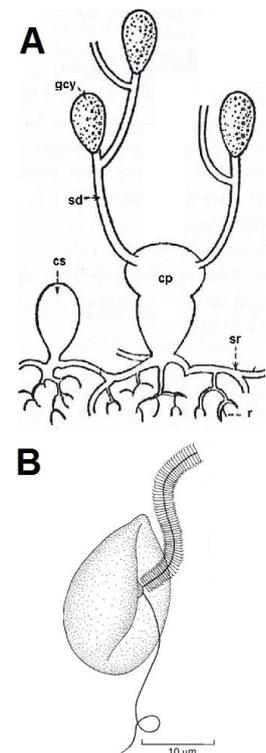


Fig. 23 Structure d'un Phycomycète (A) et de son zoïde (B).

Les Phycomycètes renferment huit ordres parmi lesquelles les **Leptomitales**, les **Saprolégnales** sont saprophytes (aquatiques), ou parasites d'algues (ou d'animaux), et les **Péronosporales** qui sont parasites de plantes supérieures.

Classe II – MYXOMYCETES

Champignons à zoïdes flagellés (02 fouets) ou amiboïdes, et à thalle plasmodial (soit plasmode vrai = amibe volumineuse et multinucléé, soit pseudo-plasmode = agrégats d'amibes uninucléés) qui peut produire des spores inertes, tuniquées chacune donne un zoïdes après germination (fig 25). Cette classe renferme 04 ordres :

- Plasmode vrai et parasite intracellulaire d'une plante- hôte : Plasmodiophorales.
- Plasmode vrai non parasite et se transformant à un fruit à spores (sporocarpe) : nu pour les Cératiomyxales ou revêtu d'un péricarpe chez les Myxogastrales.
- Pseudo-plasmode, formé d'un agrégat d'amibes uninucléées chez les **Acrasiales**.

Ces champignons se nourrissent par phagocytose (de débris solides, bactéries...) ou par absorption d'aliments dissous dans l'eau du milieu ambiant. Leurs parois cellulaires, quand elles se forment, sont essentiellement cellulosiques et chitineuses.

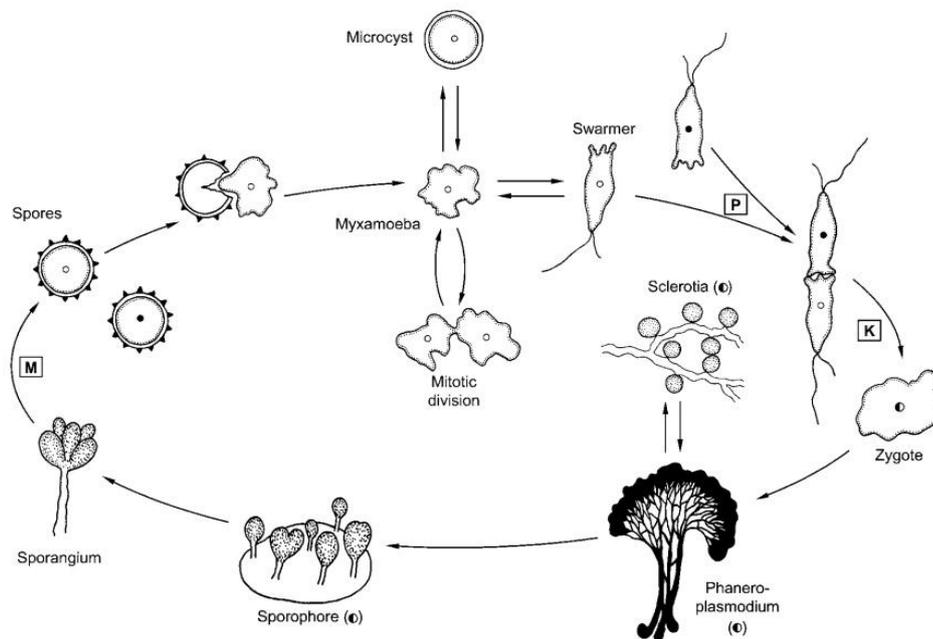


Fig. 25 Cycle de vie de *Physarum polycephalum*.

Classe III – TRICHOMYCETES

Position systématique peut être claire, parenté possible avec les myxomycètes (gamètes myxamibes).

➤ CHAMPIGNONS SANS ZOÏDES ET A ZYGOSPORES

Classe III – ZYGOMYCETES

- Champignons sans zoïdes (spores toujours inertes, tuniquées), à thalle souvent siphonné.
- Spores formées dans des sporocystes (ces derniers peuvent être parfois *sporaux*).
- Reproduction sexuelle par *cystogamie* : l'union des *gamétocystes* donne une grosse spore enkystée appelée *zygospore*.
- Dans les zygospores il y a caryogamie (formation de zygotes diploïdes enkystés = œufs), puis méiose pour former des spores haploïdes aboutissant après germination à un thalle haploïde.

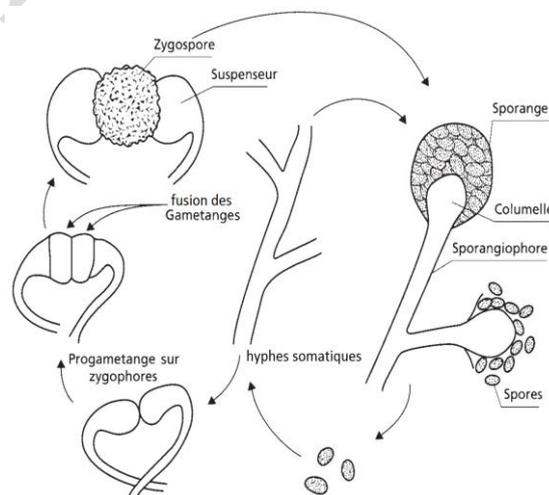
Les Zycomycètes renferment deux ordres :

- Les **Mucorales** généralement saprophytes et à sporocystes typiques.
- Les **Entomophtorales** généralement parasites, à sporocystes conidioïdes.

Exemple : les *Mucorales* (le genre *Mucor*)

Ce sont des moisissures menant une vie saprophytaire (sur les débris organiques, le pain moisi...), ou parasitaire (des plantes ou d'animaux).

- Talle gamétophytique haploïde formé de mycélium ramifié et siphonné. Paroi de chitine et cellulose.
- Reproduction directe, asexuée, par des spores formées (par la division du cytoplasme) dans des sporocystes portés sur des sporocystophores (sporangiphores) au moyen d'une columelle. Les spores sont libérées par la destruction de la paroi du sporocyste.
- Reproduction sexuée par cystogamie : deux rameaux sexuels latéraux, morphologiquement identiques (l'un mâle, l'autre femelle) se rapprochent (action hormonale). Les extrémités rapprochées se gonflent (gamétocystes plurinucléés) et se séparent par une cloison de leurs suspenseurs. Les gamétocystes fusionnent pour donner une zygospore.
- La zygospore s'enkyste (paroi épaisse brune). Les noyaux se multiplient par mitose puis s'accouplent (mâles avec femelles) et fusionnent pour donner un œuf multinucléé. Tous les noyaux dégèrent, sauf un, par mitose puis méiose, se divise en quatre noyaux haploïdes dont trois dégèrent. Déshydratée et riche en matières nutritives, la zygospore passe à l'état de vie ralentie.



Cycle de vie général des mucorales

Classe IV – ASCOMYCÈTES

C'est le groupe le plus important des champignons (32000 espèces). La plupart des moisissures bleu-vert, rouges et brunes qui altèrent les aliments sont des ascomycètes. Plusieurs maladies graves de plantes sont également causées par les ascomycètes.

- Champignons sans zoïdes, à filaments mycéliens toujours cloisonnés.
- Reproduction sexuée par *trichogamie* (le *trichogyne* des *ascogones* capte les *spermaties*, gamètes mâles, pour accomplir la fécondation). L'appareil sporophytique (appareil ascogène) produit est composé de 02 phases sporophytiques successives dont la seconde est dicaryotique se terminant par la production de sporocystes, les *asques*, qui donnent par méiose les *ascospores*.
- L'appareil sporophytique est généralement logé dans des fruits à asques, *ascocarpes*.

Cette classe renferme 04 sous-classes :

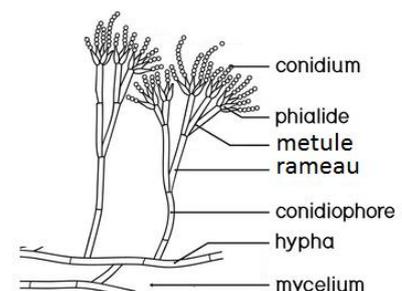
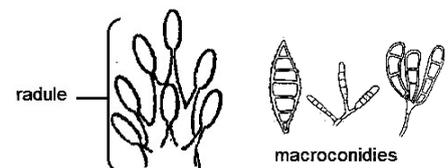
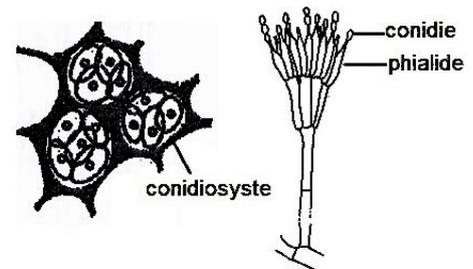
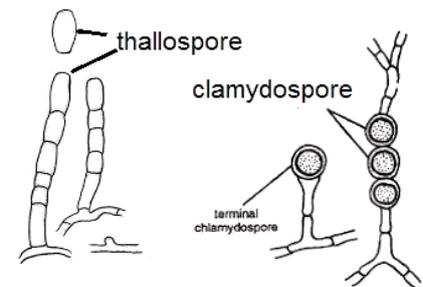
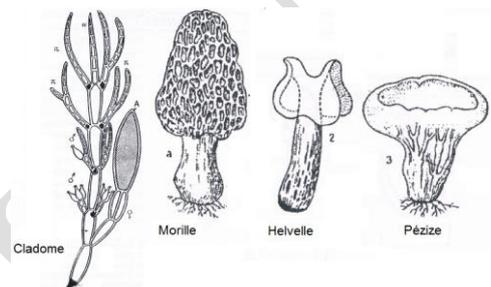
- ✓ **Laboulbéniomycètes**, cladomiens à ascocarpes
- ✓ **Discomycètes**, mycéliens et à ascocarpes, appelés *apothécies*. (exp : Morilles, Pézizes, Helvelles, Truffes)
- ✓ **Pyrénomycètes**, mycéliens et à ascocarpes, appelés *périthèces* ouverts par des orifices (ostioles) ou clos. (exp : l'Oïdium, Ergot).
- ✓ **Hémiascomycètes**, mycéliens ou levuroïdes, sans ascocarpes (asques à nu). (exp : Levures).

Les Disco- et les Pyrénomycètes sont les ascomycètes les plus typiques et les plus nombreux. Leur gamétophyte est un *mycélium filamenteux*, cloisonné (cellules à un ou plusieurs noyaux) et ramifié, producteur de stromas, sur ou dans lesquels se forment les organes reproducteurs. Paroi cellulaire typiquement chitineuse. Stromas constitués par des agrégats d'hyphes mycéliens, parfois convertis en *sclérotos*.

Reproduction asexuée :

Le mycélium des Disco- et Pyrénomycètes se reproduit asexuellement par des *thallospores* ou des *conidiospores*.

- Les **thallospores** sont des fragments uni- ou pluricellulaires du mycélium ayant le comportement de spores. (Fig.) Elles sont qualifiées de **clamydospores** si elles ont une paroi kystique épaisse et pigmentée et dont le rôle est la conservation de l'espèce. (Fig.)
- Les **conidiospores** (ou **conidies**) sont hyalins ou opaques, unicellulaires ou cloisonnées et sont générées par :
 - Des **conidiocystes** : le contenu se divise (mitose) en un nombre limité de conidiospores. (Fig.)
 - Des **phialides** : bourgeonnent (mitose) un nombre illimité de conidiospores. (Fig.)



- Des **radules** : phialides à styles multiples très courts ne donnant chacun qu'une seule conidie. (Fig.)
- Si la phialide joue le rôle de conidie, elle est dite **macroconidie**. (Fig.)

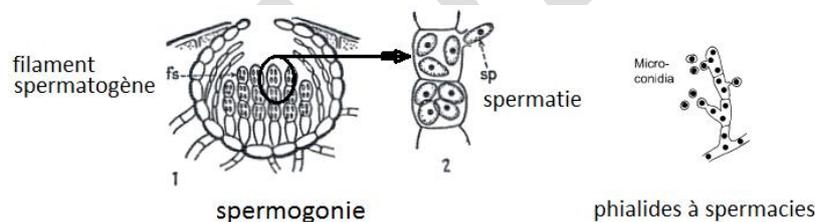
Les phialides, radules et cellules conidiogènes analogues sont souvent portées par des filaments mycéliens spéciaux dressés dits **conidiophores**. (Fig.) Ceux-ci sont formés :

- Dans des stromas creux (cavités) appelés **pycnides**. (Fig.)
- Sur des stromas épais appelés **sporodochies**. (Fig.)
- Sur des stromas minces appelés **acervules** (Fig.)
- Directement sur le mycélium pour former une **mucédie**. (Fig.)

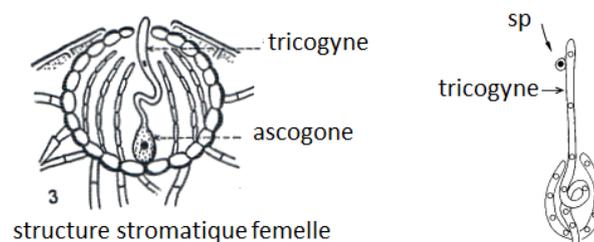
Ces organes sont des fructifications imparfaites des ascomycètes (les ascomycètes sont des fructifications parfaites).

Les organes sexuels et fécondation chez les Disco- et Pyrénomycètes

- **Organes mâles** (filaments mâles situés dans des structures spéciales ou directement sur le mycélium) : producteurs de spermaties inertes et tuniquées, ils portent une ou des *cellules spermatogènes* (celles-ci sont soit des *spermatocystes* ; division du contenu donne un nombre limité de spermaties, soit des *phialides* à spermaties) (Fig.). Les spermaties sont comparables à de très petites conidies mais sont incapables de germer ; ce sont des gamètes mâles et non des spores.



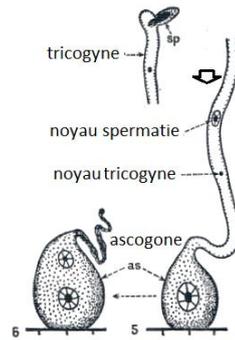
- **Organes femelles** (filaments femelles, ou archicarpes, logés dans des structures stromatiques ou à nu sur le mycélium) : comprennent parfois un *pied* uni- ou pluricellulaire, un gamétocyste femelle unicellulaire (uni- ou plurinucléé) appelé *ascogone* surmonté d'un *trichogyne* uni- ou pluricellulaire et souvent des *filaments* recouvrant l'ascogone.



La fécondation est une *trichogamie* souvent conditionnée par un *hétérothallisme*. Elle transforme le contenu de l'ascogone en un zygote *imparfait* (non pas diploïde = micro-haploïde).

Les spermaties sont captées par le *trichogyne*. Quand il y a contact, le noyau migre à travers le trichogyne jusqu'à l'ascogone qu'il féconde. Plusieurs spermaties peuvent fusionner avec le

trichogyne mais une seule va féconder l'ascogone s'il est uninucléé, mais il en faut plusieurs s'il est plurinucléé.

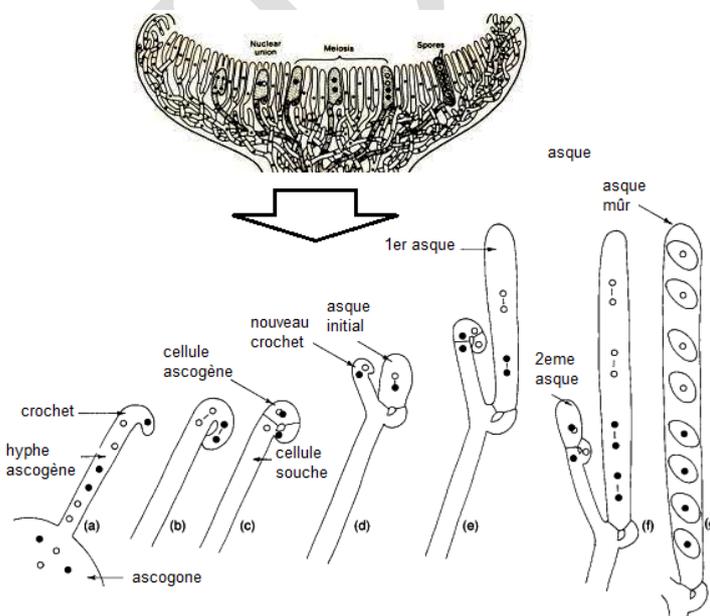


S'il y a hétérothallisme, de chaque asque à 8 ascospores sortent 4 spores positives (+), produisant des gamétophytes mycéliens (+) à organes mâles et femelles (+), et 4 spores de signe (-).

La fécondation d'un ascogone (+) n'est possible que par des spermaties ou une cellule fécondante (-), et inversement.

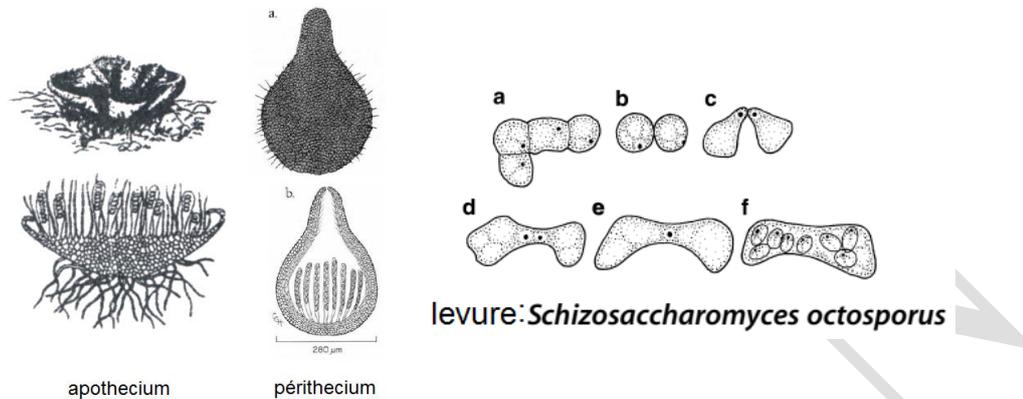
L'ascogone fécondé engendre des filaments présentant la particularité d'être divisés en cellules comptant deux noyaux chacune. Ce sont des cellules à dicaryons.

On observe le phénomène du crochet (**Fig.**): l'extrémité d'un dicaryon bourgeonne latéralement. Les deux noyaux subissent une division et un noyau fils passe dans le bourgeon alors que l'autre reste dans la première cellule. Le bourgeon latéral se sépare de la cellule terminale par une cloison. On obtient trois cellules : une cellule à deux noyaux différents et deux cellules à un noyau. : C'est une dangeardie. Le bourgeon se recolle à la cellule initiale et y fait passer son noyau (deux cellules à deux noyaux distincts).



La cellule de l'asque est le siège d'une méiose. Les filaments dicaryotiques se terminent par une cellule où les deux noyaux fusionnent en un noyau diploïde. C'est la cellule ascogène qui va s'allonger alors que le noyau (à 2N) subit la méiose. A la fin, on a huit noyaux haploïdes (quatre + et quatre-) autour desquels s'individualise une ascospore. Un asque est l'association d'une membrane et de huit noyaux haploïdes. Ces ascospores vont donner un nouveau mycélium haploïde.

Les filaments qui entourent l'ascogone (le proascocarpe) se développent et constituent la paroi d'un conceptacle ouvert à la partie supérieure par un ostiole. C'est la formation de l'ascocarpe. Une ascocarpe a une morphologie variable : globuleux, ouvert par un pore ou non (c'est alors un périthèce) ou en forme de coupe (apothécie). Les ascocarpes peuvent être constitués par une masse de tissus avec des veines. Dans le cas des levures, on n'a pas d'ascocarpe. (Fig.)



Classe IV – BASIDIOMYCÈTES

Champignons de mêmes caractères que les ascomycètes, mais chez lesquels les asques sont remplacés par des *basides*, productrices de *basidiospores exogènes*, portées sur des *stérigmates*.

Ils sont caractérisés par :

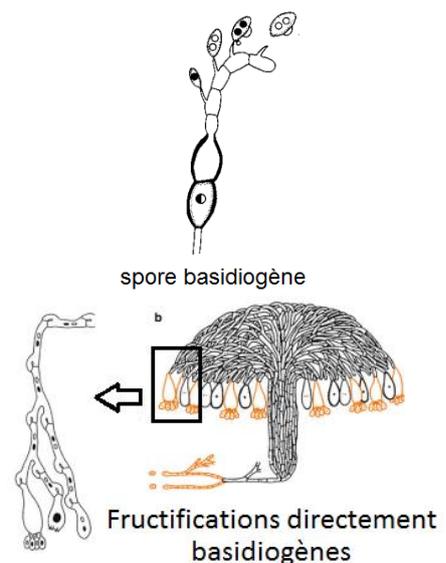
- Structure mycélienne à hyphes cloisonnées et paroi chitineuse ou chitino-pectique.
- Reproduction asexuée par des thallospores ou des conidies.
- Cycle comprenant des gamétophytes, puis 02 phases sporophytiques (micro-haploïde et dicaryotique).
- Fréquence d'hétérothallisme.
- Basides homologues aux asques.
- Formation de 04 *basidiospores* (exogènes).
- Production de fructifications basidiogènes :

✓ Fructifications à **spores basidiogènes** qui donne naissance aux basides (comme chez les Urédinales et Ustilaginales) (Fig.)

✓ Fructifications directement basidiogènes (carpophores) qui sont souvent volumineuses, comestibles ou vénéneuses.

Parmi les principaux types :

- Les **Urédinales** (agents des rouilles des végétaux : exp. *Puccinia graminis* = rouille noire du blé) et les **Ustilaginales** (agents des charbons : exp. *Ustilago maydis* = charbon du maïs), dont les basides sont produites par des spores basidiogènes.
- Les Agarics, Coprins, Amanites Ce sont des *Basidiomycètes* à *carpophores* parmi lesquels la plupart des champignons comestibles, et la plupart des champignons vénéneux.



LES DEUTEROMYCETES ou CHAMPIGNONS IMPARFAITS

Ce sont des champignons à conidies et renferment environ 15000 espèces différentes dont on ne connaît que la phase de reproduction asexuée. Chez certains deutéromycètes, le stade sexuel semble avoir été perdu au cours de l'évolution. Chez d'autres, ce stade n'est pas encore découvert.

La plupart des deutéromycètes, vue leurs caractères généraux, sont visiblement des ascomycètes se reproduisant uniquement par des conidies. Certains sont des basidiomycètes.

LES LEVURES

Une levure est un champignon qui se reproduit principalement par bourgeonnement. Certains champignons possèdent les 02 formes de croissance, unicellulaire et filamenteuse, dont la seconde est dominante. Il existe au moins 80 genres de levures avec 600 espèces connues dont la plupart sont des ascomycètes et un quart des genres sont des basidiomycètes.

Au cours du bourgeonnement (reproduction asexuée), la cellule mère produit une petite excroissance, le bourgeon. Chaque cellule haploïde est capable de servir de gamète et la fusion de 02 cellules donne une cellule diploïde, le *zygote*, qui fonctionne comme un *asque* (levures ascomycètes). Chaque asque produit, après méiose, 04 spores.

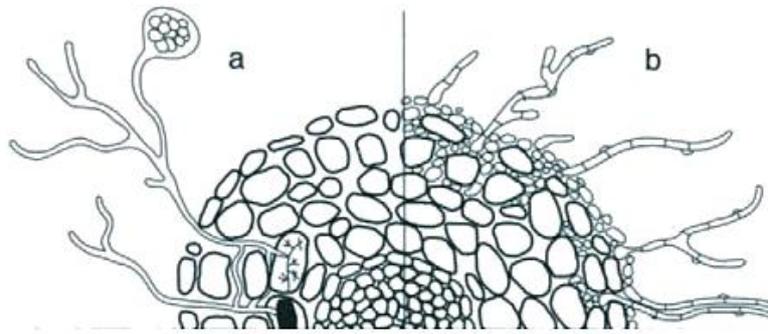
LES MYCORHIZES

Les mycorhizes sont des associations mutualistes entre les racines d'une plante et les champignons. Ces associations sont classées comme *endotrophes* (les champignons pénètrent à l'intérieur des racines) ou *ectotrophes* (les champignons restent sur la surface des racines et forment une gaine de mycélium autour d'elles), certaines autres sont *ectendotrophes*.

Les champignons *endomycorhiziens* généralement associés aux racines des cultures agricoles. Les genres communs sont *Glomus* et *Gigaspora*, qui produisent de grosses zygospores. Les champignons endomycorhiziens produisent une structure hyphale extrêmement ramifiée, appelée « arbuscule », à l'intérieur de la cellule végétale en s'invaginant dans la membrane cellulaire. Cette infection crée une structure absorbante avec une très grande surface de transfert de nutriments entre la plante et le champignon. Ce vaste réseau hyphal améliore l'absorption de l'eau et des nutriments, particulièrement le phosphore, et favorise la croissance de la plante. En échange pour le phosphore transféré vers la plante, le champignon obtient des sucres et d'autres matières organiques essentielles à sa croissance et à sa reproduction.

Les champignons *ectomycorhiziens* font partie des classes des basidiomycètes et des ascomycètes ; ce sont les champignons forestiers : tels que *Russula*, *Lactarius*, *Laccaria*, *Amanita*, *Boletus*, et *Tuber* (truffe) ou *Cenococcum* (fausse truffe), symbiotes facultatifs des racines d'arbres forestiers, et leur colonisation peut se voir à l'œil nu. Le champignon ectomycorhizien forme une gaine ou un manchon d'hyphes abondamment compacts sur la surface des racines d'arbres.

Les racines mycorhizées sont généralement plus tolérantes à la sécheresse. Les plantes mycorhizées sont plus tolérantes aux pertes limitées de racines causées par les maladies. Les champignons ectomycorhiziens ont l'avantage supplémentaire de produire des substances antibiotiques inhibant les pathogènes fongiques ou bactériens.



- Types d'interaction entre les racines des plantes et différents types de champignons mycorhiziens,
 - a) Mycorhize vésiculaire-arbusculaire, infectant la racine à partir d'une grande spore dans le sol, formant des vésicules intracellulaires et des arbuscules ramifiés dans les cellules du cortex racinaire interne ;
 - b) Ectomycorhize avec gaine fongique à l'extérieur de l'épiderme racinaire reliée au mycélium dans le sol et au tissu fongique intercellulaire dans le cortex racinaire ;