

Les mycètes

Communément appelés les **champignons**.

I Généralités

Les mycètes sont des organismes *eucaryotes*. On connaît plus de 100 000 espèces de mycètes, et on estime qu'il existerait 1 500 000 espèces au total.

A. Les différents mycètes

On distingue principalement deux types de mycètes.

1) Les macromycètes

Les **macromycètes**, visibles à l'œil nu par leur appareil reproducteur, même si ce n'est qu'une "partie cachée de l'iceberg", le **mycélium** formant la majeure partie du champignon.



2) Les micromycètes

Les **micromycètes**, le plus souvent invisibles à l'œil nu. Ce sont les **rouilles**, les **levures** et les **moisissures**.

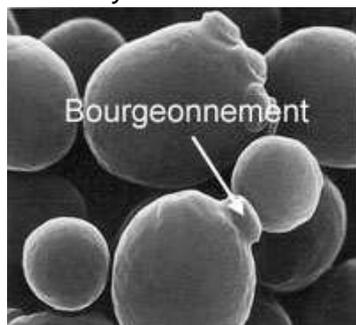


B. Structures

Les mycètes présentent des formes très variées :

➔ **Unicellulaires**, ils se reproduisent par bourgeonnement. C'est le cas des levures.

Ex : *Saccharomyces Cerevisiae*



➔ Plus généralement, ils forment un **thalle filamenteux**, composé d'**hyphes** (on parle de **mycélium**). Les moisissures présentent cet aspect.

Ex : *Aspergillus*



➔ Certains organismes peuvent présenter un **dimorphisme du thalle** en fonction des conditions environnementales.

Ex : thalle levuroïde à 37°C et filamenteux à 25°C

La croissance des ces hyphes est localisée, elle se fait par élongation de la partie apicale de l'hyphe. Plus l'hyphe est allongé, plus le mycète peut absorber de nutriments dans le milieu.

C. Nutrition et physiologie

1) Nutrition

Les mycètes sont hétérotrophes pour le carbone (ils ne peuvent pas faire de photosynthèse) et vivent en général de manière aérobie. Ils stockent le sucre sous forme de glycogène, à la manière des organismes animaux. Le degré d'autotrophie vis-à-vis de l'azote est variable selon le mycète (à partir d'azote minéral, d'acides aminés ou de protéines).

Ils prélèvent les nutriments par absorption, en libérant dans le milieu des enzymes lytiques.

2) Relations avec d'autres organismes

Ces organismes sont très importants et vivent de 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 *matière vivante*. Certains mycètes sont pathologiques.

→ **Association symbiotique** : 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**.

Certains mycètes vivent à l'intérieur d'un organisme, ils sont dits **endophytes**.

3) Habitat

Les mycètes sont principalement terrestres, parfois aquatiques. Les lichens, associés aux algues, peuvent vivre dans l'un et l'autre.

Les mycètes sont souvent résistants. Ils supportent de fortes variations de pression osmotique, de pH et de température.

D. Reproduction

Les mycètes ont la capacité de se reproduire de manière sexuée ou asexuée. Lors de leur stade sexué, on dit que le mycète est **téléomorphe**. Les spores sont produites par méiose, ce sont des **méiospores**. Lors de leurs stade asexué, on dit que le mycète est **anamorphe**. Les spores sont produite par mitose, ce sont des **mitospores**.

E. Utilisations industrielles

Les mycètes peuvent être utiles aux humains :

→ Fabrication d'éthanol

Ex : l'alcool de la bière provient de *Saccharomyces Cerevisiae*

→ Fabrication d'acides organiques

Ex : l'acide citrique de *Coca Cola* est obtenu à partir d'*Aspergillus*

→ Fabrication d'antibiotiques

Ex : la pénicilline s'obtient grâce à *Penicillium*

→ Fabrication d'enzymes lytiques, tels que des protéases ou des hémicellulases

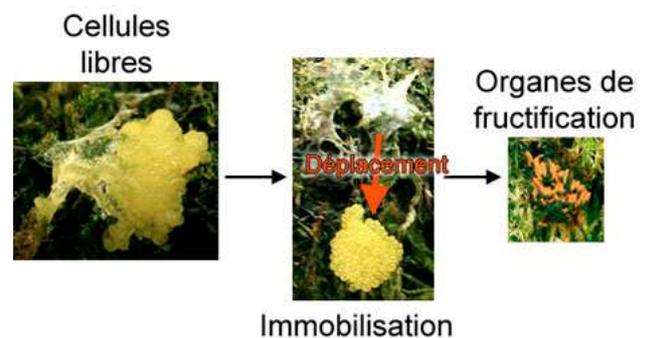
II Phylogénie

Les organismes fongiformes (ressemblant aux champignons) forment trois groupes phylogénétiques distincts.

A. Myxomycètes

Ils étaient auparavant réunis au règne des champignons, car ils présentaient une étape de sporulation, mais ils sont maintenant clairement séparés et forment les **mycétozoaires**.

Leur capacité à former des thalles à plasmodes (cellule unique plurinucléée pouvant se déplacer pour sporuler en cas de manque de nutriments) de la même manière que certaines amibes a conduit à les appeler des **myxobactéries**.



B. Oomycètes

Les **oomycètes** sont issus d'une lignée évolutive distincte des champignons, puisqu'on les rapproche maintenant des algues. Ils contiennent de la cellulose, et produisent des gamètes sexuels.

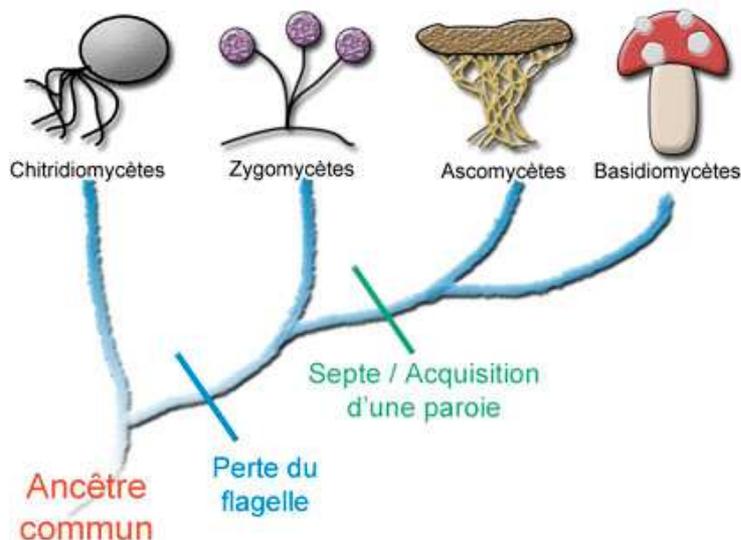
Ce sont des parasites importants d'animaux et de végétaux. Ils sont responsables des pourritures, caries des racines (*root rot*), rouilles et mildious (*downy mildew*).

Par exemple, le mildiou de la vigne, importé en Europe par accident, a détruit quasiment tout le vignoble Français.



C. Eumycètes

Les **eumycètes** forment le règne des "vrais champignons". On les différencie par leurs modes de reproduction.



On associait auparavant les **deutéromycètes**, apparemment dépourvus de reproduction sexuée.

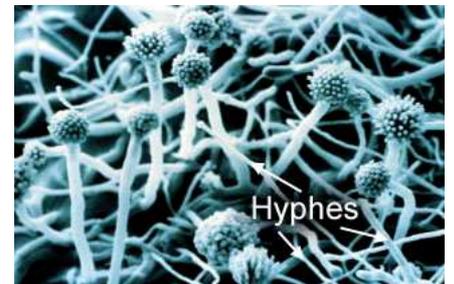
III Organisation de l'appareil végétatif

Le **thalle** est l'appareil végétatif des champignons. Ils peuvent avoir différentes formes :

- ➔ De type levuroïde, comme par exemple les ascomycètes se reproduisant par bourgeonnements
- ➔ De type plasmode, c'est-à-dire une cellule unique contenant un millier de noyaux, comme chez les myxomycètes
- ➔ Sans véritable hyphe, comme chez les chytridiomycètes
- ➔ Formant un thalle filamenteux, appelé mycélium

A. Hyphe : structure de base

Ce sont de petits filaments cylindriques très ramifiés, délimités par une paroi. Ils mesurent entre 2 et 10 μm de diamètre.

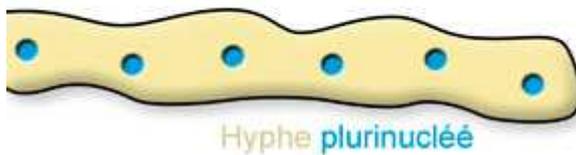


1) Cloisonnement

► **Cœnocytique**

Les hyphes ne sont pas cloisonnés, ce sont des tubes plurinucléés, à l'exception des structures reproductives ou des hyphes vieillissants. On retrouve cette forme chez les *oomycètes*, les *chytridiomycètes* et les *zygomycètes* (champignons inférieurs).

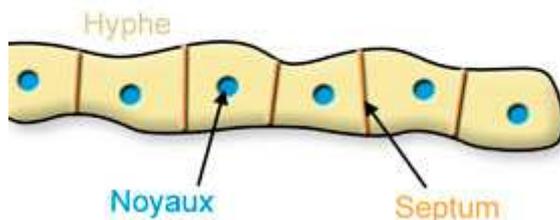
Structure cœnocytique



► **Cellulaire ou en articles**

Les hyphes sont séparés par des parois appelées **septum**, avec un ou deux noyaux par cloison. On retrouve cette structure chez les *ascomycètes* et les *basidiomycètes* (champignons supérieurs).

Structure en articles

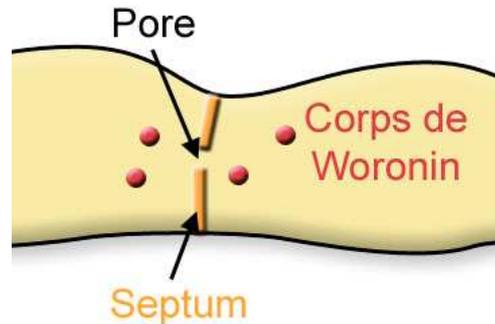


Dans les *hyphes en extension*, les cloisons possèdent des pores permettant le passage d'organites, ce sont des **cloisons primaires**. Par contre, les cloisons des *parties vieillissantes* ne sont pas perforées, ce sont des **cloisons secondaires**.

2) Pores

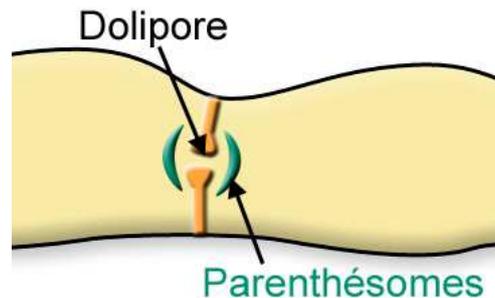
► **Paroi à pores simples**

Les parois ne contiennent qu'un seul pore, régulé par des **corps de Woronin**. Ils peuvent bloquer le passage de molécules en s'interposant devant le pore. On retrouve communément ce type de pores chez les ascomycètes.



► **Paroi à dolipores**

Les **dolipores** sont régulés par des **parenthésomes**. Ce sont des réticulum endoplasmiques, de forme plate, recouvrant ou non le dolipore. Ce type de pores se retrouve chez les basidiomycètes.

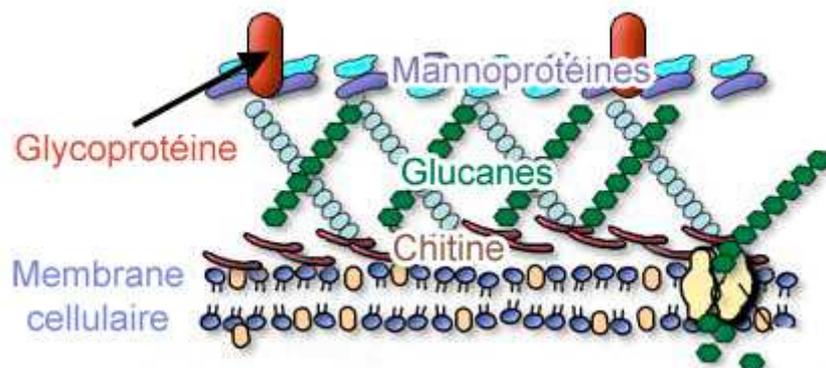


B. Cytologie

1) Paroi fongique

Certains mycètes possèdent une paroi cellulaire. Elle est majoritairement composée de microfibrilles de **glucanes**, à la manière des bactéries, mais aussi de **chitine**, un polyside très résistant. Chez certains chytridiomycètes, elle est remplacée par de la cellulose.

La paroi est souvent recouverte de **mannoprotéines**, formant une matrice autour de la paroi. Des **glycoprotéines** peuvent aussi être présentes et permettre l'adhérence. Celles-ci sont souvent immunogènes.



On peut également parfois trouver dans la paroi de la **mélanine** en grandes quantités. Elle confère certaines résistances face à la lyse enzymatique, aux contraintes mécaniques, aux ultraviolets et à la dessiccation.

2) Organites

Les mycètes possèdent un petit noyau. Ils possèdent *entre 3 et 40 chromosomes* différents. Pendant la mitose, l'enveloppe nucléaire reste intacte, contrairement aux plantes et aux animaux.

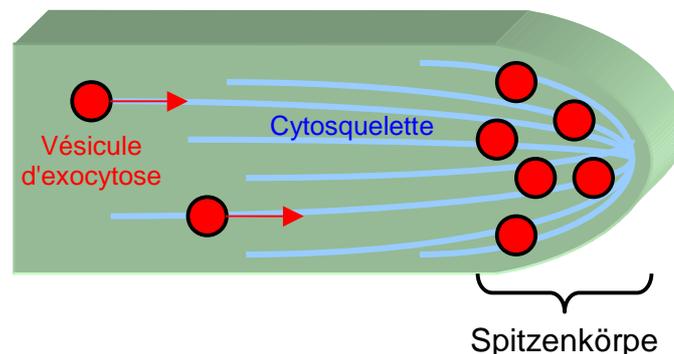
Les mitochondries ont des structures qui varient selon les différents règnes de mycètes. Les *eumycètes* ont des mitochondries à crêtes lamellaires, tandis que les mitochondries d'*oomycètes* ont des crêtes tubulaires.

L'appareil de Golgi des mycètes est très peu développé, et n'est souvent formé que d'un saccule.

C. Croissance apicale des filaments et ramifications

La croissance d'un champignon peut être très élevée ; il peut grandir *de 4 mm par minute*. Cela lui confère un fort pouvoir de pénétration pour transpercer, par exemple, une paroi végétale ou un exosquelette insecte. Cela lui permet aussi de trouver constamment de nouveaux nutriments, car l'apex a une forte capacité lytique.

Du matériel cellulaire est continuellement échangé depuis les régions âgées de l'hyphes jusqu'à l'apex croissant, notamment des mitochondries. De plus, des vésicules d'exocytose sont acheminées jusqu'à l'apex en suivant le cytosquelette.



On observe alors un **Spitzenkörper**, c'est-à-dire un regroupement de vésicules d'exocytose au niveau de l'apex. Ces vésicules permettent à l'apex de croître, en apportant des enzymes de synthèse de la paroi (*glycane synthétase* et *chitine synthétase*), des enzymes de la lyse pariétale, des activateurs et quelques polymères.

→ Des ramifications surviennent lorsque trop de matériel est apporté à l'apex.

D. Organes agrégés

Souvent les filaments s'agrègent et donnent naissance à de faux tissus, appelés **plectenchymes**, ou à des organes massifs. Différents plectenchymes peuvent être retrouvés :

➔ **Stroma** : ce sont des structures compactes recouvertes à l'intérieur ou à l'extérieur de fructifications et de **paraphyses** (structures stériles) La partie recouverte s'appelle l'**hyménium**.





➔ **Rhizomorphes** ou cordons mycéliens : ce sont des agrégations d'hyphes parallèles que l'on trouve sous les écorces d'arbres ou dans l'humus. Elles permettent au mycète d'absorber plus de nutriments. On retrouve souvent cette forme chez les champignons parasites.

➔ **Sclérotés** : ce sont des organes plus ou moins massifs formés d'hyphes agglomérés, souvent pigmentés de mélanine et riches en réserves. Ce sont des formes de résistance du champignon.



➔ **Carphophores** : c'est l'organe de fructification des champignons supérieurs. Ils permettent de disperser facilement les spores.

IV Biologie et reproduction des principales divisions de champignons

A. Généralités

Le processus de propagation le plus simple ne fait intervenir que des phénomènes de croissance ; on parle de **mycélium stérile**, car il est génétiquement identique en tout point. Cependant les champignons se propagent de façon plus efficace lorsqu'ils se différencient en organes.

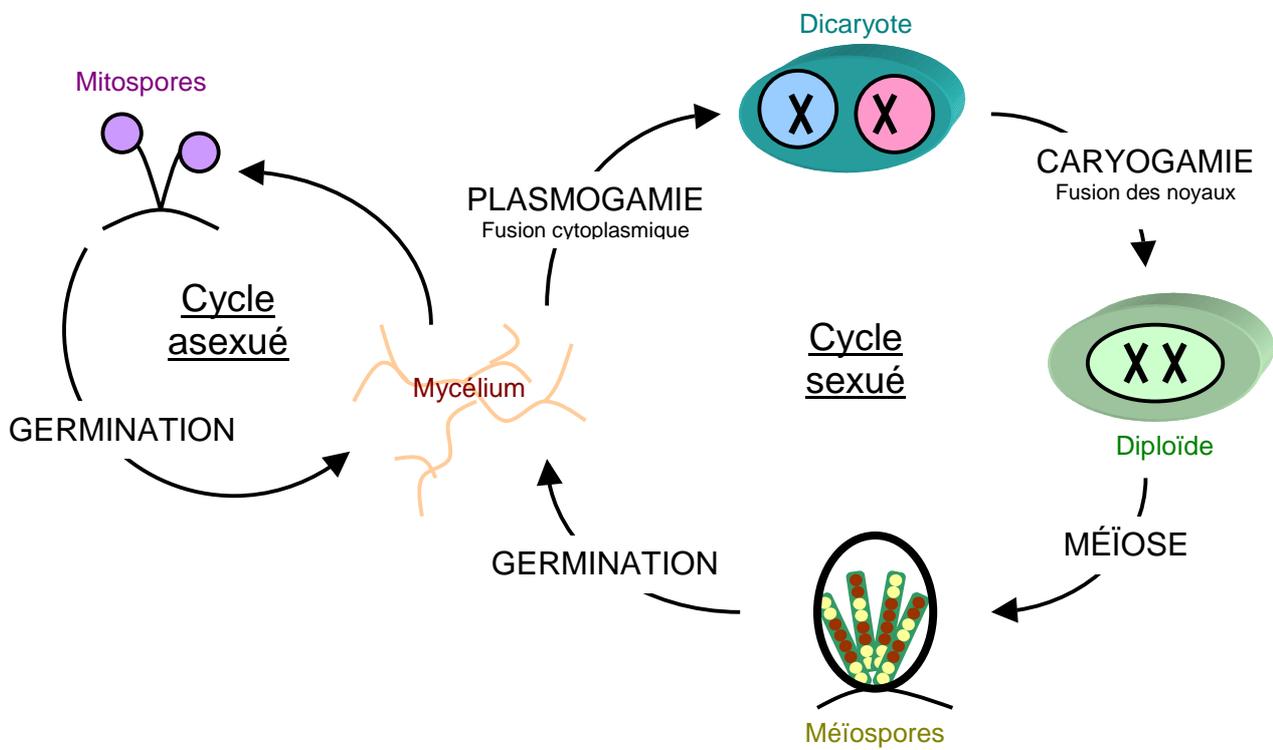
Lorsque le milieu est défavorable, ils produisent des structures de résistances sous forme de spores et même parfois des sclérotés. Cela leur permet de résister grâce à plusieurs stratégies :

- _ *Résistance par le nombre*, certains champignons produisent un nombre important de spores (ex : la vesse de loup géante en contient 3 millions)
- _ *Résistance par la dispersion*, les spores en poussière sont facilement emportés par le vent
- _ *Résistance par renforcement*, les spores et les sclérotés sont des formes résistantes aux agressions du milieu.



➔ **Cycle de reproduction**

La plupart des champignons peuvent se reproduire aussi bien de manière sexuée que de manière asexuée :

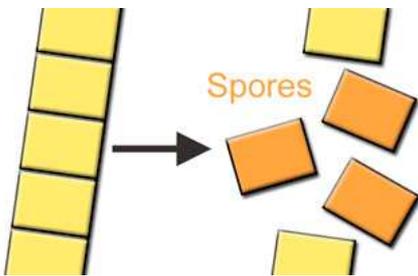


A. Reproduction asexuée

Les spores créées peuvent être **endogènes**, c'est-à-dire à l'intérieur de la cellule-mère, ou **exogènes**. Il existe différents modes de sporulation :

Arthrospores

Par rupture d'un hyphe
(cas des chytridiomycètes)



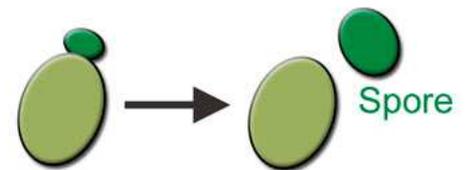
Chlamydospores

La paroi s'épaissit et le cytoplasme se condense, c'est une forme résistante.



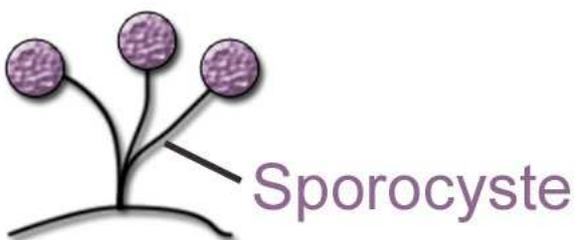
Blastospores

Par bourgeonnement
(cas des levures)



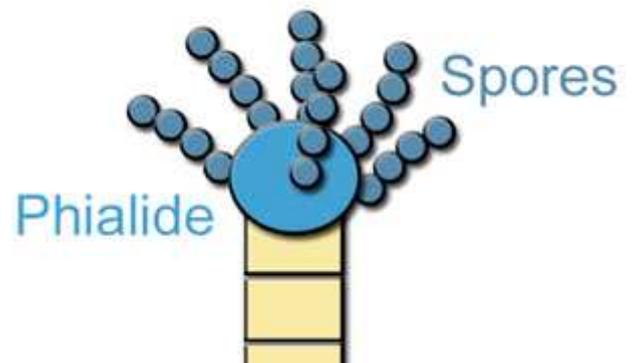
Sporocystiospores

Ces spores sont endogènes, dans un **sporocyste**. Elles sont en grand nombre.
(cas des zygomycètes)



Conidiospores

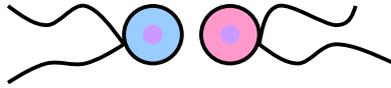
Ces spores sont exogènes, à partir d'un **phialide**.
(cas des ascomycètes)



B. La différenciation des gamètes et les différentes gamies

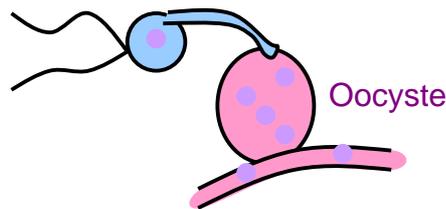
1) La planogamie (cas des chytridiomycètes)

Les **gamétocystes** (mâle et femelle) produisent des gamètes flagellés qui sont émis dans le milieu (souvent aqueux) et qui vont fusionner pour former un **planozygote**.



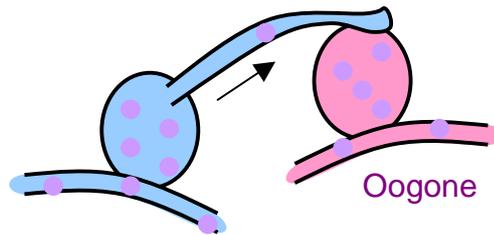
2) L'oogamie siphonogame (cas des oomycètes)

Les gamétocystes mâles donnent des gamètes flagellés qui vont aller féconder le gamète femelle dans le sporocyste femelle (l'**oogone** dans l'**oocyste**), en perforant l'oocyste avec un siphon copulateur.



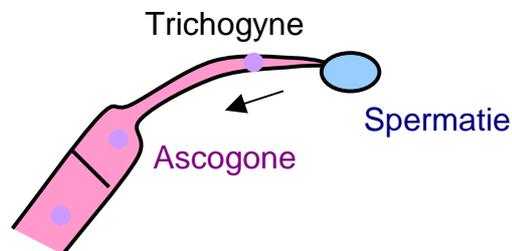
3) la siphonogamie (cas des oomycètes et des ascomycètes)

Le gamétocyste mâle ne donne pas de gamète flagellé. Il doit s'accoler au gamétocyste femelle puis émettre des **siphons copulateurs** qui vont perforer sa paroi.



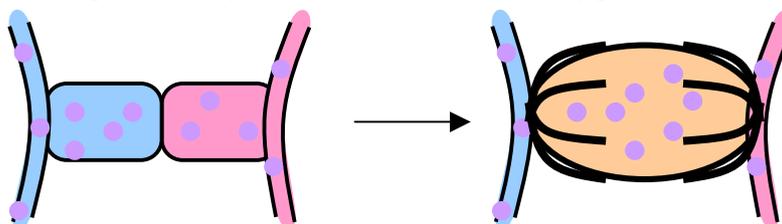
4) La trichogamie (cas des ascomycètes)

Le gamète mâle est une **spermatie** (non flagellé), émise par un filament. L'organe femelle est un **ascogone** (cellule globuleuse surmontée d'un **trichogyne**). Il va y avoir fusion des parois puis injection du noyau mâle. Pendant le parcours du noyau mâle, ce dernier va se multiplier. Il y aura ensuite appariement sans fusion des noyaux (dicaryon).



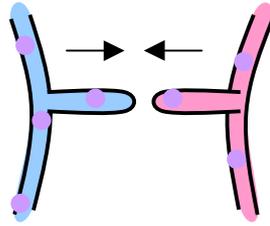
5) La cystogamie (cas des zygomycètes)

Deux thalles compatibles émettent un diverticule latéral (progamétocyste). Ensuite, apparaît une cloison latérale qui est le gamétocyste et le suspenseur. Il va ensuite y avoir mélange des noyaux puis formation du zygote.



6) La somatogamie (cas des basidiomycètes)

Il va y avoir fusion de deux thalles compatibles et formation de dicaryons.



C. Quelques exemples de cycles de développement

1) Les oomycètes

Ce sont des organismes communs dans les eaux douces et les sols. Quelques espèces sont présentes en eau salée. Certaines espèces sont saprophytes, mais la plupart sont des parasites d'animaux ou de végétaux. Les espèces vivant à l'air libre sont presque toutes des parasites importants de végétaux supérieurs.

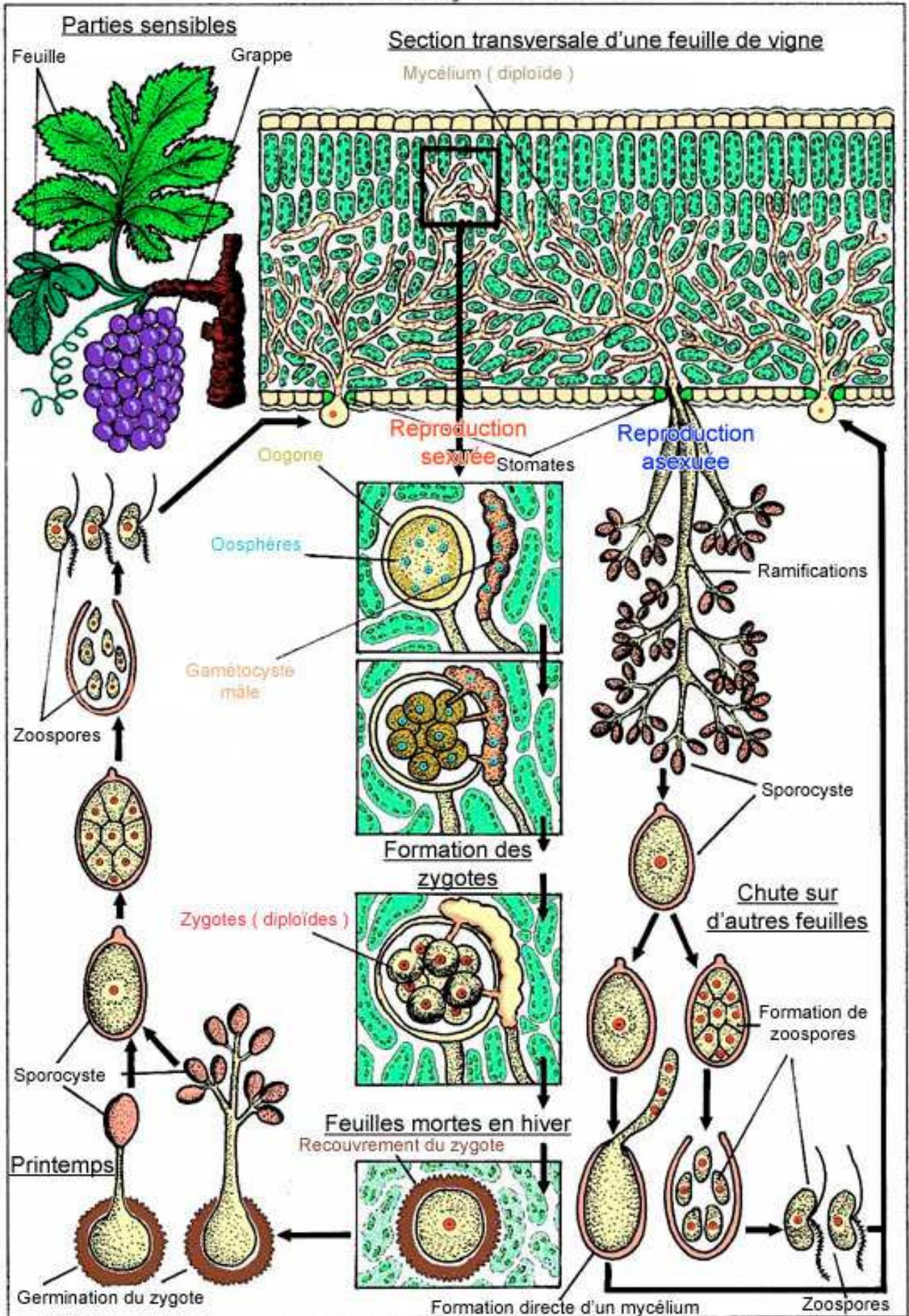
► ***Plasmopara Viticola*** (mildiou de la vigne)

→ Voir page suivante

C'est un parasite strict (= ne se nourrit que de son hôte) des feuilles et des grappes de vigne. On observe qu'il passe par une phase active sur la plante-hôte, et une phase de repos en hiver, sous forme d'oospores dans les feuilles mortes.

Cet organisme a la particularité de former des mycéliums et des spores diploïdes. Sa reproduction sexuée est une oogamie siphonogame.

Cycle de reproduction de *Plasmopara Viticola*



2) Les chytridiomycètes

Cette espèce présente des hyphes peu différenciés et possède la particularité d'avoir toutes ses spores flagellées.

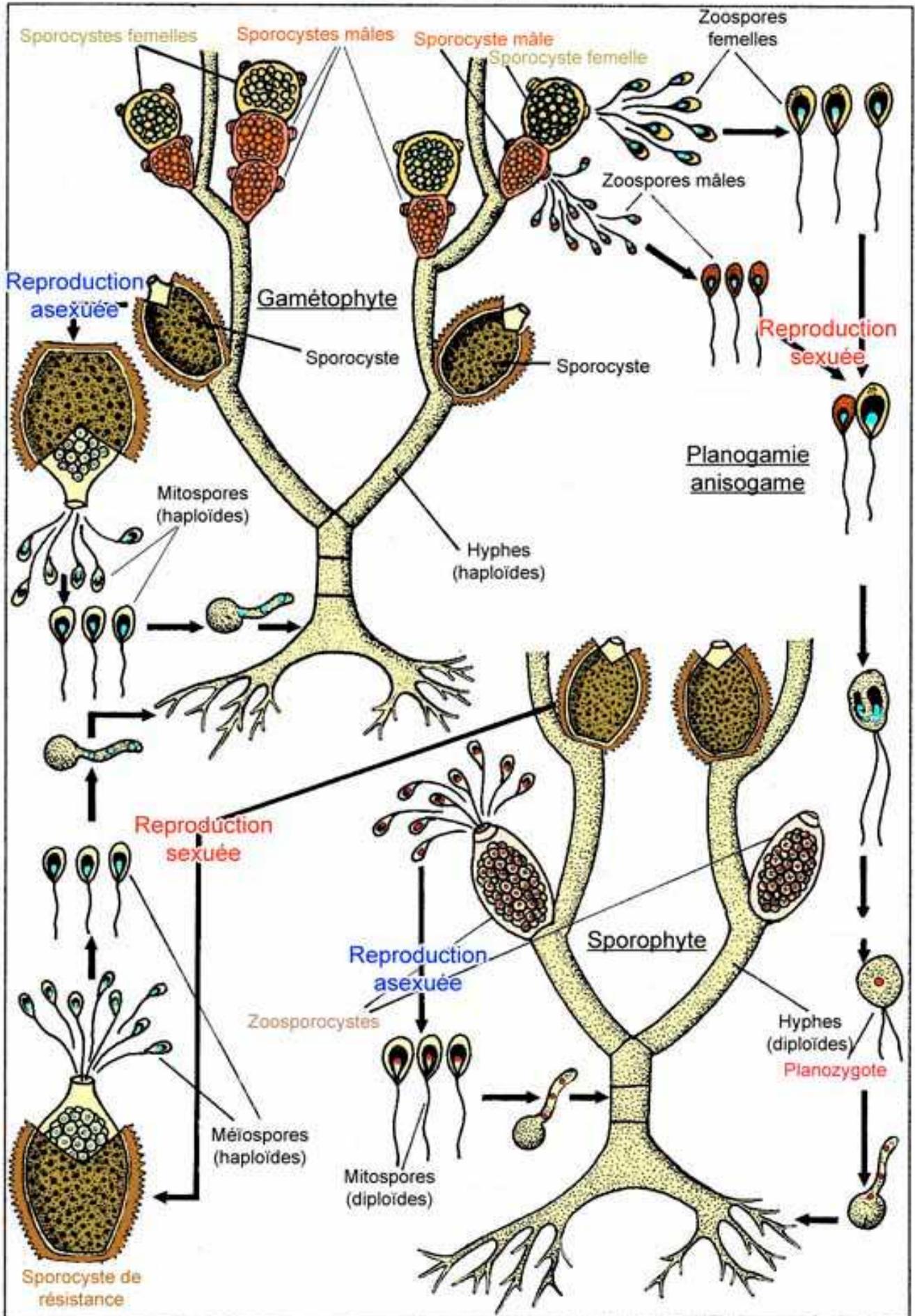
▶ Allomyces

→ voir page suivante

La reproduction asexuée est dominante, assurée par des cellules flagellées fragiles, ne supportant pas la dessiccation ou des agents chimiques. Elles sont produites par les sporocystes.

Le reproduction sexuée a alors lieu pour produire des spores plus résistantes, jusqu'à ce que les conditions soient plus favorables. Le croisement a lieu entre deux zoospores mâle et femelle par **planogamie anisogame**. Le nouveau thalle formé pourra se reproduire de manière asexuée, mais aussi produire des sporocystes de résistance contenant des méïospores haploïdes.

Cycle de reproduction de *Allomyces*



3) Les zygomycètes

Le mycélium des zygomycètes a une structure cœnocytique. Leur reproduction sexuée se fait par **cystogamie**, entre un thalle (+) et un thalle (-). Les zygomycètes interviennent lors de la fermentation alcoolique.

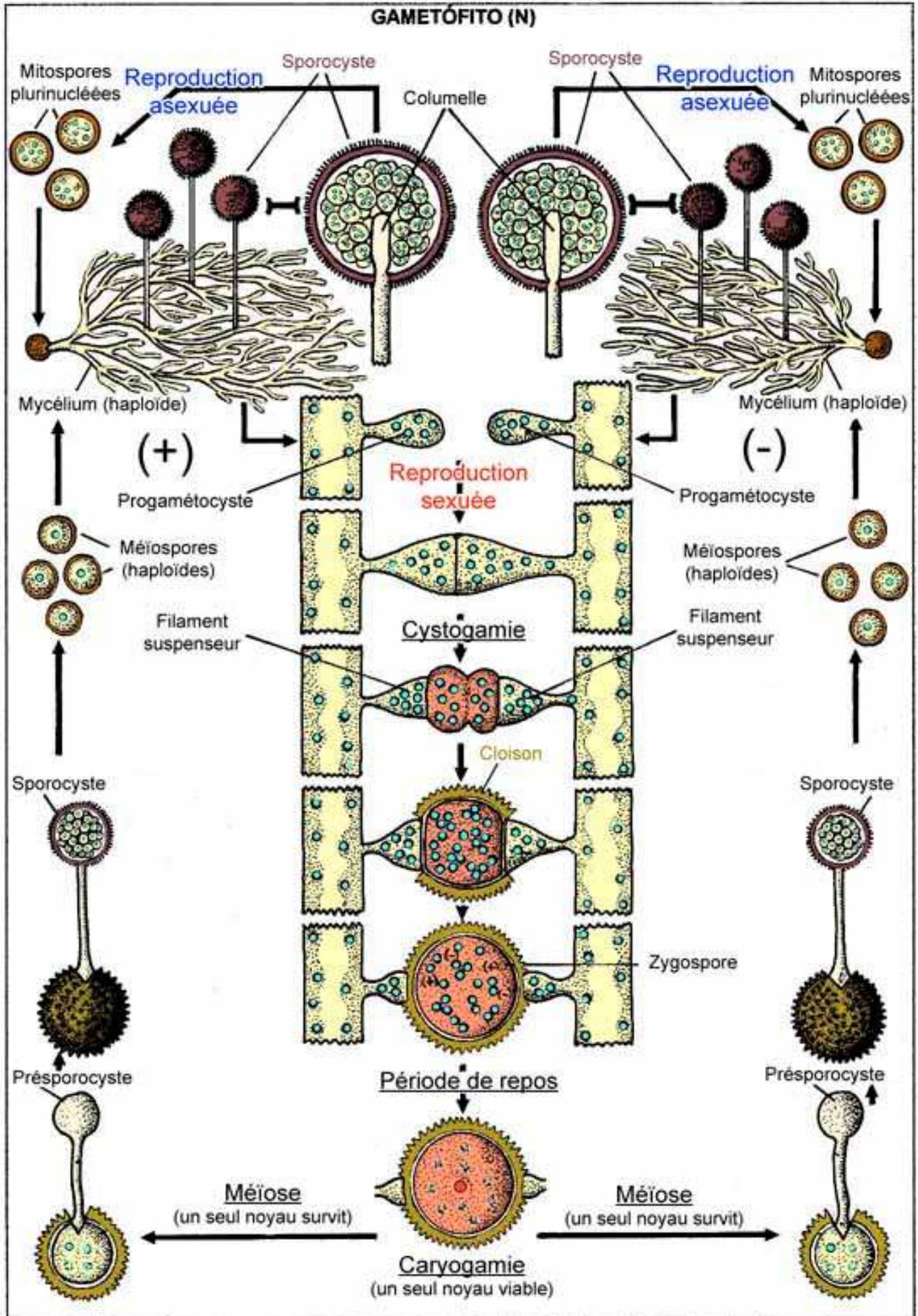
▶ *Mucor Mucedo*

→ *Voir page suivante*

À la fin de la cystogamie, lorsque la zygospore plurinucléée est formée avec ses filaments suspenseurs et sa cloison, le mycète entre en phase de repos pendant 1 à 3 mois. Lors du réveil, les noyaux (+) et (-) fusionnent et un seul est conservé.

Enfin une méiose se produit et on ne garde encore qu'un noyau. Le sporocyste acquiert alors un type sexuel et les spores formeront des thalles de ce type sexuel.

Cycle de reproduction de *Mucor Mucedo*



4) Les ascomycètes

Ces champignons forment généralement des organes de fructification sous forme d'**ascocarpes**. Produisant de la cellulase et des protéases, ils peuvent provoquer des dégâts chez les plantes. Leur thalle est sépté.

Certains ascomycètes présentent des propriétés particulières, on les appelle hémi-ascomycètes. C'est le cas des **levures**, comme *Saccharomyces Cerevisiae*, qui ont une structure unicellulaire et se reproduisent par bourgeonnement.

Les ascomycètes peuvent présenter des cycles de développement très variés, selon leur mode de reproduction, de sporulation ou de structure.

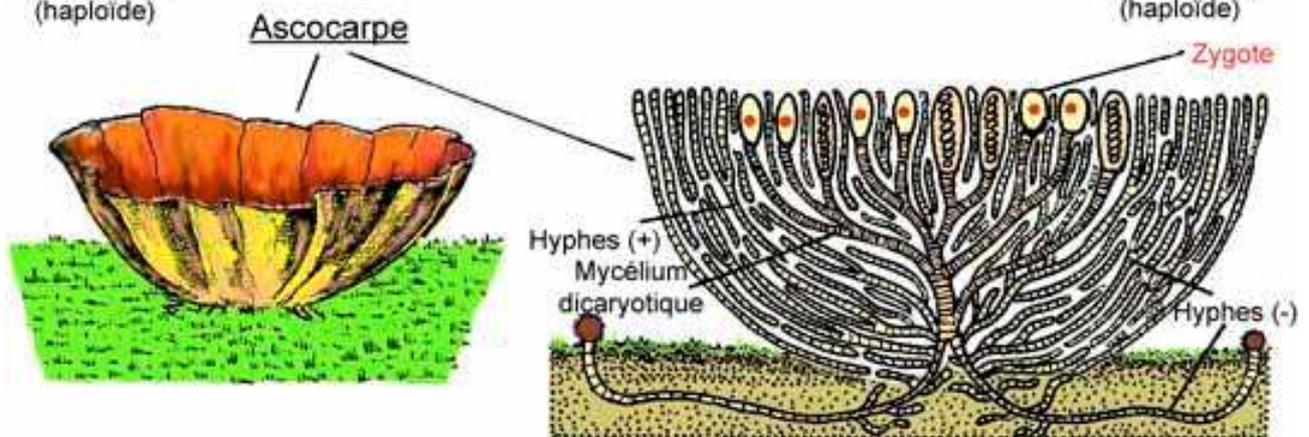
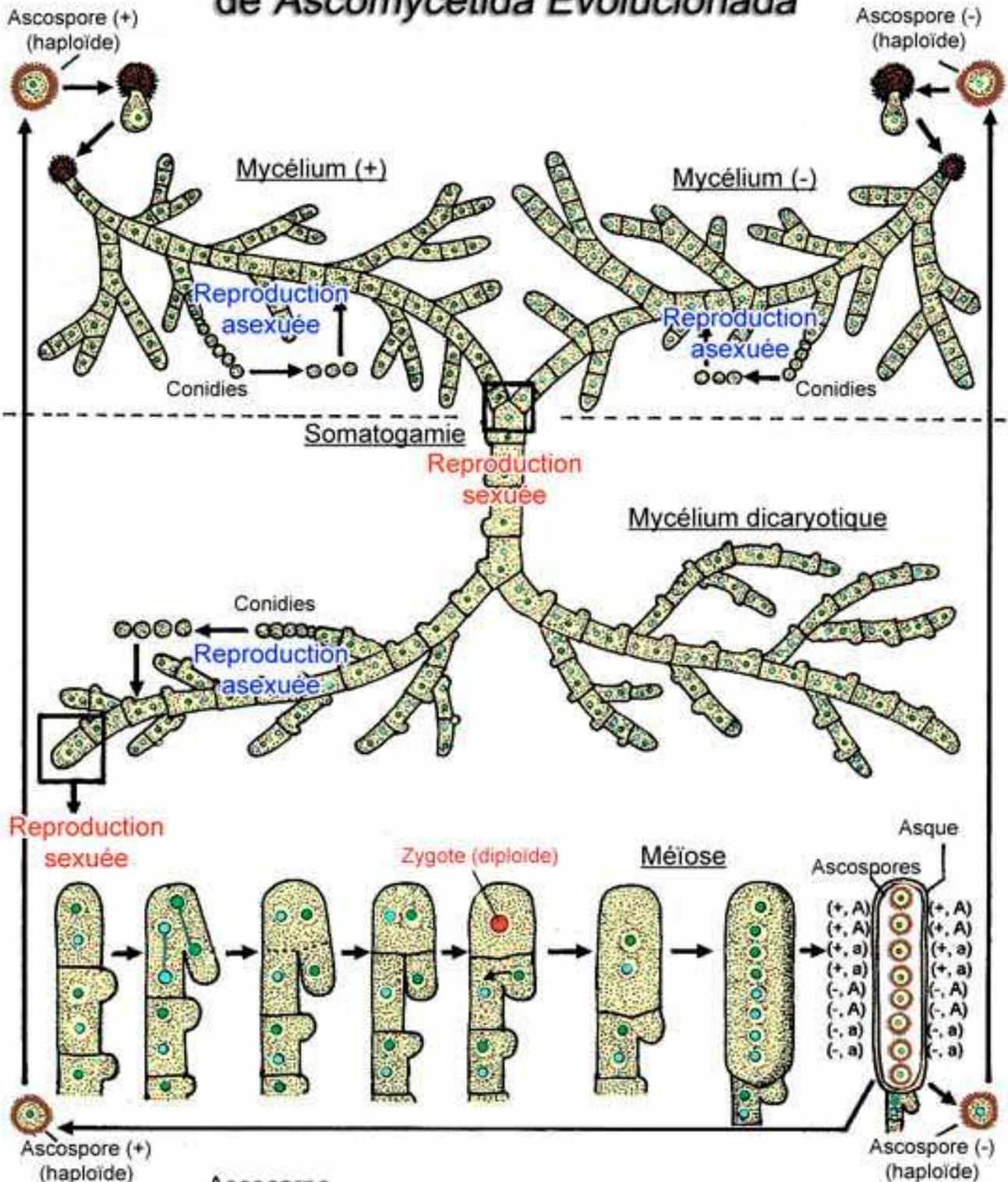
► Ascomycetida Evolucionada

→ *Voir page suivante*

Deux hyphes compatibles (+) et (-) s'associent par somatogamie pour former un thalle dicaryotique. Les extrémités peuvent former un zygote qui produira un asque par méiose et qui portera huit spores, quatre (+) et quatre (-).

Ces asques se trouvent sur l'hyménium de l'ascocarpe. Les spores ainsi formées peuvent donner de nouveaux mycéliums haploïdes monocaryotiques.

Cycle de reproduction de *Ascomycetida Evolucionada*



5) Les basidiomycètes

Ce sont les champignons que l'on ramasse en forêt ... Ils forment aussi les rouilles des céréales.

▶ Homobasidiomycetidae

→ *Voir page suivante*

La reproduction sexuée débute par la somatogamie de deux thalles haploïdes compatibles. Ils se forme alors un mycélium dicaryotique, qui contribue à former le **basidiocarpe**.

À ses extrémités, formant des lamelles, les cellules se différencient en **basides** qui exposent chacun 4 basidiospores.

Cycle de reproduction de *Homobasidiomycetidae*

