

# MYCOLOGIE

## Les Mycètes (Champignons)

Mlle. BELHAMICHE N.



### Généralités et Définitions

- **Mycologie:** Science qui étudie les champignons
- **Mycologue:** Botaniste qui étudie les champignons
- **Mycos :** Champignon en grec
- **Mycose:** Maladie due à un champignon
- **Mycète:** Champignon en français

Les champignons constituent un règne autonome :  
= **Le règne fongique**



**Vue générale du règne vivant**

|  |  |  |                       |                           |
|--|--|--|-----------------------|---------------------------|
| <p><b>Pas de noyau</b></p>                           | <p><b>Chromosomes enfermés dans un noyau</b></p>   |  |                       |                           |
| <p><b>Chromosomes en vrac dans le cytoplasme</b></p> | <p>- Unicellulaires<br/>- parfois pluricellulaires<br/>- Sans différenciation cellulaire</p> | <p>presque toujours pluricellulaires<br/>(avec différenciation cellulaire)</p> |                       |                           |
|  |  | <p>Autotrophes</p>   | <p>Hétérotrophes</p>  |                           |
|  |  | <p>Photosynthèse</p>   | <p>Ingestion</p>      | <p>Absorption</p>         |
| <p><b>PROCARYOTES</b></p>                            | <p><b>PROTISTES</b></p>  | <p><b>VÉGÉTAUX</b></p>   | <p><b>ANIMAUX</b></p> | <p><b>CHAMPIGNONS</b></p> |



❖ Eucaryotes , multi ou uni nucléés

❖ Les Mycètes sont des hétérotrophes (pas de chlorophylle)

❖ Aérobie

❖ Immobiles

❖ Les mycètes sont des thallophytes  
= (pas de racine, ni tige, ni feuille)  
L'appareil végétatif = filaments (thalle / mycélium)

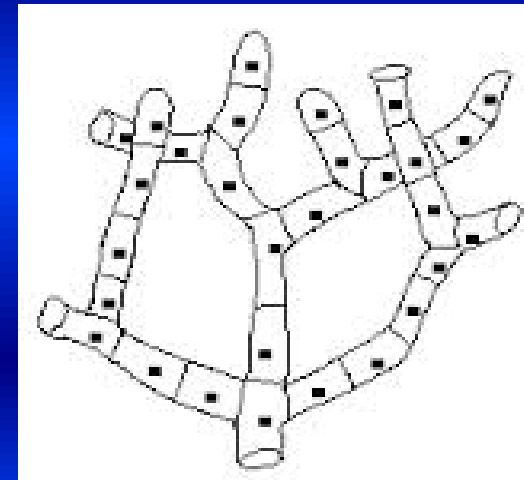
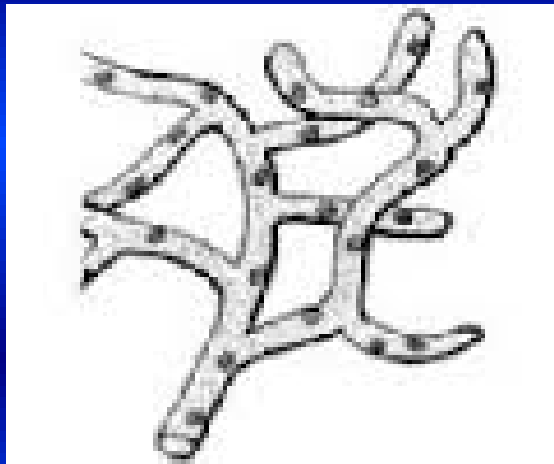
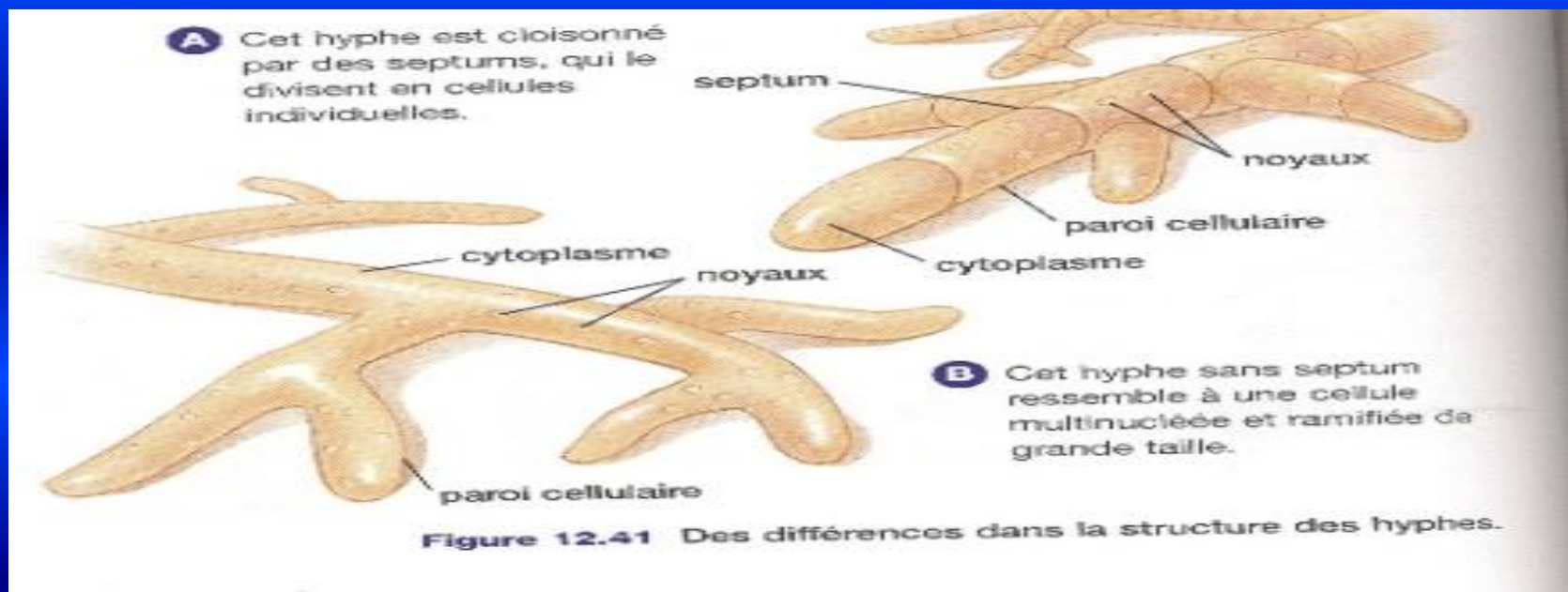
❖ Absorbotrophes (Nutrition par absorption). Ils se nourrissent en libérant des enzymes digestives





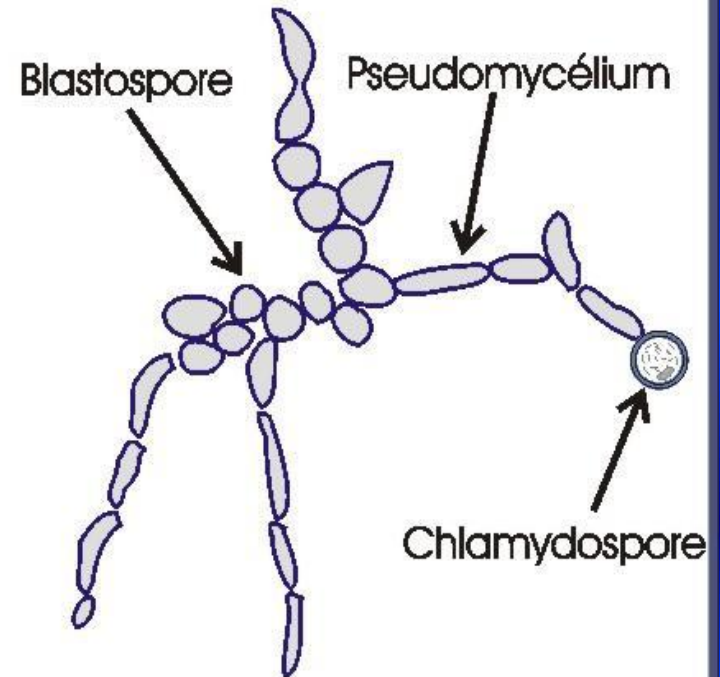
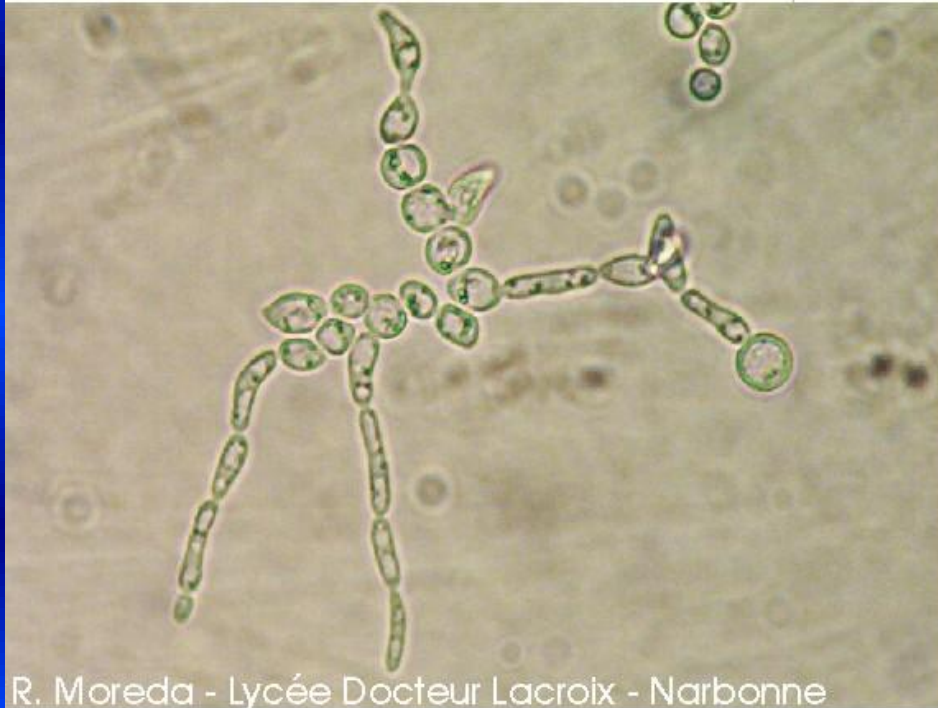
- ❖ **Paroi : Epaisse, rigide (glucides + chitine)**
  - ❖ **Membrane plasmique: Stérols (Ergostérol)**
  - ❖ **Cryptogames: spores (multiplication asexuée / reproduction sexuée)**
  - ❖ **Spores non flagellées ( Uni flagellées chez les Chytridiomycètes)**
  - ❖ **Habitat (adorent l'humidité, T°C variables: 20-28°C)**
- 

# Appareil végétatif / Moisissures





# Appareil végétatif / Levures

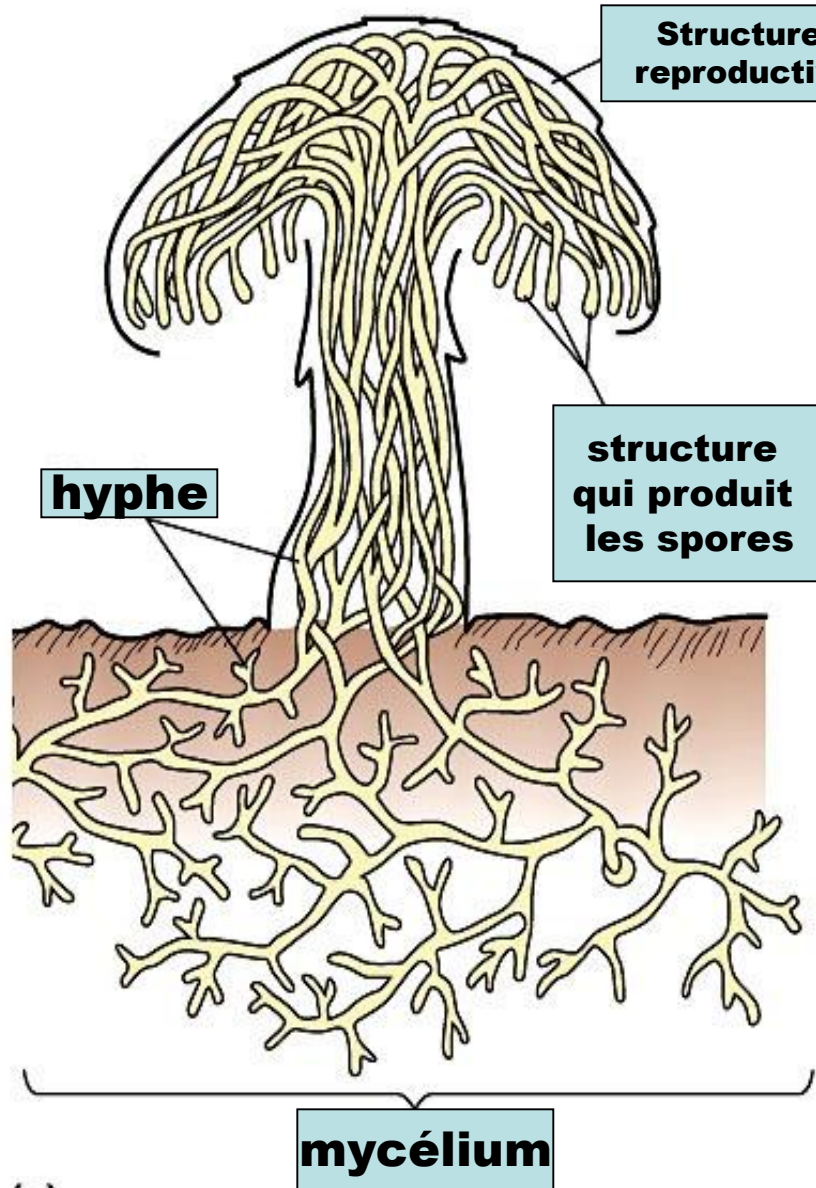


*Candida albicans* x400  
Observation milieu RAT.

## Les parties d'un Champignon

- ❖ **Chapeau**: Protège les spores et les lamelles qui sont directement dessous
- ❖ **Stipe**: Supporte le chapeau en haut (Pied)
- ❖ **Hyphe**: Un réseau de minces filaments
- ❖ **Mycélium**: Un réseau d'hyphe, qui porte les noyaux et le cytoplasme
- ❖ **Septum**: Un cloison transversale qui agit comme une paroi cellulaire pour séparer les sections d'hyphe





(a)

(b)

# **Modes de vie**



# Saprophytisme

Ils obtiennent leur nourriture des matières non-vivantes organiques



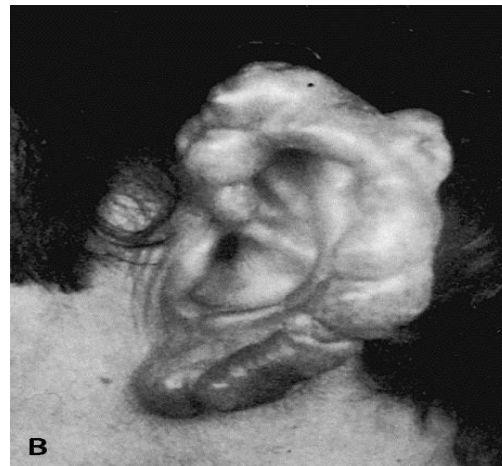
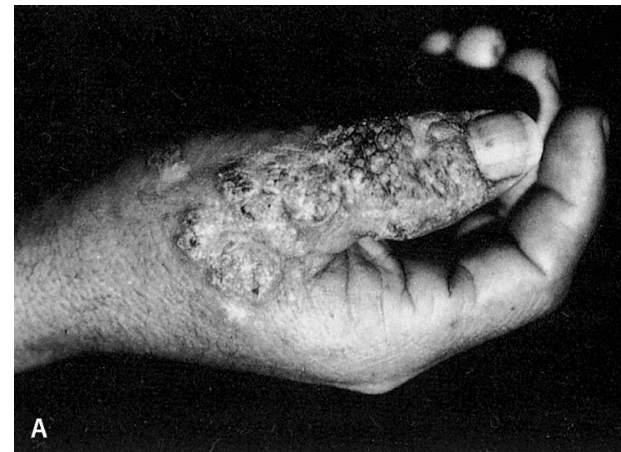
# Parasitisme

Ils obtiennent leur nourriture d'un hôte vivant.

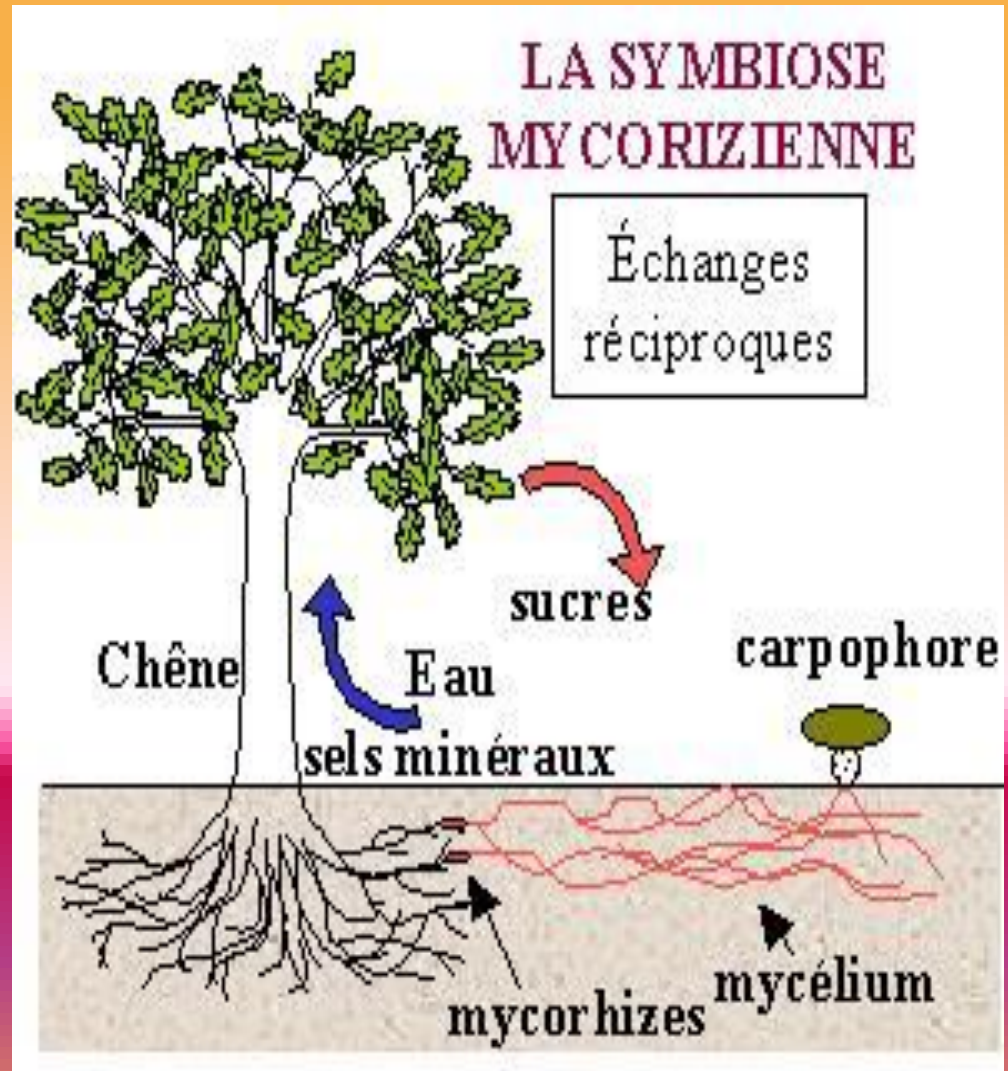




# Peuvent provoquer des maladies



# Symbiotisme





# Utilité et Nuisibilité

## Utilité des mycètes

- ❖ Ils décomposent les débris, les plantes et les animaux puis ils dégagent leur nutriments organiques dans l'atmosphère
- ❖ Les levures sont utilisées pour fabriquer du pain et du vin
- ❖ La Pénicilline vient des mycètes (Antibiotique)
- ❖ Les champignons qu'on mange sont des mycètes





## Nuisibilité des mycètes

- ❖ Il y a des spores qui volent dans l'air qui peuvent contribuer aux allergies (l'asthme)
- ❖ Les mycètes peuvent altérer les nourritures
- ❖ Les mycètes tuent les plantes
- ❖ Ils contribuent aux maladies des plantes dans les tiges, sur les feuilles
- ❖ Ils causent les tâches brunes sur les fruits

**Multiplication et reproduction**

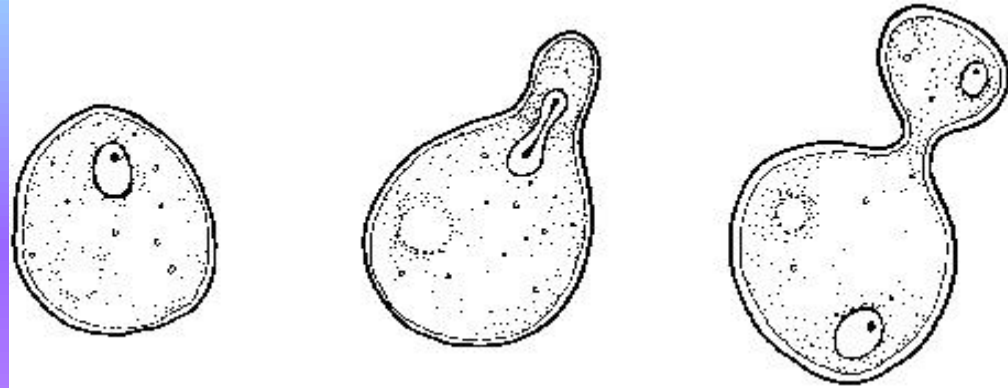
**Multiplication Végétative**

**Reproduction sexuée**

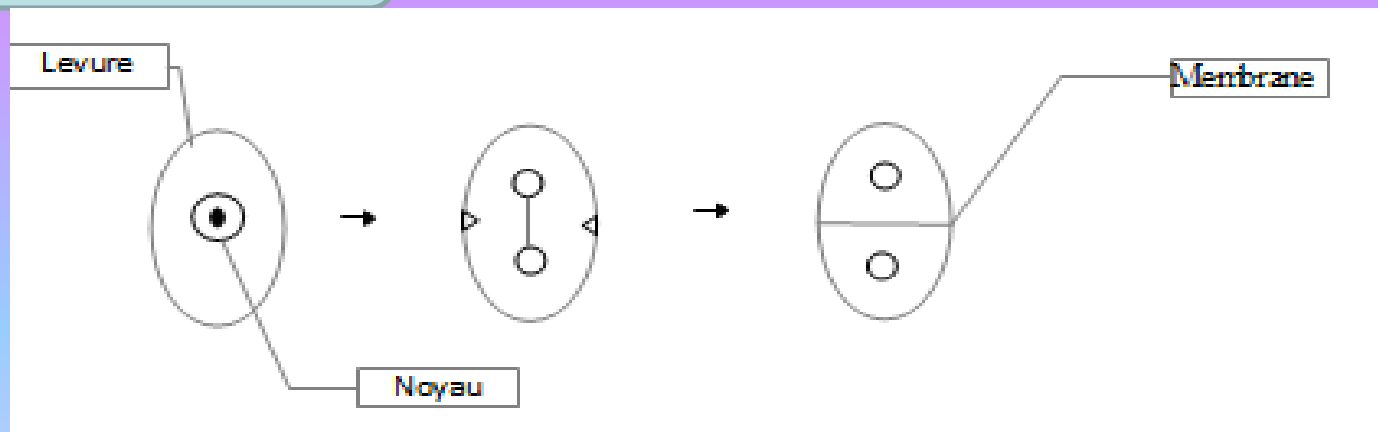


# Multiplication végétative chez les levures

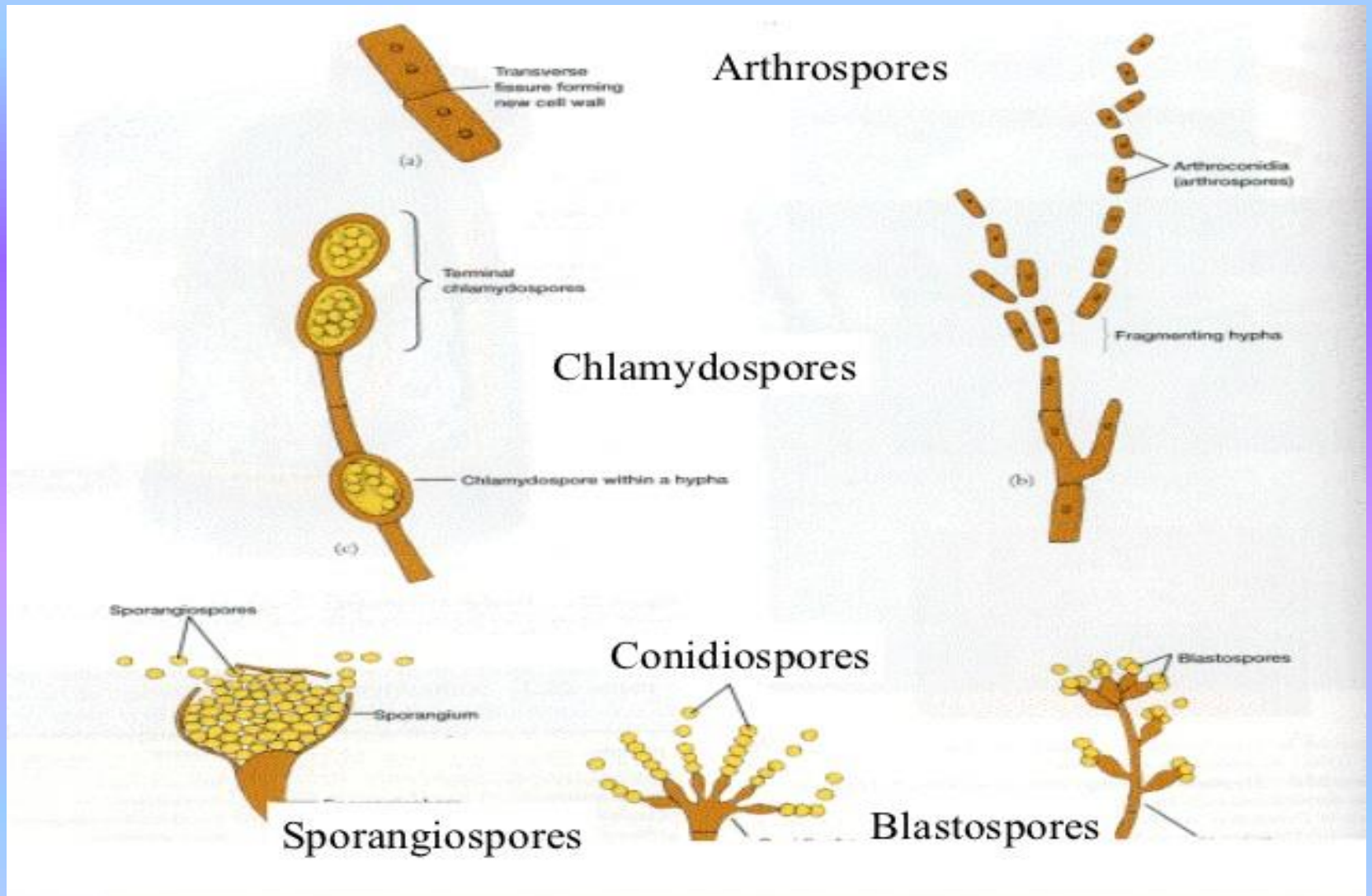
## Bourgeonnement



## Scission / Scissiparité



# Multiplication végétative chez les filamenteux





# Reproduction sexuée

A ) Cycles de reproduction

B) Les différents modes de fécondation

## A ) Cycles de reproduction

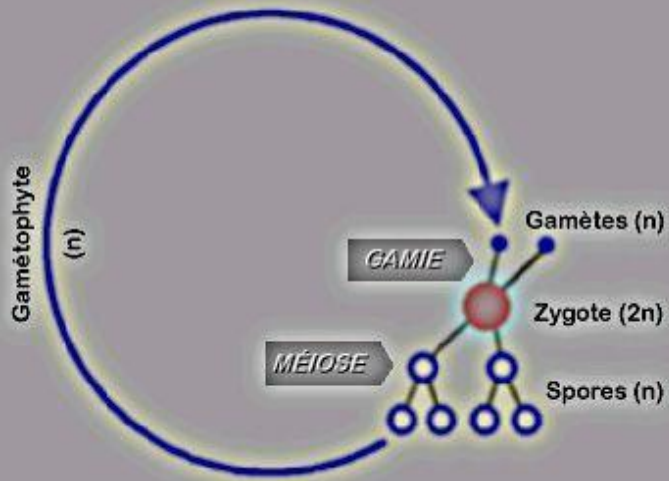
❖ Monogénétique

❖ Digénétique

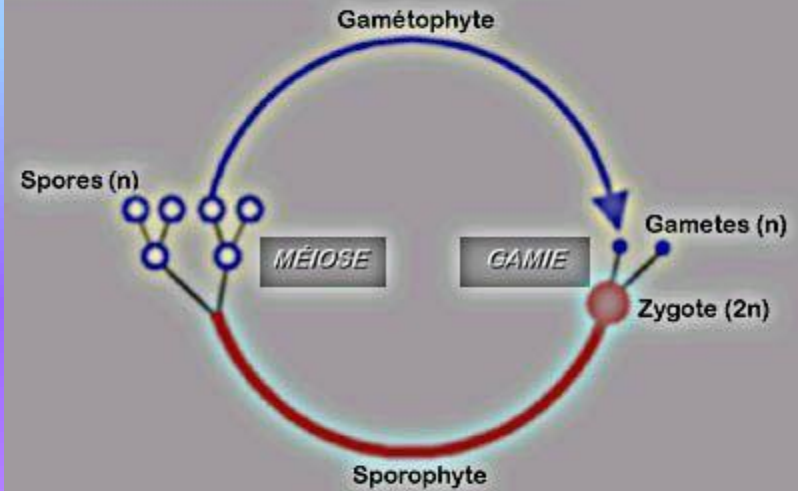
❖ Trigénétique

# Reproduction sexuée A) Cycles de reproduction

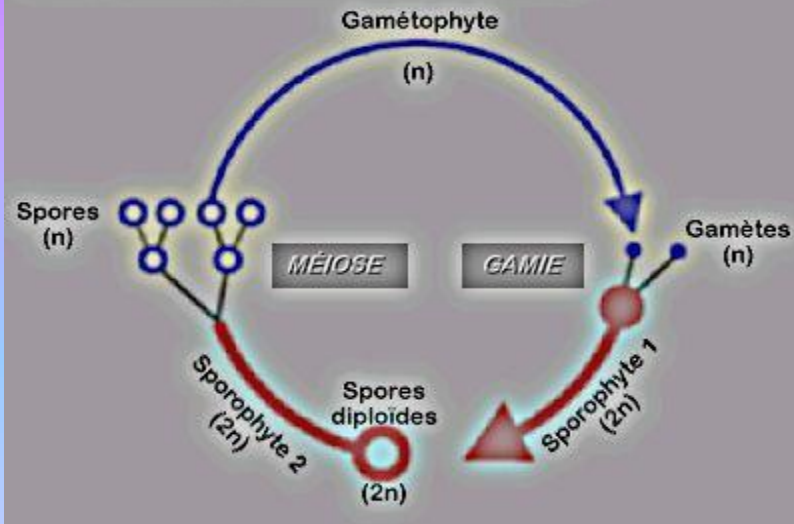
CYCLE MONOGÉNÉTIQUE HAPLOPHASIQUE



CYCLE DIGÉNÉTIQUE HAPLODIPLOPHASIQUE



CYCLE TRIGÉNÉTIQUE DIPLOHAPLOPHASIQUE





# Reproduction sexuée

## B) Les différents modes de fécondation

**Fécondation:** union de **deux gamètes** haploïdes ( $n$ ) en **un zygote** diploïde ( $2n$ )

# Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée

## ➤ Isogamie

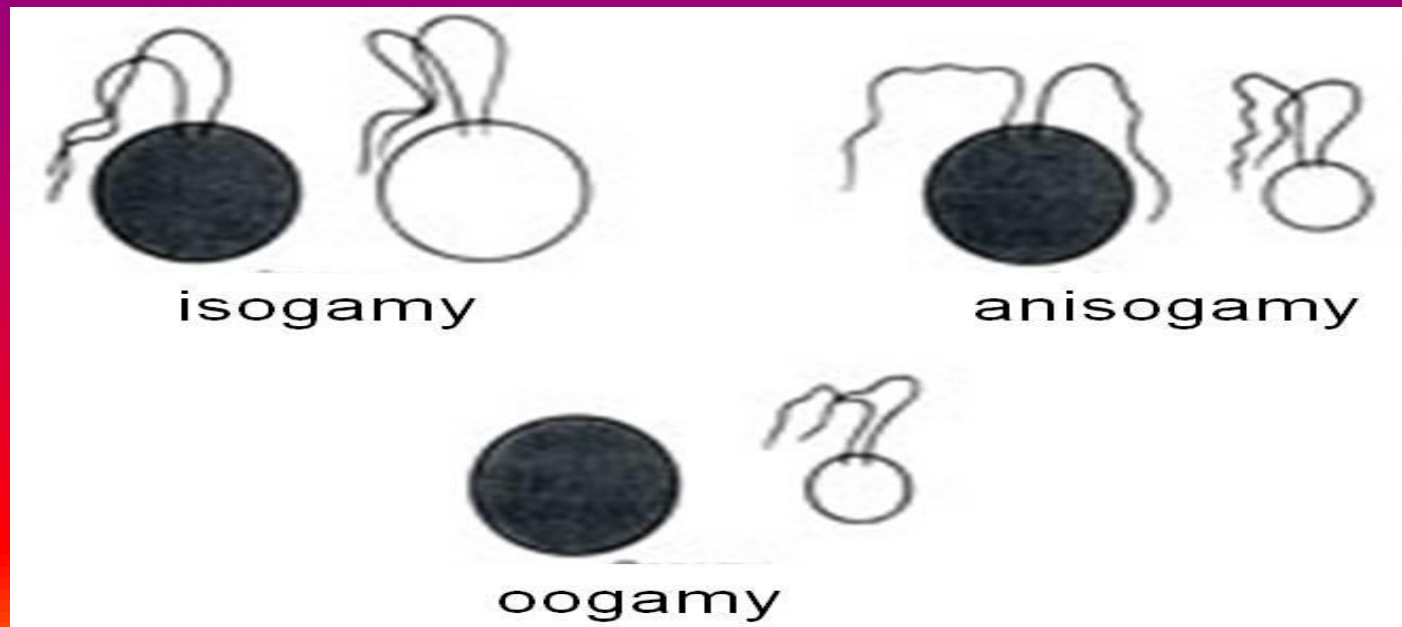
Fécondation mettant en présence 2 gamètes flagellés **morphologiquement et physiologiquement identiques**

## ➤ Anisogamie

Fécondation mettant en présence 2 gamètes **flagellés de taille différente**

## ➤ Oogamie

Fécondation mettant en présence 2 gamètes ; **femelle gros, sans flagelle et mâle nombreux, très petits et flagellés**

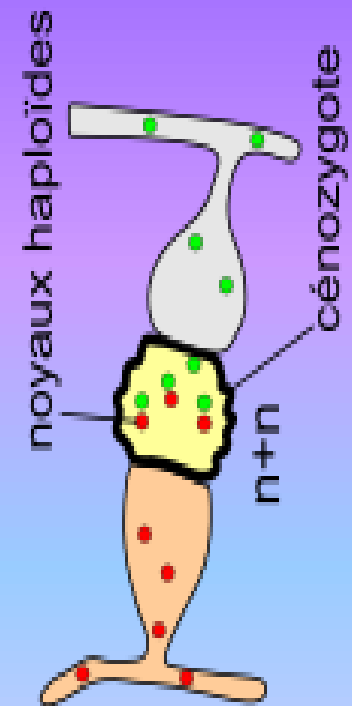
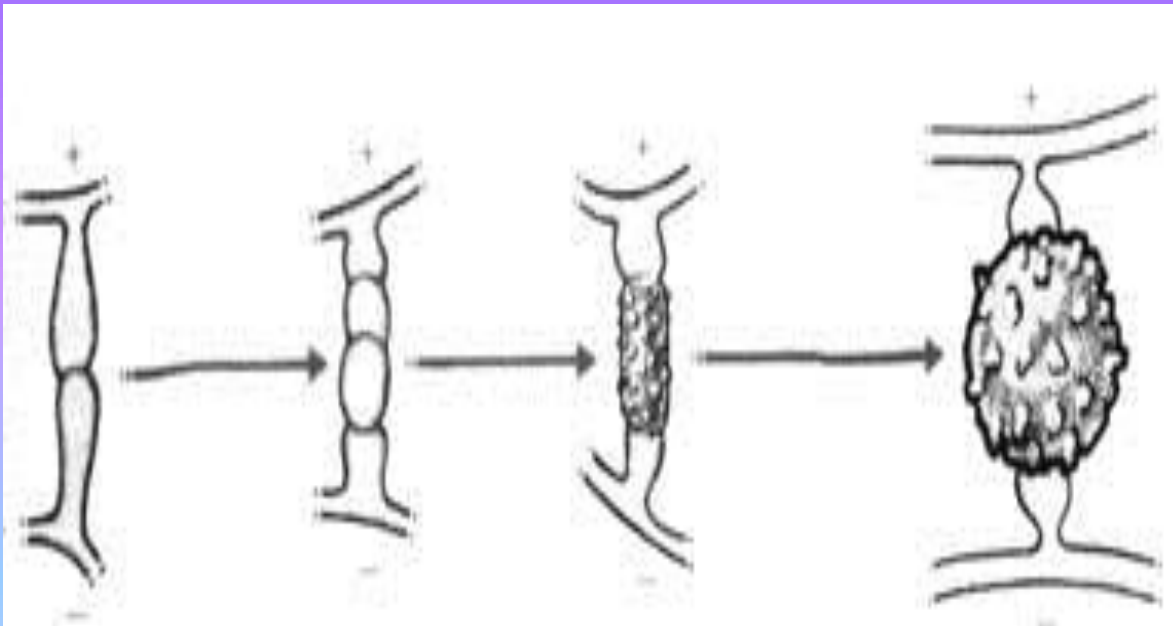




# Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée

## Cystogamie = Plasmogamie

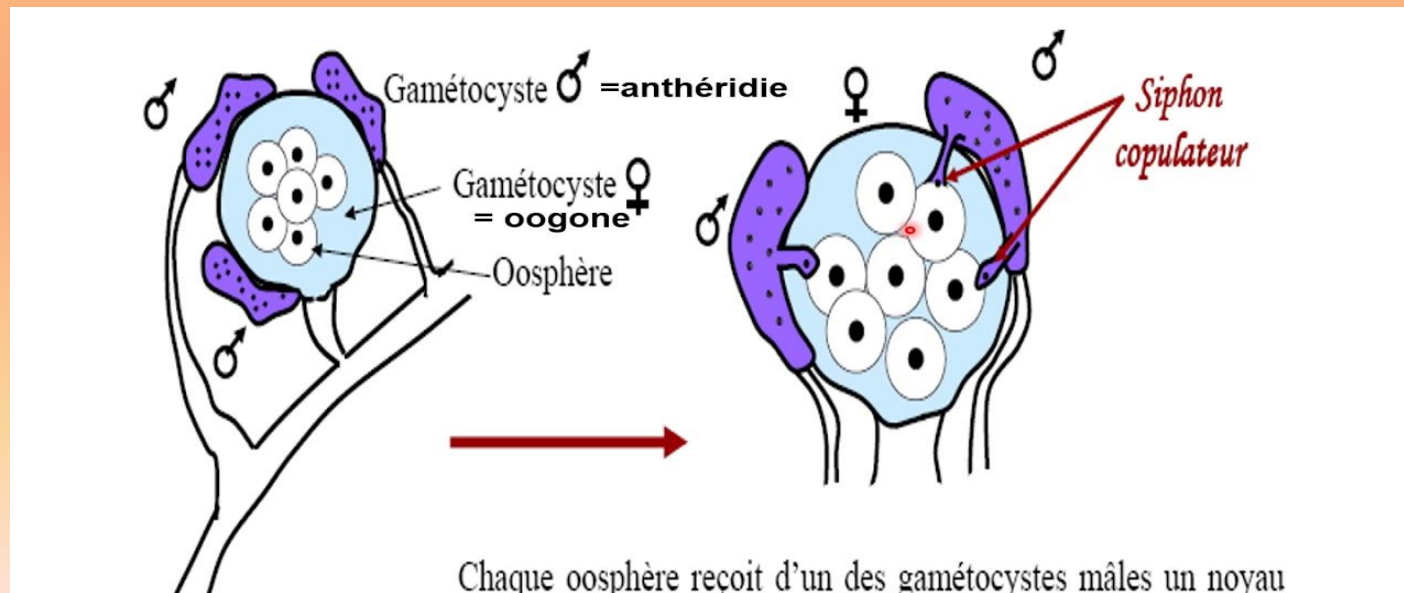
Fécondation par **fusion simultanée de la totalité des contenus** des 2 gamétocystes **complémentaires**  
(Fusion des cytoplasmes de 2 cellules)



# Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée

## ➤ Siphonogamie

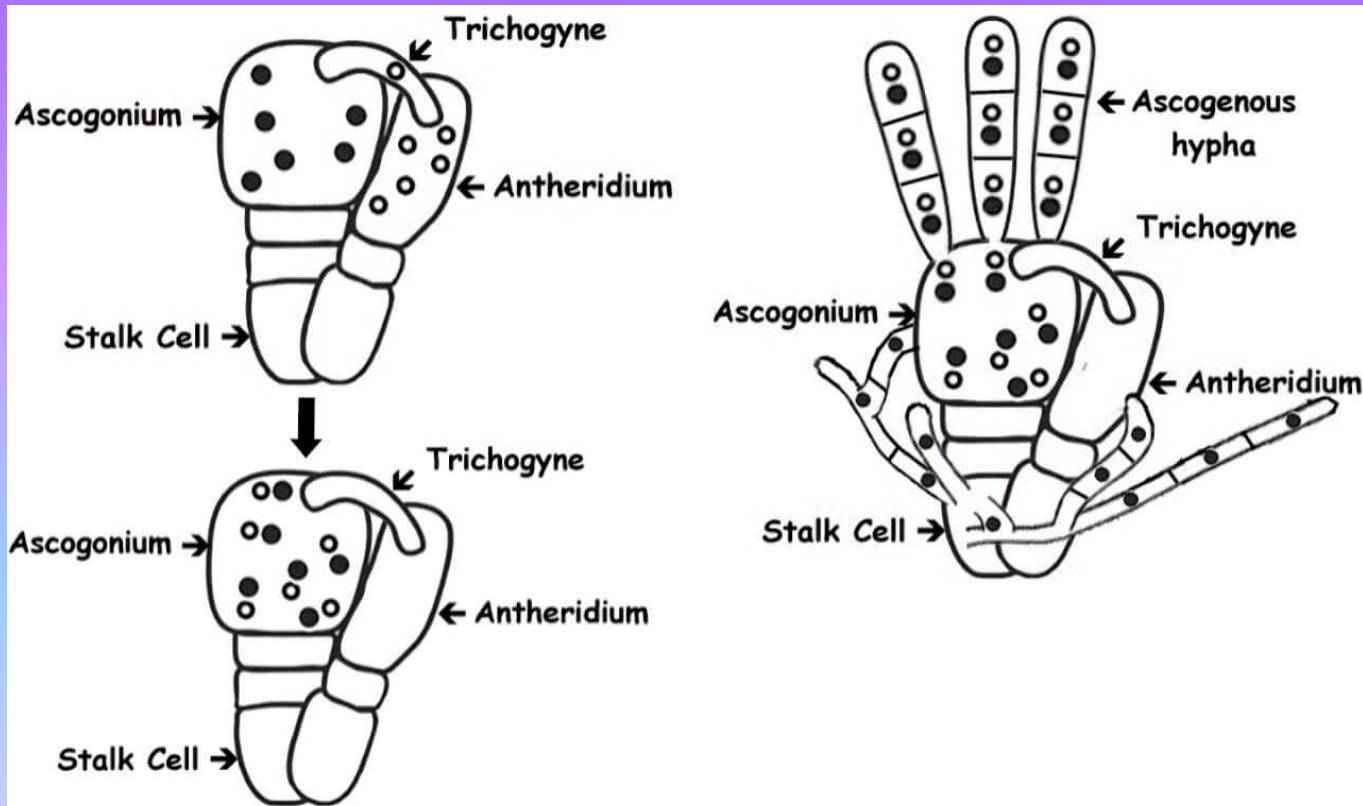
Fécondation caractérisée par le cheminement des gamètes mâles jusqu'au gamétocyste femelle en empruntant un siphon copulateur qui les conduit jusqu'au contact direct avec les cellules femelles à féconder.



# Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée

## ➤ Trichogamie

Le petit gamète mâle est capté par le trichogyne qui surmonte le gamète femelle

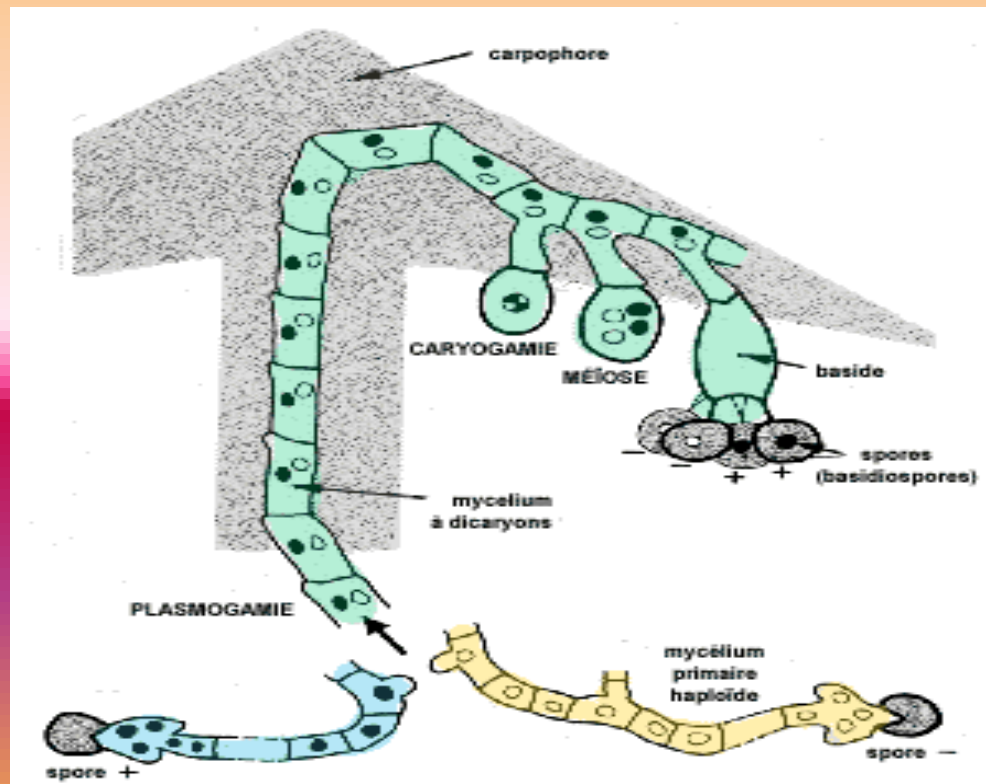




# Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée

## ➤ Périttogamie

Fusion de 2 filaments haploïdes issus de spores distinctes (hétérothallisme) en un filament dicaryotique



gamète ♂

gamète ♀



A planogamic isogame



B planogamic anisogame



C oogamic

gamète ♂

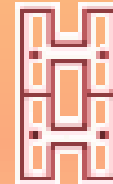
gamète ♀



D siphonogamic



E trichogamic



F cystogamic



G périttogamic

**Reproduction sexuée / modes de reproduction sexuée**

## **Caryogamie**

**Fusion de deux noyaux**



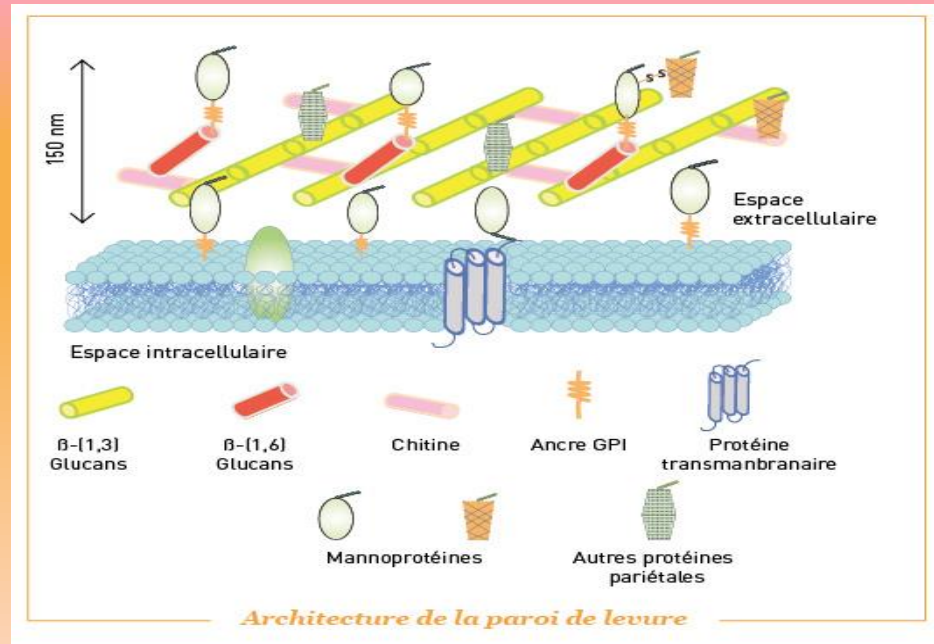
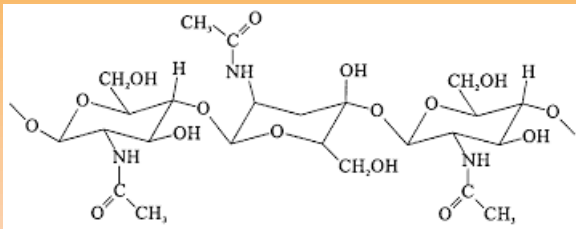
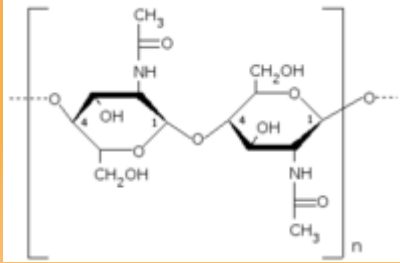
## Rôles de la paroi fongique

- **Délimite** toutes les cellules fongiques
- **Échange**
- **Rigidité** et **forme** pour l'hyphe.
- **Protection** / variations de la pression osmotique ,  
contre les agents chimiques (eau de javel) et  
radiation solaire.
- Intervention dans les phénomènes d'**adhérence**  
et de **reconnaissance sexuelle**.
- Rôle **antigénique**.
- Siège des **enzymes** hydrolytiques.
- Empêche la **phagocytose**.

## Composition

- Elle représente 20 à 30% du poids sec du mycélium.
- Structure multicouche : 80% de **polysaccharides** (Chitine et Glucanes), **des protéines** et quelques **lipides**.
- Les polysaccharides sont organisés en microfibrilles. Elles sont cimentées entre elles par des polysaccharides amorphes (sous forme de gel) : glucanes.
- Les microfibrilles sont composées **de chitine**, constituant spécifique de la paroi des champignons (chez les oomycètes, la chitine est remplacée par la cellulose) et des levures.

# Chitine



Polysaccharide azoté, issu de la polymérisation de N- acétyl glucosamine liés entre eux par des liaisons osidiques ( $\beta \rightarrow 1-4$ )

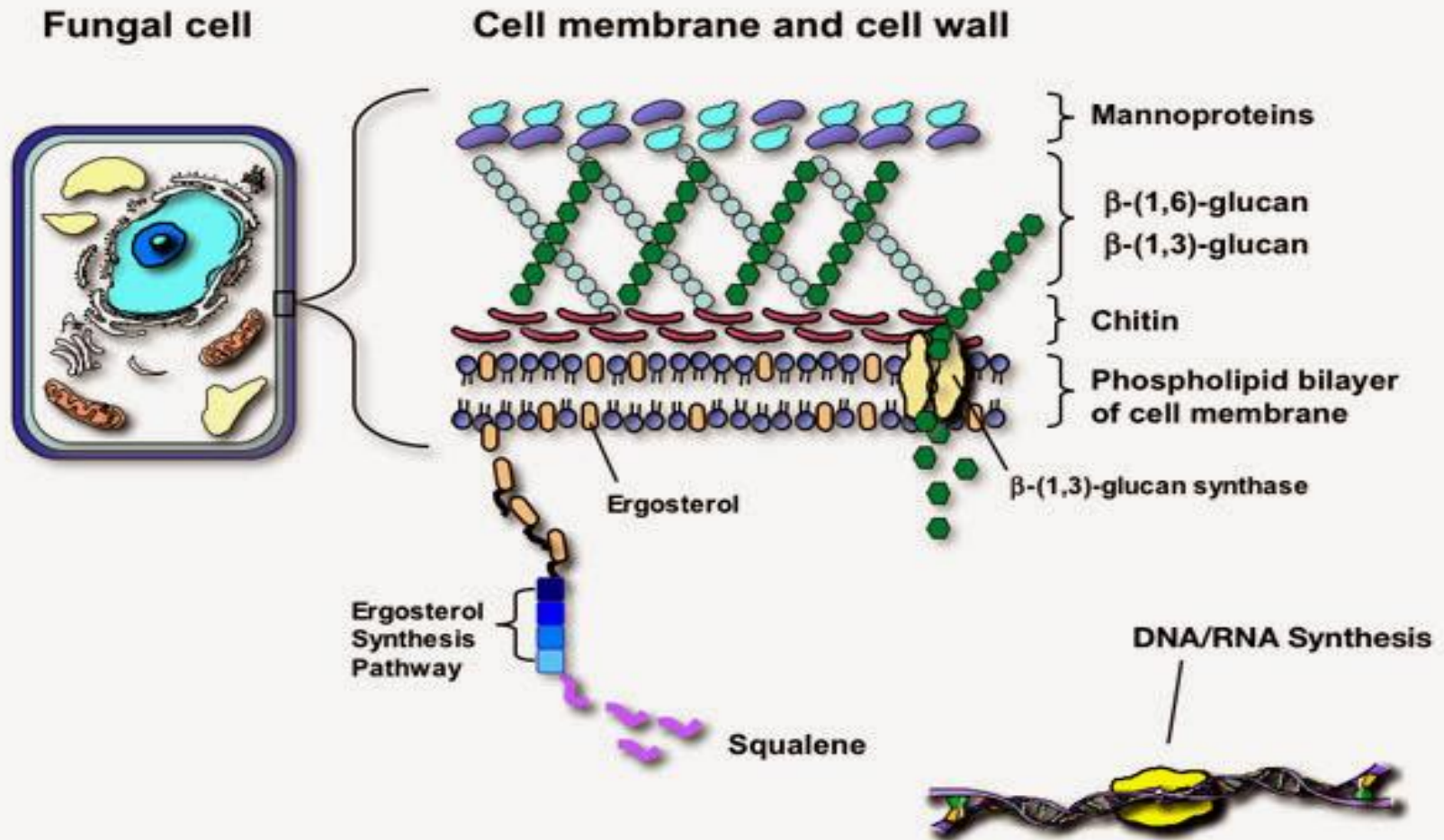
Polymère cristallin qui résiste beaucoup mieux que la cellulose à la biodégradation

Glucanes: ramifiés (arete centrale: glucose relié en  $\beta \rightarrow 1-4$  sur laquelle se branche en trois des chaines latérales en  $\beta \rightarrow 1-3$ ).

Associés à des mannanes (unités associées en  $\alpha \rightarrow 1-6$ , les glucanes forment une couche mucilagineuse (Progression des hyphes)



# Paroi fongique



# Croissance des filaments

## Croissance apicale (Apex)

A/ Elongation

B/ Ramification

### A/ Elongation

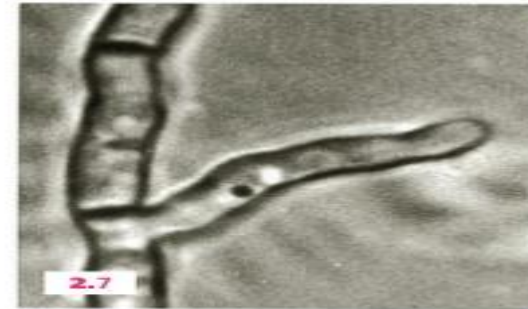
- Flux cytoplasmique orienté de vésicules sécrétrices
- Exocytose: les précurseurs se déversent à l'extérieur
- Intense activité métabolique sécrétoire
- Paroi plus fine à l'extrémité (dôme apicale)
- Pas de croissance en largeur (maintien du cytoplasme).

### Croissance apicale des filaments

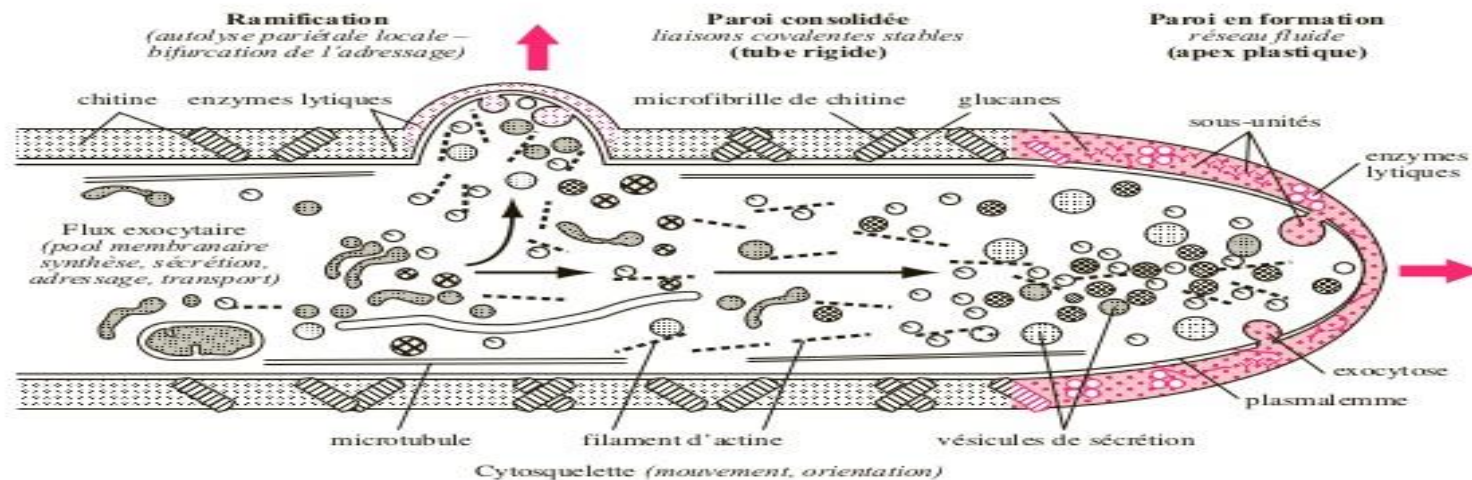
Les filaments des mycéliums s'accroissent par leurs extrémités. La croissance peut être relativement rapide et atteindre plusieurs millimètres à l'heure lorsque les conditions sont favorables.

L'élongation résulte d'un flux cytoplasmique orienté de vésicules sécrétrices. Ces vésicules contiennent des précurseurs de parois et lorsque leur membrane s'anastomose avec le plasmalemme, elles déversent leur contenu à l'extérieur du cytoplasme. Ainsi, en même temps et au même lieu sont assurés l'extension de la membrane cytoplasmique et celle de la paroi. Celle-ci est d'abord fluide et plastique. Elle forme un dôme apical qui se distend puis se rigidifie. L'accroissement en diamètre est ainsi limité et le cytoplasme se trouve canalisé dans une structure tubulaire.

Le mycélium se ramifie soit par dichotomie de l'apex, soit par bourgeonnement de filaments latéraux qui s'accroissent de la même façon par leur extrémité.



2-7. Ramification latérale d'un hyphe (*Penicillium*).



2-8. Flux apical.

### 2-9. Ultrastructure de l'extrémité en croissance de filaments mycéliens. Coupes longitudinales. ►

a. *Allomyces arbuscula*. (Siphomycète aquatique vivant sur les débris végétaux). (Cliché U.P. Roos et G. Turian). ( $\times 15\ 000$ ).  
 b. *Aspergillus niger*. (Septomycète). (Cliché S.N. Grove et C. E. Bracker). ( $\times 45\ 000$ ). m, mitochondrie ; n, noyau ; p, paroi ; pm, plasmalemme ; vs, vésicule de sécrétion ; g, appareil de Golgi.



**L'apex présente une structure viscoélastique**

**Micelles de chitine non encore associées en microfibrilles**

**$\beta$ - glucanes : état de polyoses solubles (non polymérisés)  
rigidité de la paroi en arrière**



**L'extension de la paroi par un apport continu de chitine et de glucanes (vésicules d'exocytose)**

**La sortie d'enzymes hydrolysantes**

# Croissance chez les champignons

## B/ Ramification

En milieu riche :

- Synthèse de nombreuses vésicules
- Saturation des systèmes de transport vers l'apex
- Accumulation des vésicules sur place
- Ramifications (hydrolases)



# **Classification des champignons**



# Classification des champignons

- Reconnaissance taxonomique: **le nom binomial**

|                    |              |                                  |
|--------------------|--------------|----------------------------------|
| 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>      |

# Classification des champignons

- La classification des champignons est basée sur :
  - Le **cloisonnement**
  - Les **caractères morphologiques** (Reproduction sexuée)

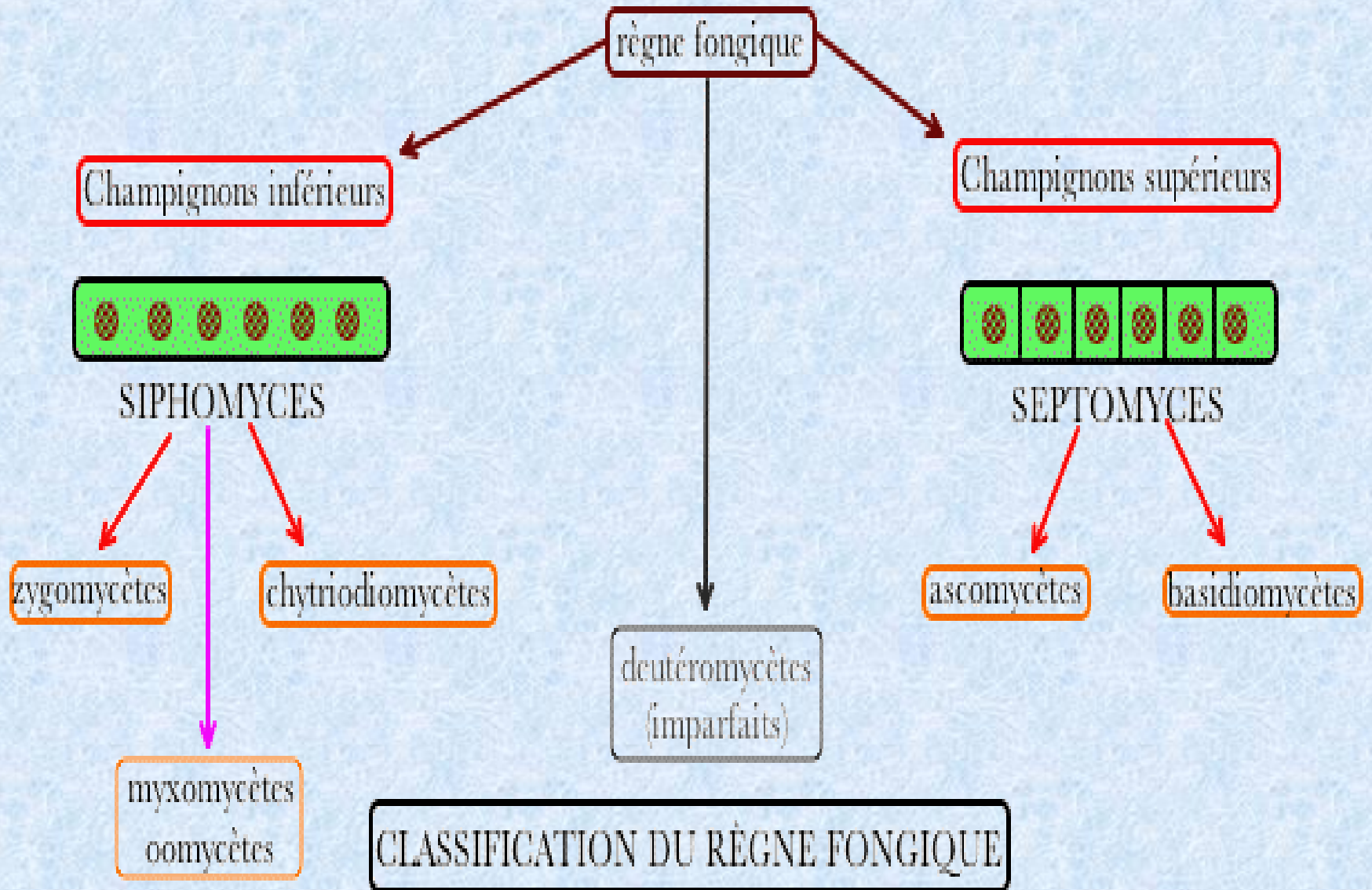
## **Eumycota: Champignons vrais**

Chytridiomycètes  
Zygomycètes  
Ascomycètes  
Basidiomycètes  
Deuteromycètes= Anamorphes

**Mycétozoaires :**  
Myxomycète =  
Mycètes - animaux

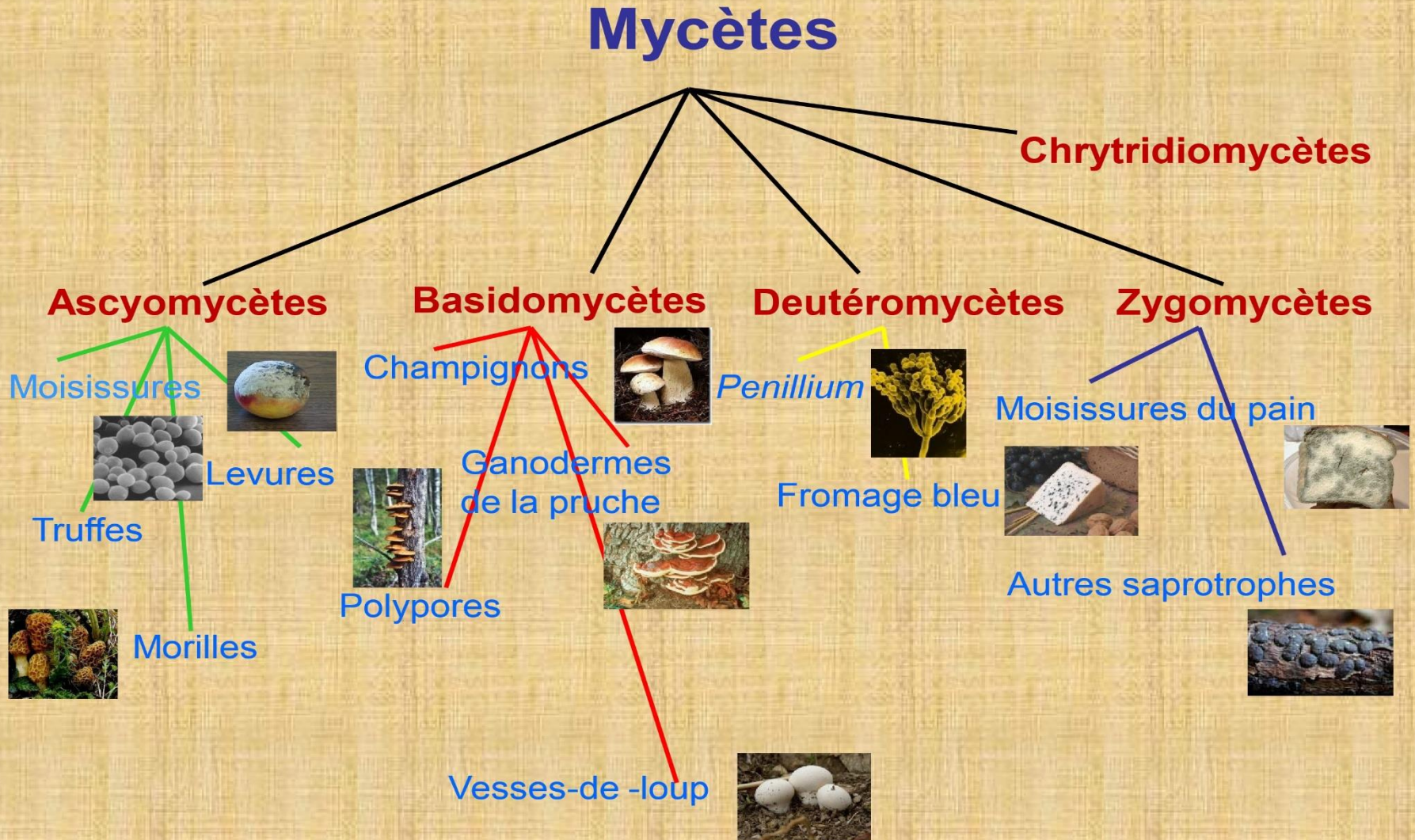
**Oomycètes :**  
Mycètes-Algues

# Classification





# Classification





| <b>Classe</b>           | <b>Cloisonnement</b> | <b>Reproduction<br/>sexuée</b>         |
|-------------------------|----------------------|--|
| <b>Myxomycètes</b>      | <b>non</b>           | <b>oui</b>                             |
| <b>Oomycètes</b>        | <b>non</b>           | <b>Oui</b><br><b>(oospores)</b>        |
| <b>Chytridiomycètes</b> | <b>non</b>           | <b>oui</b>                             |
| <b>Zygomycètes</b>      | <b>non</b>           | <b>Oui (zygospores)</b>                |
| <b>Ascomycètes</b>      | <b>oui</b>           | <b>Oui (ascospores)</b>                |
| <b>Basidiomycètes</b>   | <b>oui</b>           | <b>Oui (basidiospores)</b>             |
| <b>Deutéromycètes</b>   | <b>Oui</b>           | <b>Absente</b><br><b>(ou inconnue)</b> |

**Caractères généraux  
pour chaque groupe**

# **Eumycota**

# I. Les Chytridiomycètes



# Les Chytridiomycètes

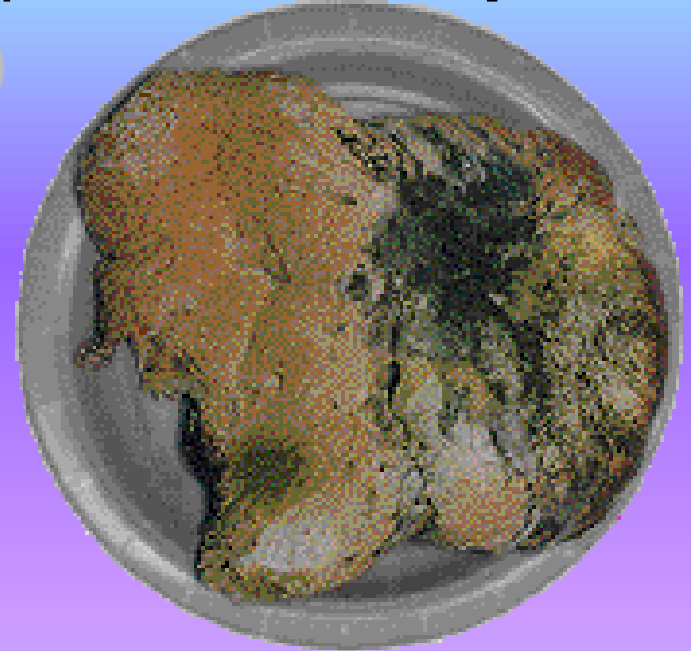
Champignons dits :

- ❖ Inférieurs
- ❖ Archaïques
- ❖ Microscopiques
- ❖ Essentiellement aquatiques
- ❖ A reproduction normale
- ❖ A cellules flagellées : **zoïdes**

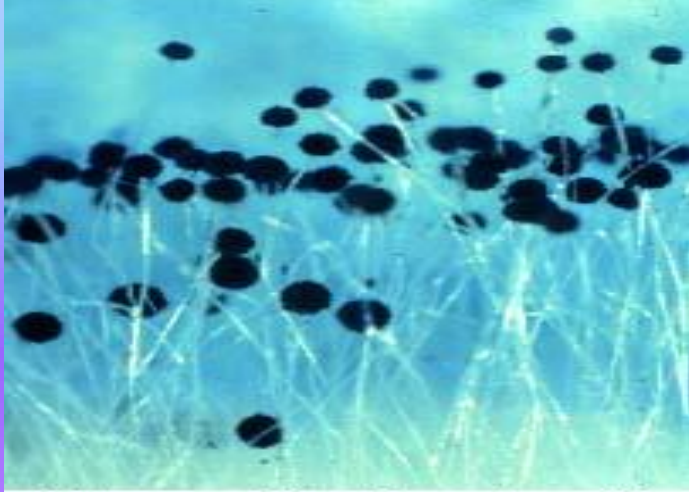
## **II. Les Zygomycètes**

## Zygomycètes (zygospores)

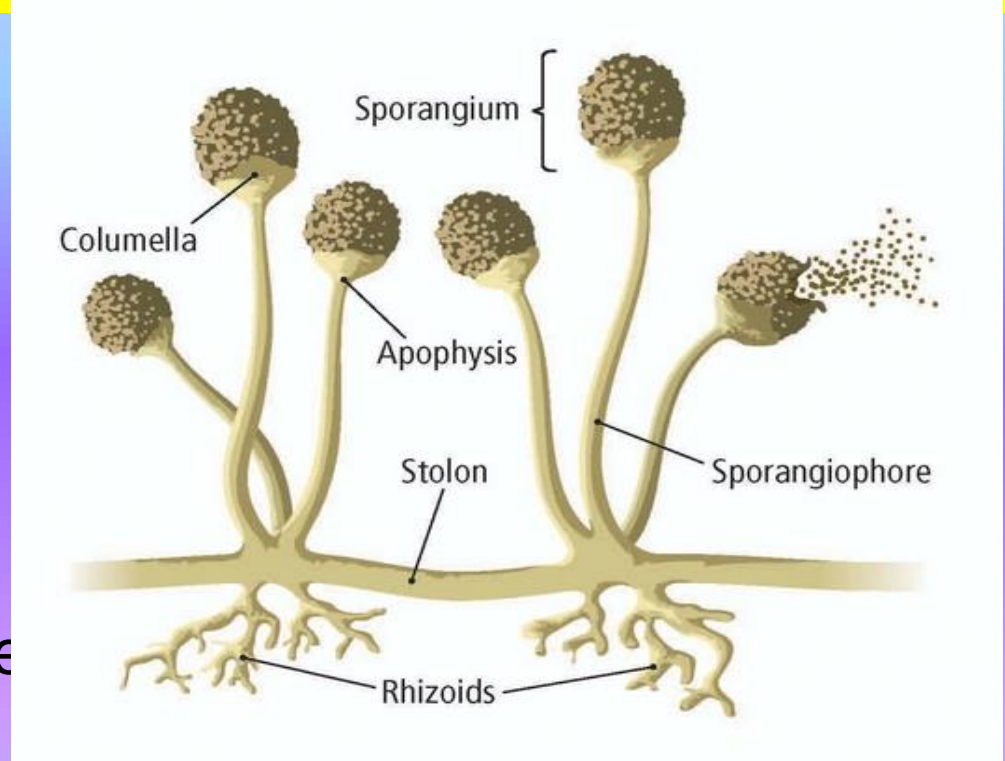
- Reproduction sexuée: assurée par une **zygospore**
- Saprophytes (parfois parasites)
- Thalle siphonné, ++ noyaux
- Le nom le plus commun :  
**la moisissure de pain (*Rhizopus*)**
- 03 ordres :
  - Mucorales
  - Endogonales (endomycorhiziennes)
  - Entomophtorales (parasites algues, animaux, parfois humains)



# Mucorales / Moisissure de pain (*Rhizopus*)



*Rhizopus* - black bread mold



- Très répandus
- spores /air- sol, saprophyte
- croissance rapide,
- Mycélium: + ramifié
- Rhizoides
- Stolons (certaines sp)
- Columelle = Structure stérile des fructifications





# **III. ASCOMYCETES**

# Ascomycètes



- Hyphes **cloisonnées** : Septomycètes
- Différentiation de sporocystes spécialisés (reproduction sexuée)
  - = **Asque** produisant des **ascospores**
- Espèces très différentes (mode de vie/taille/morphologie)



Truffe



Morille



levures

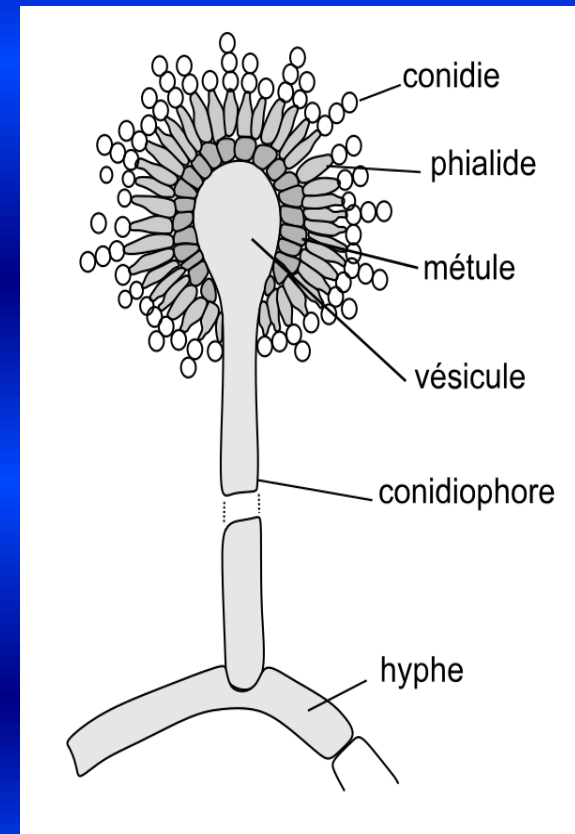
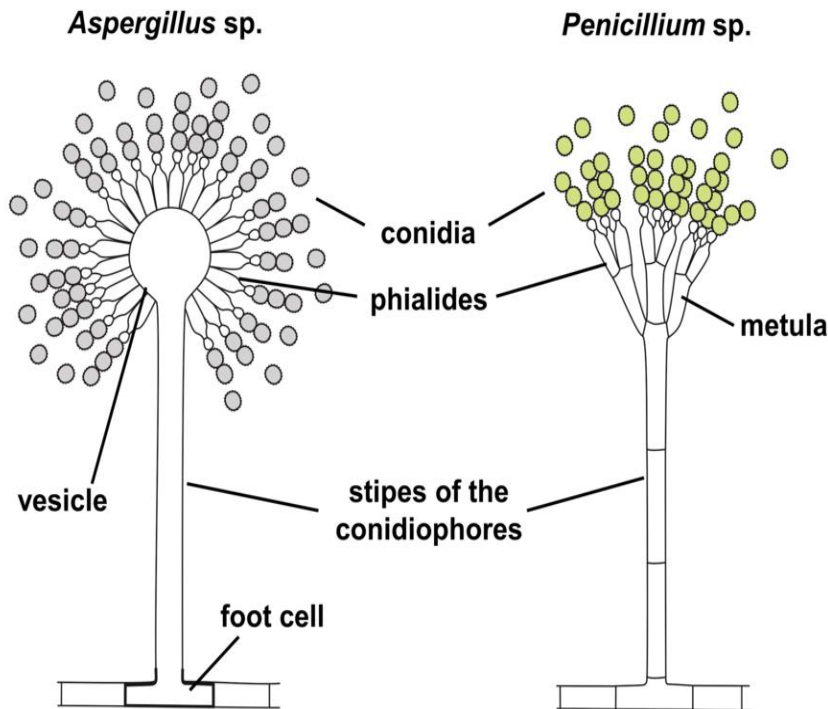


Ergot du seigle

# Ascomycètes /Reproduction

## Multiplication asexuée

- Dominante
- Réalisée par des spores uninuclées conidies

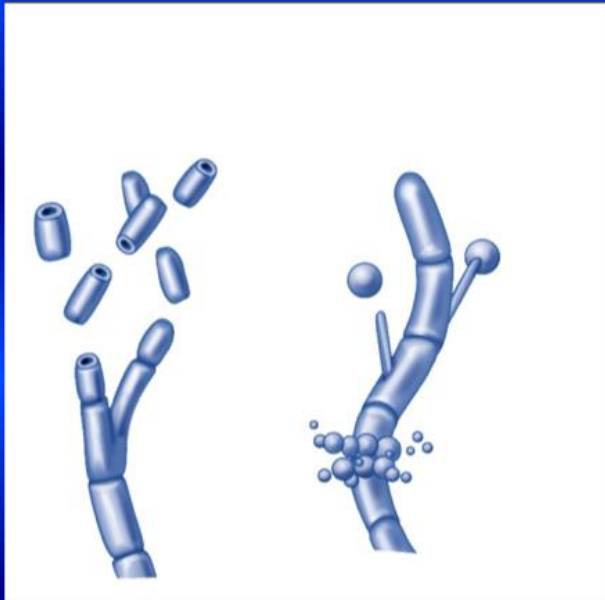


# Ascomycètes /Reproduction

## Multiplication asexuée

- Simple bourgeonnement: Blastospores
- Fragmentation du mycélium :

## Arthrospores

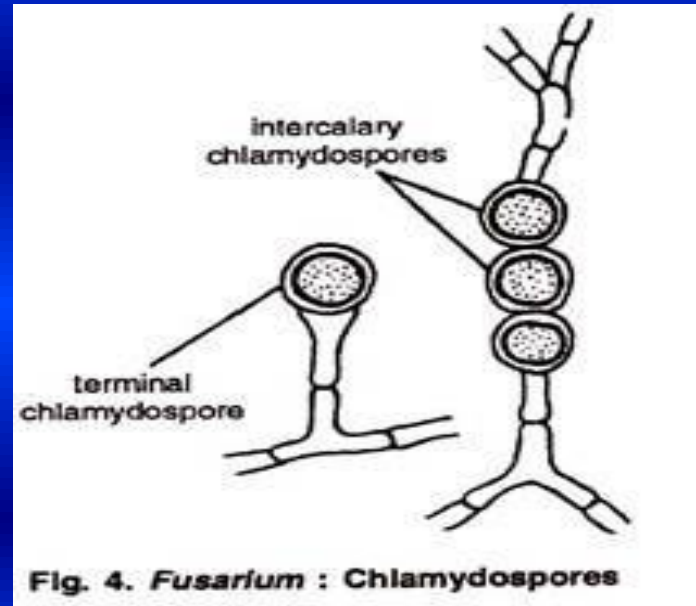


Levure bourgeonnante en microscopie électronique

Blastospore = spore formée par bourgeonnement d'une levure ou d'un filament

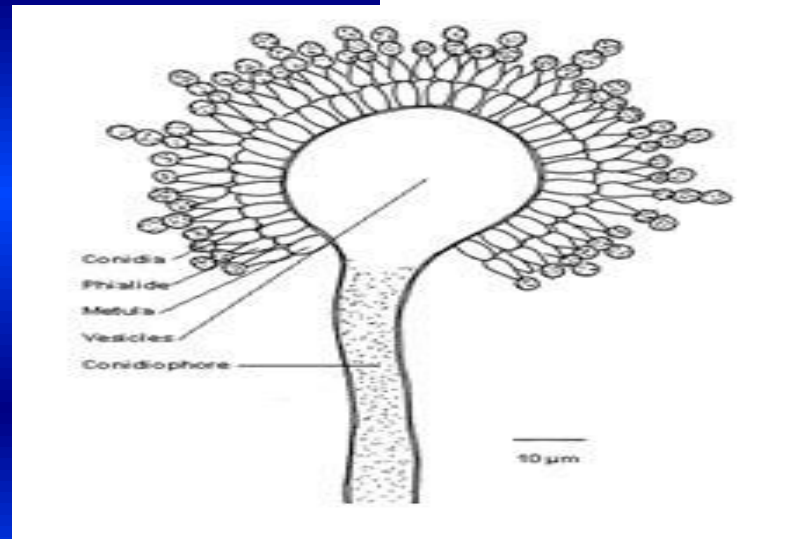
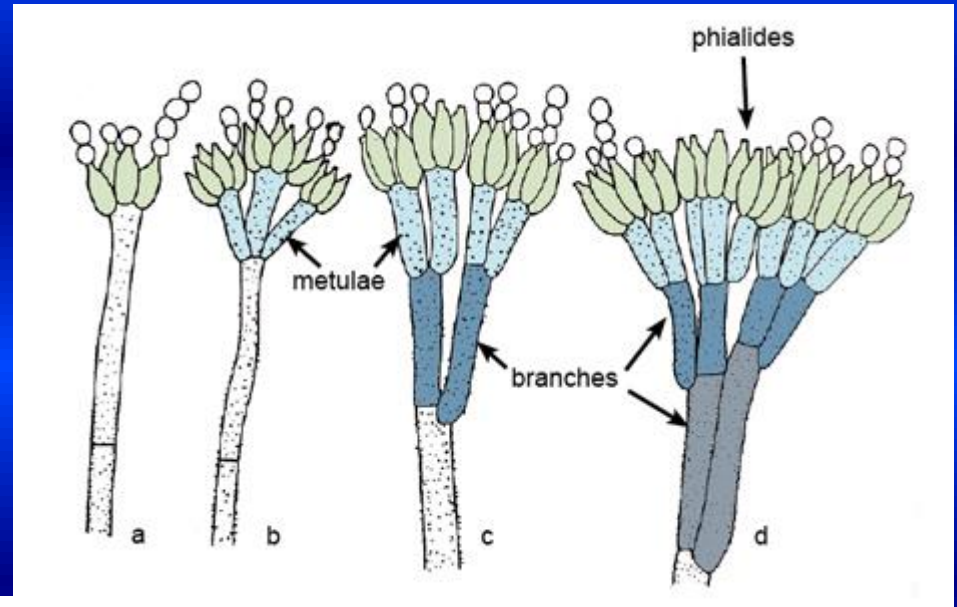
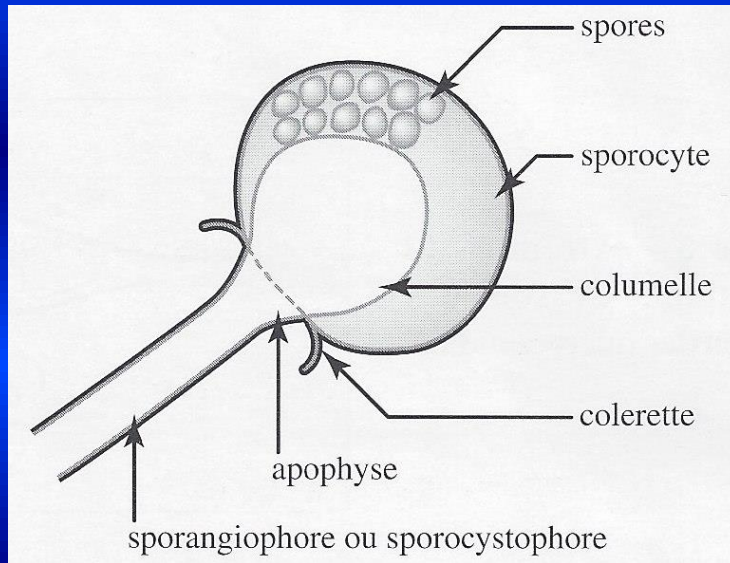


## Chlamydo spores





# Phialide offre un nombre illimité de spores / zygomycètes



# Ascomycètes /Reproduction

## Reproduction sexuée

- Chez les espèces primitives : Siphonogamie

- Chez la plupart des ascomycètes:

Fusion du trichogyne avec le spermatocyste = Trichogamie ; passage direct des noyaux mâles dans le gamétocyste femelle

- Par régression : Autogamie

- Par surévolution : Perittogamie

# Classification des Ascomycètes

## Ascomycètes

```
graph TD; A[Ascomycètes] --> B[Hémiascomycètes]; A --> C[Euascomycètes];
```

### Hémiascomycètes

- Pas de sporophore
- Ascomycètes archaïques
- Asques disposés au hasard sur le mycelium
- Libération des ascospores par déchirure ou résorption des parois

### Euascomycètes

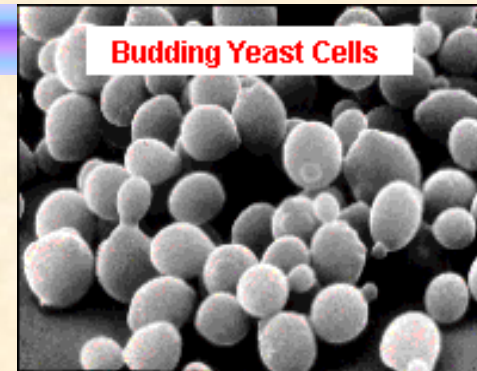
- Pourvus de sporophore à différente appellation (selon sa morphologie)

**Exemple : Levure de bière:**  
***Saccharomyces cerevisiae***



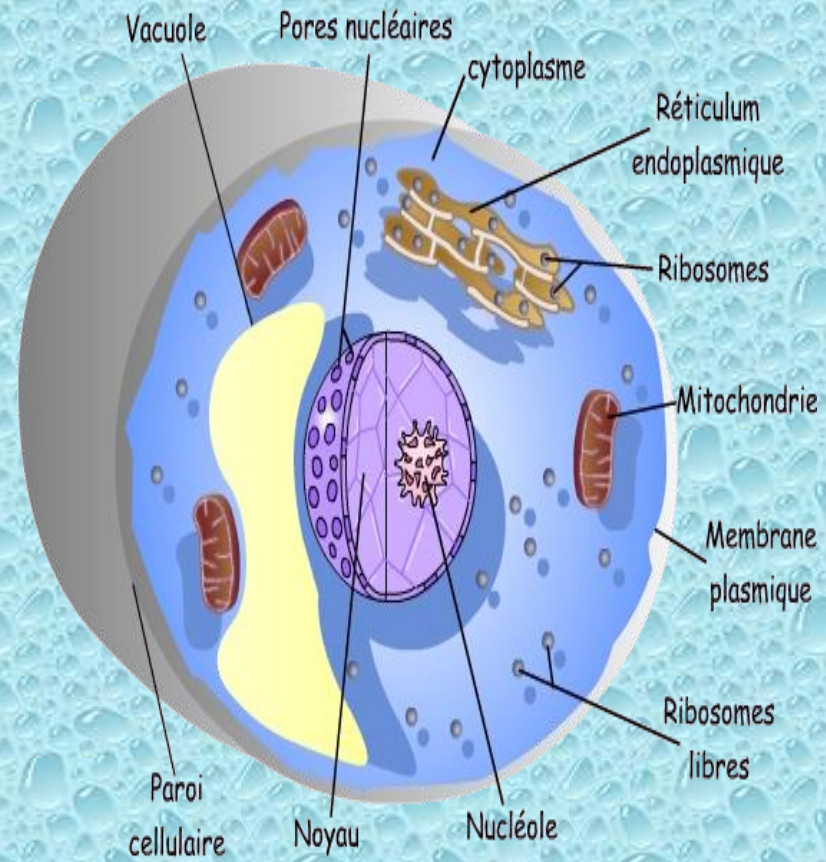
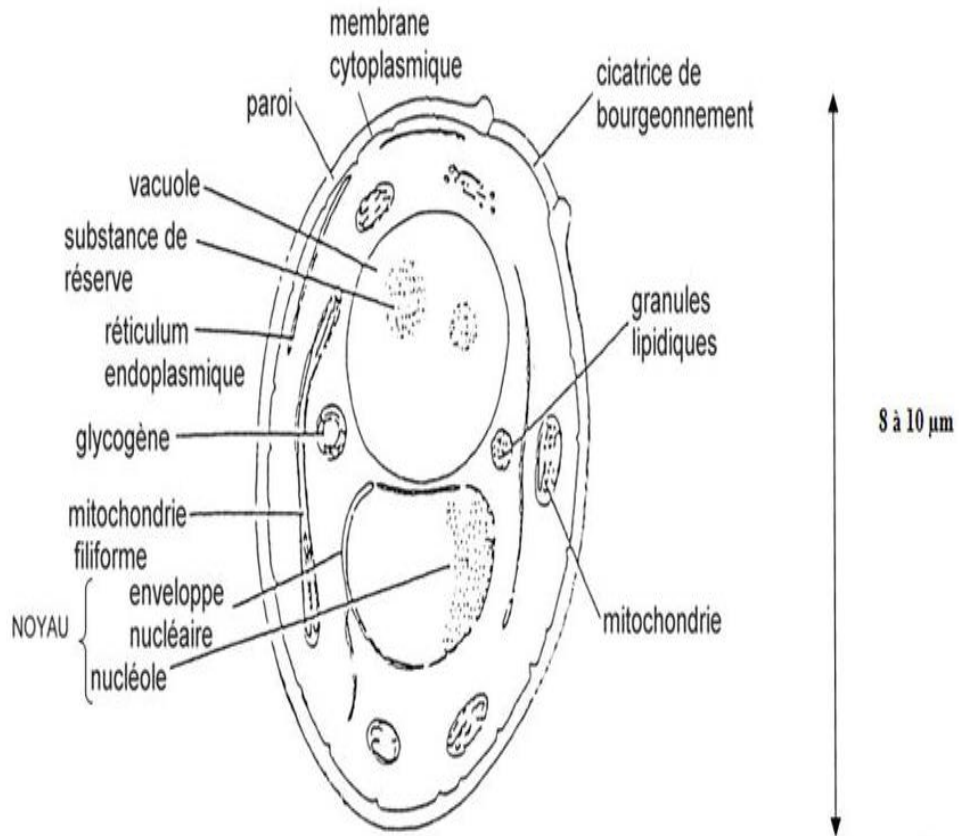
# Hémiascomycètes

## Classe des Saccharomyces



- Famille de la plupart des **levures**
- Saprophytes, mais certaines sont parasites
- Thalle globuleux **unicellulaire** de 4-6 x 5-8  $\mu\text{m}$
- multiplication / **bourgeonnement** (= **blastospores**)
- En milieu pauvre : arrêt du bourgeonnement et apparition d'asques (à 4 ascospores)
- Les levures se développent sur des milieux sucrés pour former, en anaérobiose, alcool +  $\text{CO}_2$  (= Fermentation)
- Croissance très rapide

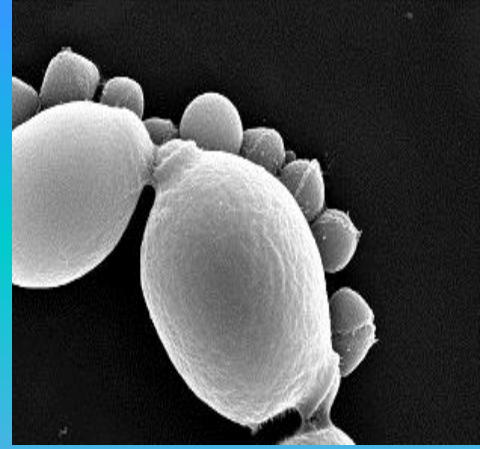
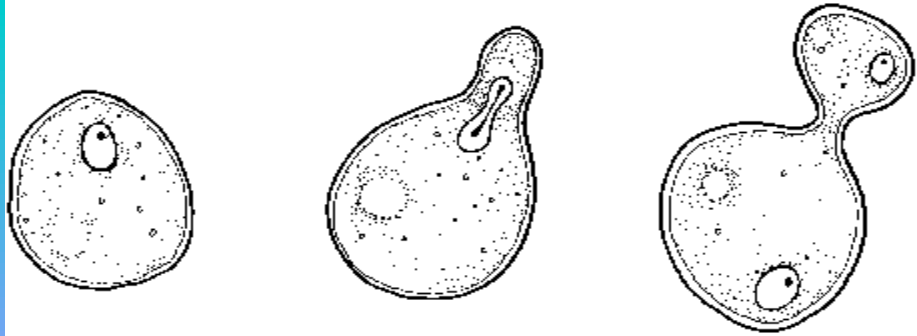
# Structure de la levure



Principale différence avec une cellule animale : absence de paroi chez la cellule animale.  
Principale différence avec une cellule bactérienne : absence de noyau chez la bactérie.  
Principale différence avec une cellule végétale : présence de chloroplastes chez les végétaux.

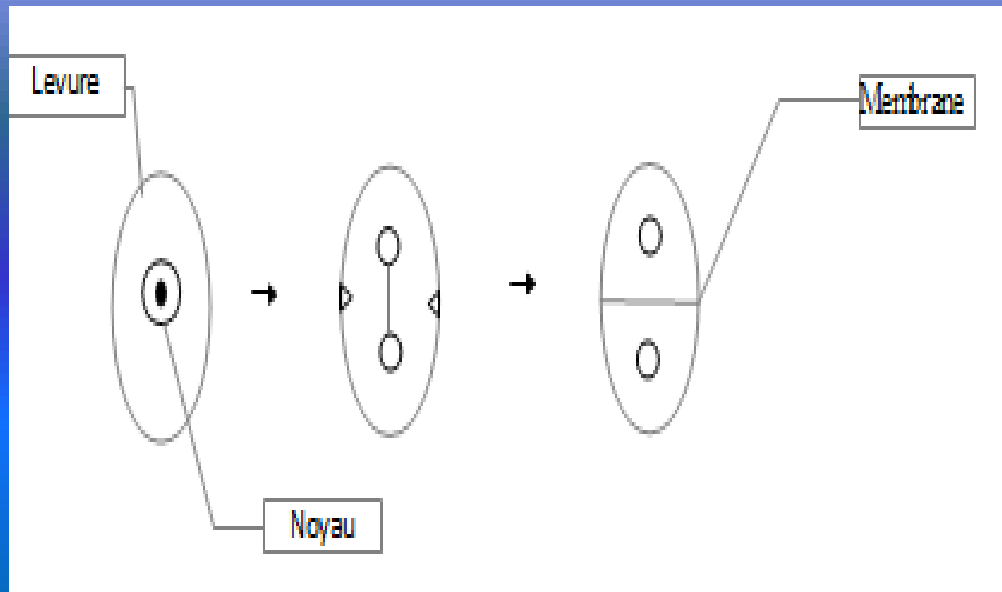
# Modes de reproduction/ R. Asexuée

## ■ Bourgeonnement



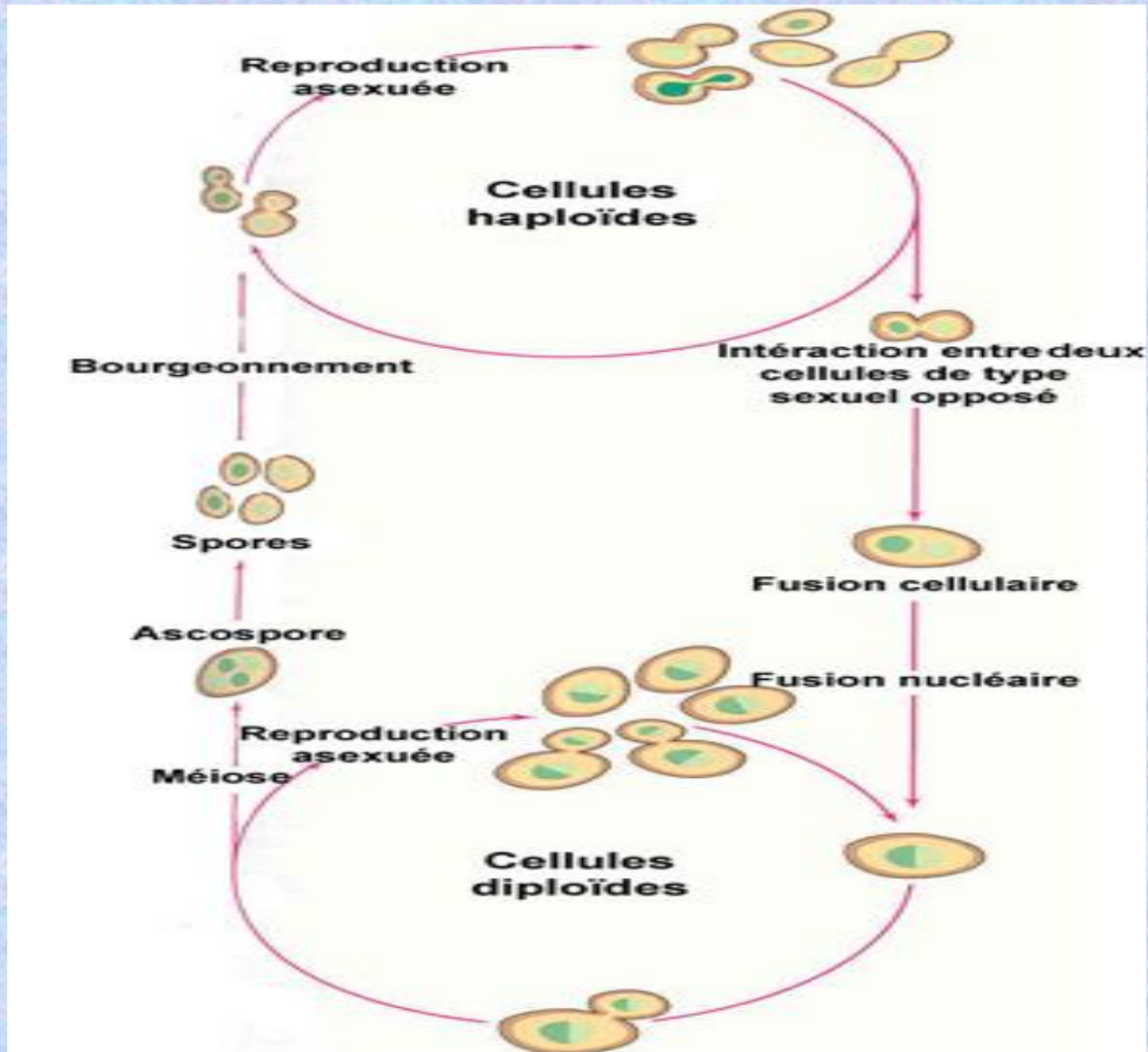
## ■ Chlamydozoospores: *Candida albicans*

## ■ Scission





# Cycle de reproduction/ R. asexuée+ Sexuée





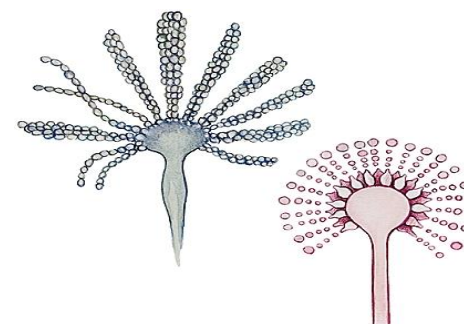
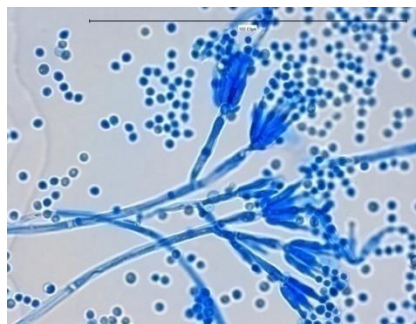
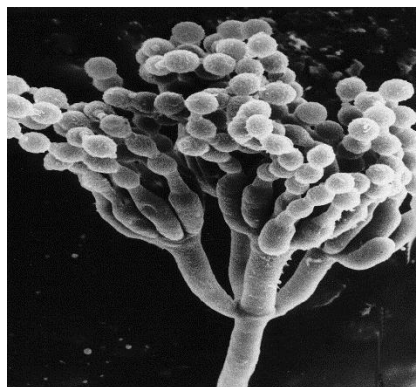
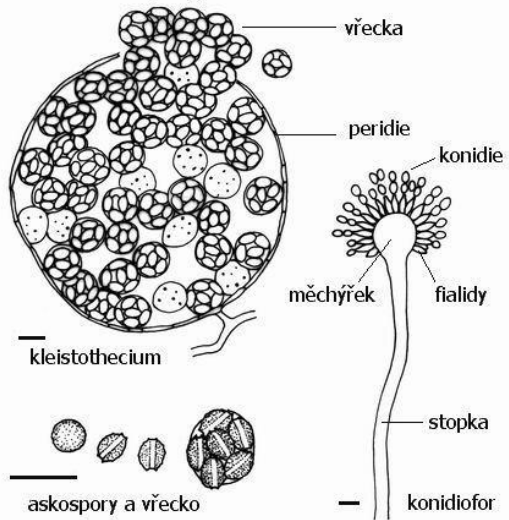
# **IV. Deutéromycètes**

# Deutéromycètes = Anamorphes

- Fungi imperfecti = champignons imparfaits
- Reproduction **asexuée**
- Groupe diversifié: Asco ++, basidio +
- La plupart: espèces pathogènes aux plantes et à l'homme
- On les trouve souvent sur des fruits moisissus.



Eurotium amstelodami  
anamorfa Aspergillus vitis

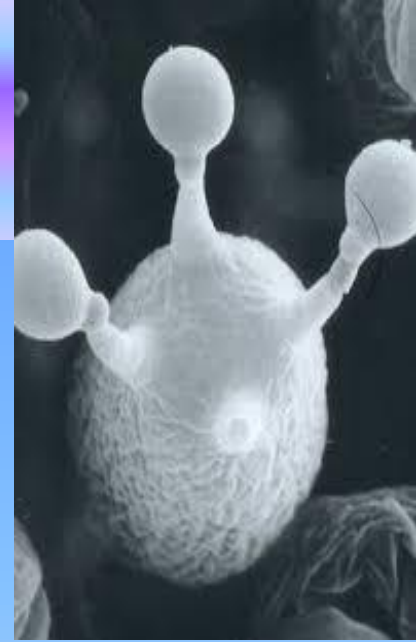






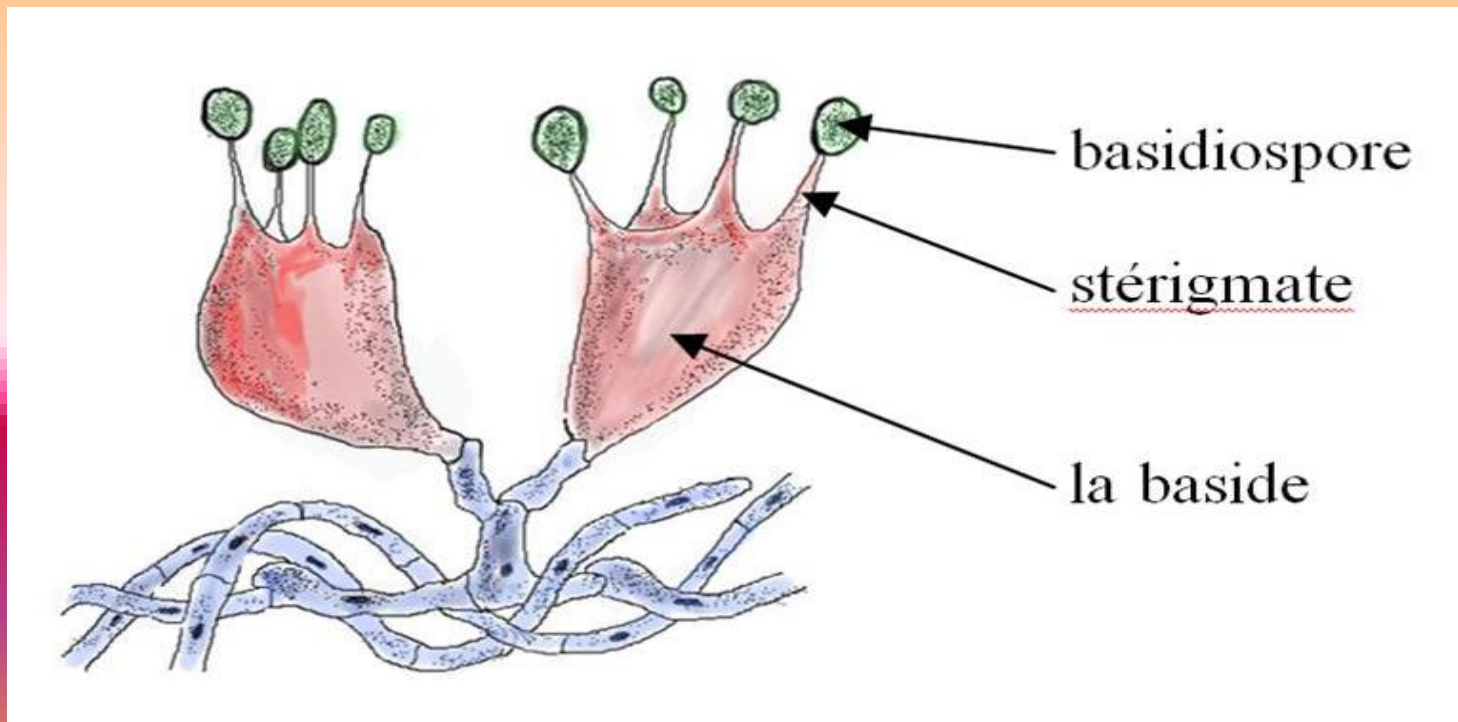
# **V. Les Basidiomycètes**

# Basidiomycètes



## Caractères généraux

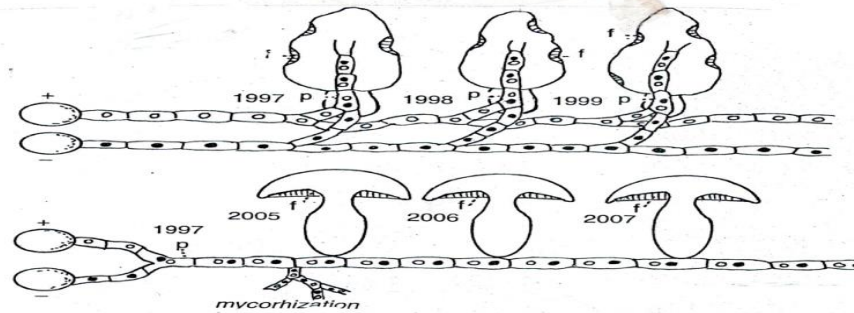
- Champignons les + évolués
- Mycélium cloisonné, Sporophore de grande taille
- Sporocyste spécialisé: Baside



- Cycle de développement:
  - Pérritogamie
  - Parasexualité: fusion asexuelle entre filament dicaryotique avec:
    - Un jeune mycélium haploide
    - Une conidie
    - Un autre filament dicaryotique



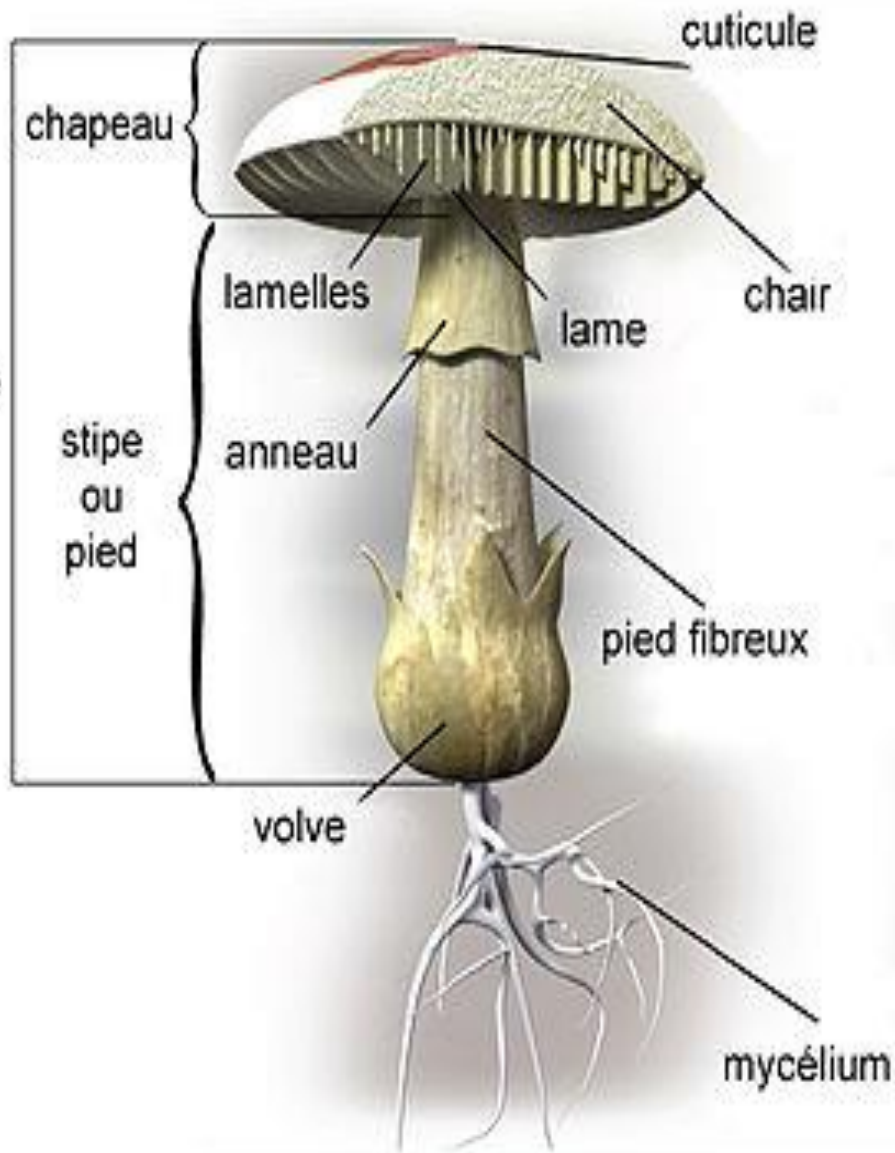
# Basidiomycètes



Comparaison des mycéliums primaires et secondaires chez un Ascomycotina hétérothallique, la morille, et chez un Basidiomycotina (le bolet). Chez les morilles chaque sporophore correspond à une plasmogamie ( $p$ ) entre deux filaments haploïdes à durée de vie limitée (quelques années au plus, de 1997 à 1999 par exemple), tandis que chez le bolet une seule plasmogamie, en 1997 par exemple, est à l'origine de multiples sporophores pendant de nombreuses années (20 ans et plus : 2003, 2004, ... 2024...; entre 1995, année de la plasmogamie, et 2003, le mycélium doit entrer en symbiose avec un arbre (mycorrhization) et celle-ci n'est pas immédiatement suivie de la formation de sporophores);  $f$ , fécondation (= caryogamie). Alors que la majorité des Ascomycotina sont homothalliques (ou « hermaphrodites »), 90 % des Basidiomycotina sont hétérothalliques. Parmi ces derniers, environ 30 % sont des espèces bipolaires et 60 % des tétrapolaires. (D'après Gaumann).

## **Les différences entre les mycéliums primaires et secondaires chez la morille (Ascomycète) et le bolet (Basidiomycètes)**

- Une seule plasmogamie est à l'origine de plusieurs sporophores (= Ascomycètes)
- Le premier sporophore est généralement produit plusieurs années après la plasmogamie, le mycélium devant d'abord entrer en symbiose (mycorhization)
- Le mycélium secondaire issu de la périttogamie devient indépendant des mycéliums primaires (= Ascomycètes) et pérennant d'une durée de vie de plusieurs années à plusieurs siècles.
- Sporophore entièrement formé de mycélium secondaire, capable de produire de 10 0 20 milliards de basidiospores



# Classification

Les basidiomycètes sont classés selon:

- Mode de vie (saprophitisme, parasitisme)
- Présence d'un sporophore
- Structure de la baside

Clois transv primi

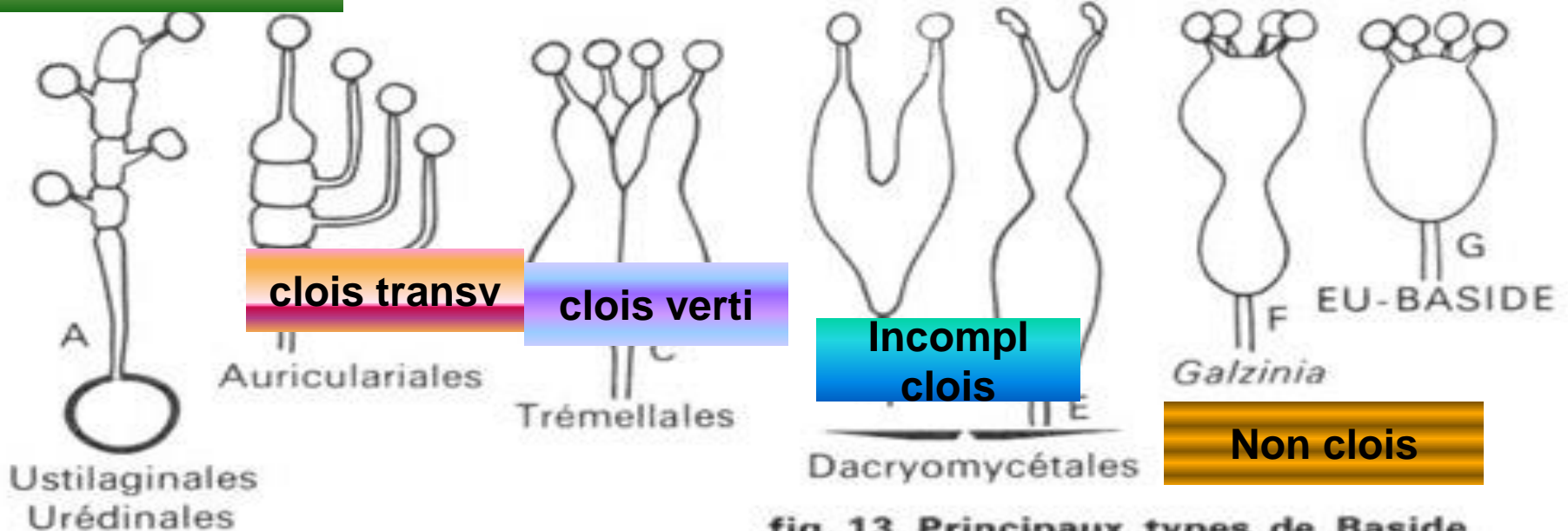
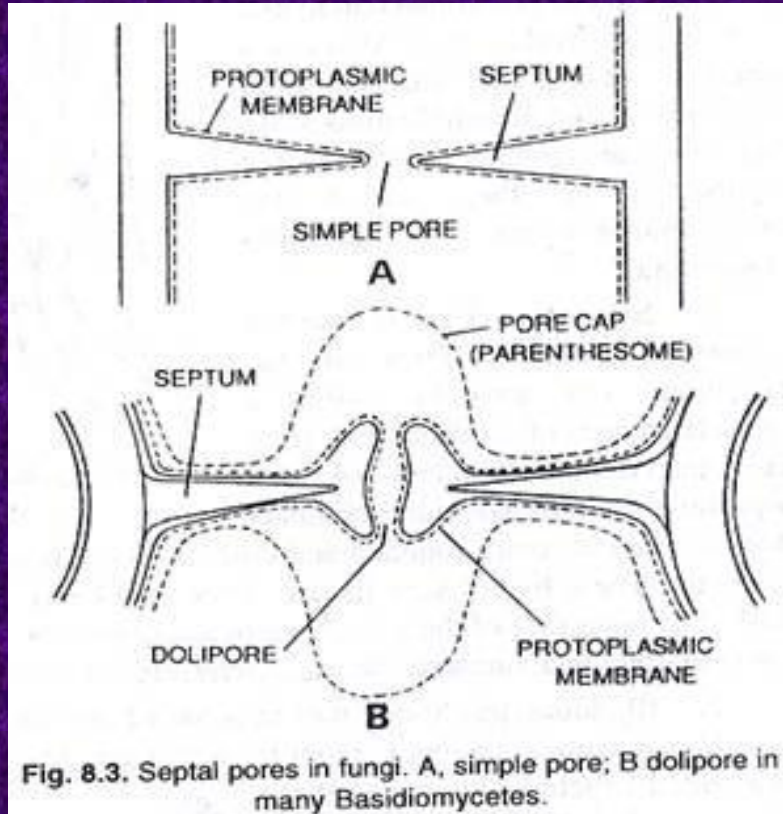


fig. 13 Principaux types de Baside



# Classification

- Les cloisons simples ou à dolipores



- Les caractères biochimiques (sucres de la paroi) et moléculaire (ADN ribosomique)

# Cladogramme des basidiomycètes

I- Classe des Télébasidiomycètes  
(**Proto**basidiomycètes)

II- Classe des **Phragmo**basidiomycètes

III- Classe des **Homo**basidiomycètes