

Mycologie, Algologie Et Virologie

Enseignante responsable: **REDOUANE-SALAH Sara**

Semestre : **5**

Unité d'enseignement **Fondamentale 1(UEF 1.5)**

Taxinomie microbienne (**Systematique des
procaryotes**)

Matière 2(UEF 1.5.2): **Mycologie, Algologie Et
Virologie**

Crédits : **6**

Coefficient : **4**

● **Objectifs de l'enseignement**

- Présente l'organisation à grande échelle du Vivant et fait prendre conscience de la diversité insoupçonnée des "protistes" (microbes eucaryotiques), en ce compris les "**algues**" et les "**champignons**".

Connaissances préalables

recommandées :

Botanique, zoologie, biologie
cellulaire, biochimie

Contenu de la matière :

MYCOLOGIE :

**I. caractéristiques générales des
champignons (Moisissures et levures)**

- Composition chimique et structure des cellules
- Croissance et reproduction
- Culture au laboratoire et à grande échelle

II. Classification des champignons

- Levures
- Chitridomycètes
- Oomycètes
- Zygomycètes
- Ascomycètes
- Champignons imparfaits
- Basidiomycètes
- Mycorhizes ectotrophes et endotrophes.

III. Intérêt de l'utilisation des champignons dans : l'alimentation, l'agriculture et la sante publique

A. Agro-Alimentaire

1. Utilisation des moisissures :

- Les principales phases de la croissance des moisissures
- Exemples de cultures sur milieux solide et liquide
- Développement et différenciation
- Production de métabolites (primaires et secondaires)
- Utilisation dans l'élaboration des produits laitiers
- Les champignons comestibles

2. Utilisation des levures :

- Production de bière
- Fermentation panair

B. Industrie Pharmaceutique

Champignons producteurs de métabolites : vitamines, antibiotiques et enzymes

- Origine
- Isolement
- Extraction et purification
- Applications et utilisations thérapeutiques

IV. Aspects pathologiques

A. Chez l'Homme et l'Animal :

- Candidoses
- Dermatophytes

B. Chez le végétal :

- Champignons de stockage
 - Mycotoxines

IV. Aspects pathologiques

A. Chez l'Homme et l'Animal :

- Candidoses
- Dermatophytes

B. Chez le végétal :

- Champignons de stockage
 - Mycotoxines

Travaux pratiques /Travaux dirigés :

TD : Caractérisation des champignons

TP : Isolement et caractérisation de quelques levures

TD : Maitrise de quelques techniques d'identification des moisissures

TP : Isolement de quelques moisissures à partir des denrées alimentaires moisies

TD : La maitrise des microcultures

TP : Caractérisation microscopique des mycètes

Mode d'évaluation :

Examen **semestriel 60%** et **Continu 40%** (Contrôle TP + Des rapports ; Contrôle TD + des exposés + interrogations)

Référence :

1. Précis De Mycologie. Mycologie Générale, Mycologie Humaine et Animale. Techniques. Langeron, Ed. Masson.
2. Les Champignons - Mycologie Fondamentale et Appliquée. Jean Louis Guignard. Ed. Masson

MYCOLOGIE :

MYCOLOGIE :

1. Définitions

1.1. Mycologie = science qui étudie les champignons

Science consacrée à l'étude des champignons.

Elle comprend des étapes fondamentales qui sont : **la taxonomie**, **la systématique** et la **nomenclature** pour aboutir à un canevas général de la classification des champignons

1.2. Mycologues = les scientifiques, qui étudient les champignons

1.3. Champignons:

Champignons = Mycophytes = Mycètes = Fungus.

Du grec MUKES = Champignon

Une contraction de deux mots:
Funus qui veut dire funérailles.
Et Ago qui veut dire produire (pour rappeler les décès produits par les champignons à l'époque Romaine.

Une autre origine est possible **fungus** du grec **spongus** = spongieux
Pour rappeler l'aspect spongieux des champignons.

Les champignons se distinguent des plantes et des algues par l'absence de chloroplastes et des animaux par la présence de parois cellulaires. Ne sont ni des végétaux, ni des animaux, forment un règne à part parmi le domaine des eucaryotes

Organismes

Thallophytes

(Thalle = appareil végétatif
organisation cellulaire =
qui ne possèdent pas de
vrai tissu différencié.)
thalle unicellulaire (levure),
pluricellulaire (mycélium)



Hétérotrophes

Sans plastides,
sans pigments
photosynthétiques

Eucaryotes = possédant des
noyaux individualisés
pourvus d'une membrane
nucléaire, de chromosomes
et d'un nucléole
+ mitochondrie.

Les champignons (mycètes) sont divisés en



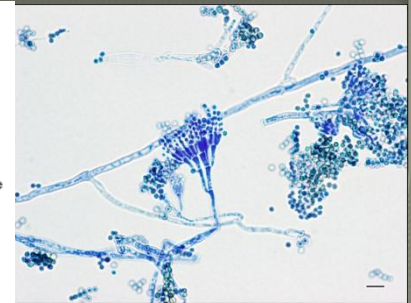
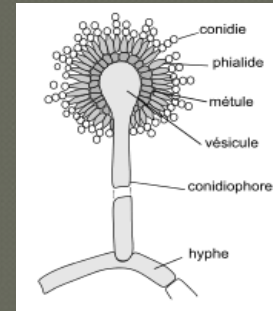
Macromycètes
= Champignons
macroscopiques

Micromycètes
= Champignons
microscopiques

Les levures
(unicellulaires)



Les moisissures
(champignons
filamenteux)



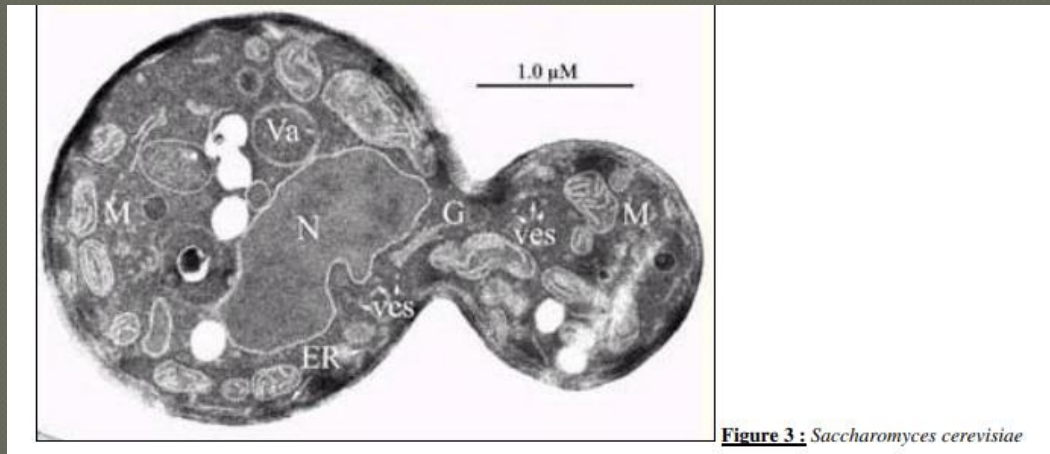
1.4. Les champignons filamenteux:

Les micromycètes sont des champignons microscopiques regroupant les levures et les champignons filamenteux. (moisissures).

1.4.1. Les moisissures sont des champignons microscopiques formant le groupe des hyphomycètes et regroupant des milliers d'espèces. Elles sont formées de nombreux filaments minces et enchevêtrés.

Le terme de "**moisissure**" n'a pas réellement de signification systématique; il désigne tous les champignons microscopiques qui intéressent l'économie et l'environnement humains, de façon bénéfique ou néfaste.

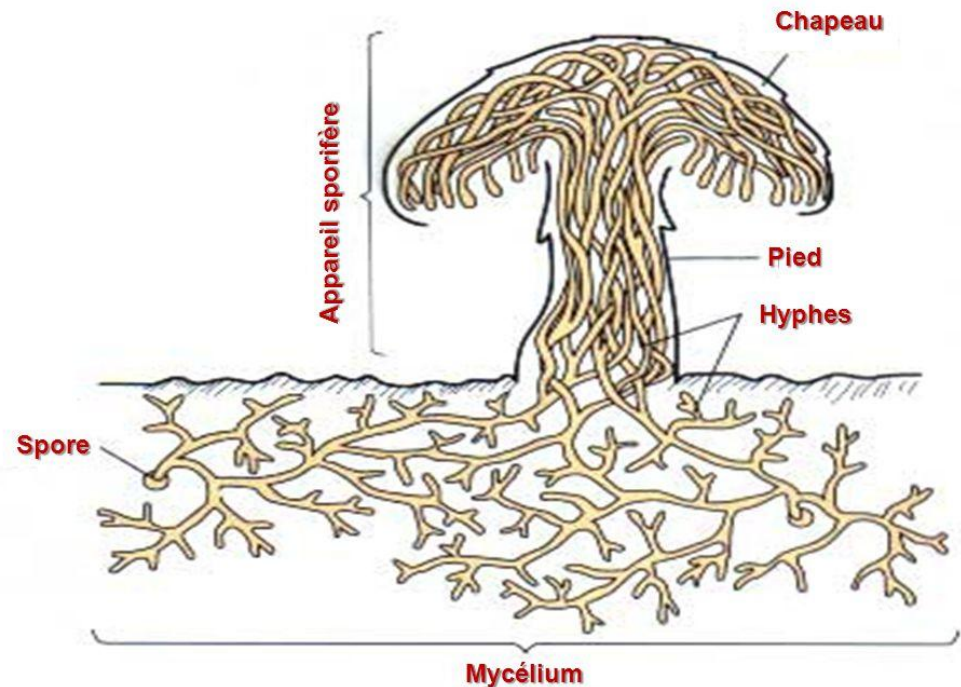
1.4.2. Les levures ont une taille généralement comprise entre 10 et 50 μm . Leur forme peut être sphérique, ovoïde, allongée, cylindrique... Leur thalle est dit lévuriforme.



2. Caractéristiques morphologiques des champignons filamenteux

Les champignons filamenteux sont composés d'un appareil végétatif appelé thalle. Il est composé de filaments ou hyphes enchevêtrés les uns par rapport aux autres, et l'ensemble des hyphes constitue un réseau appelé mycélium. Les hyphes sont diffus, tubulaires et fins avec un diamètre compris entre 2 et 15 μm et sont plus ou moins ramifiés.

Les différentes parties d'un champignon



Un mycélium peut donner naissance à plusieurs milliers, voire plusieurs millions de spores dont l'ensemble appelé sporée se présente souvent sous un aspect poudreux et coloré.

. Mycélium → Mycète, Hyphe → hyphomycètes , Thalle → thallophytes.
mycélium = réseau d'hyphes

2.1.Types de mycelium

2.1.1. Mycélium cloisonnée ou septé

Chez la plupart des moisissures, les hyphes sont divisés par les cloisons ou septa (septum singuliers) on les appelle alors hyphes segmentés ou septés ;

Dans ce cas, des perforations assurent la communication entre les cellules.

Pores qui traversent les cloisons : passage cellulaire de cytoplasme, organites et noyaux.

Le filament est articulé (divisé en articles) : chez les champignons supérieurs = asco et basidiomycètes.

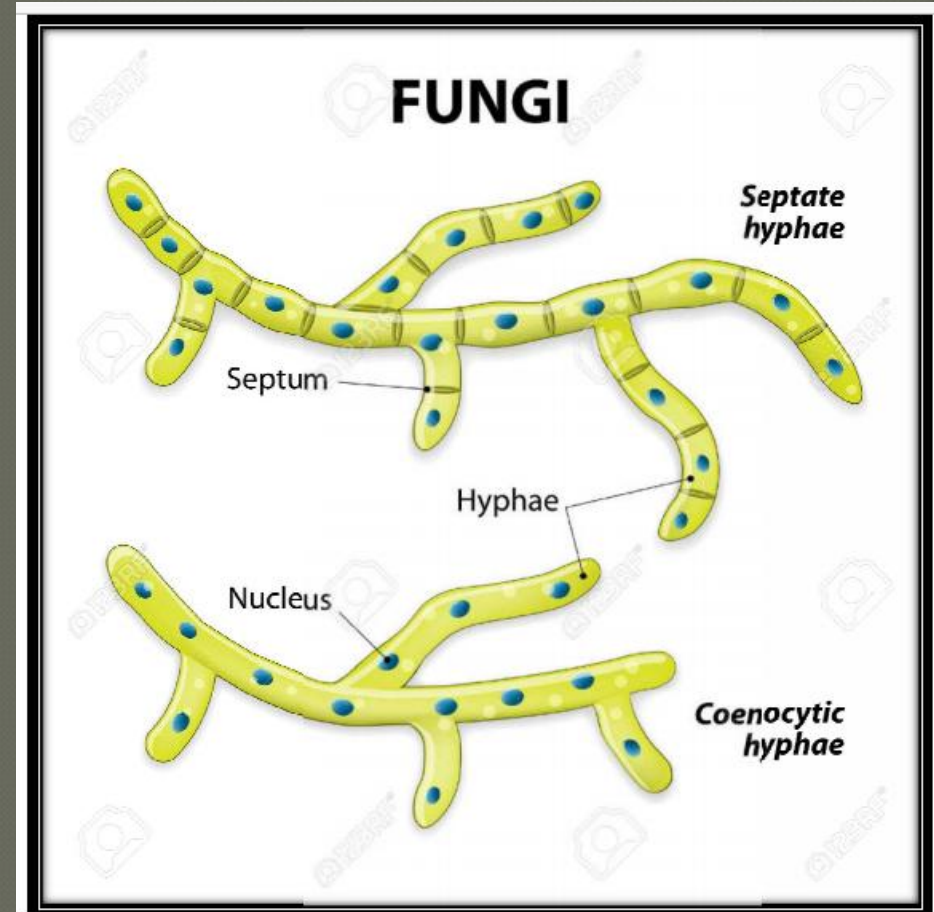


Figure 1: différentes structures des hyphes fongiques (https://fr.123rf.com/photo_36477181_cellule-typique-de-champignons-les-hyphes-fongiques-structure-champignons-sch%C3%A9ma-illustrant-l-ultra.html)

Remarque:

En règle générale, les septomycètes ont de hyphes fins (5 à 7 μm de large) tandis que chez les siphomycètes, les hyphes sont beaucoup plus large (10 à 15 μm) Pores qui traversent les cloisons : passage cellulaire de cytoplasme, organites et noyaux.

2.1.2. mycélium siphonné, non cloisonnée

Dans quelques classes de mycètes, les hyphes ne contiennent pas de cloisons (non cloisonnée=mycélium siphonné) et ont l'aspect de longues cellules continues à noyaux multiples (Noyaux qui cohabitent dans le cytoplasme commun) ; ils sont appelés cénocytes.

Sa structure est plurinucléé ou **cénocytique**.
EXP chez les champignons inférieurs = zygomycètes.

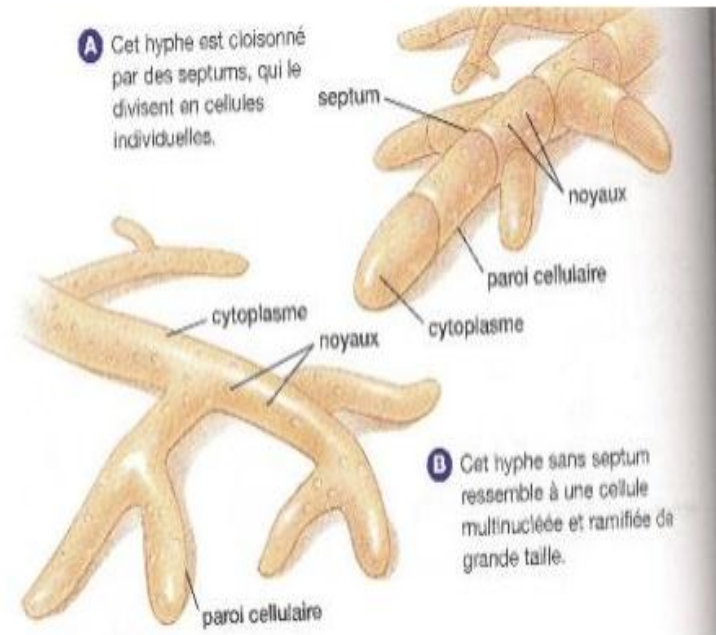


Figure 1 Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium : (A), hyphe coenocytique ; (B), hyphe cloisonnée (Chabasse *et al.*, 2002).

Donc, 2 types de champignons avec :

Filaments non cloisonnés

Siphon

Les Siphomycètes

Chytridiomycètes, Oomycètes et Zygomycètes

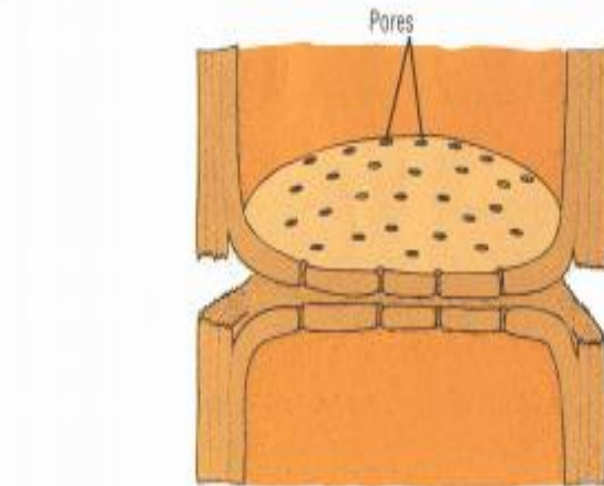
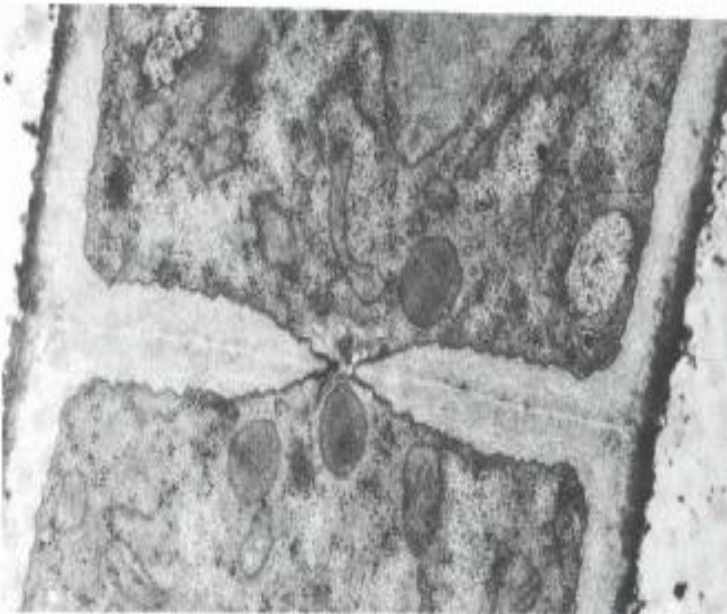
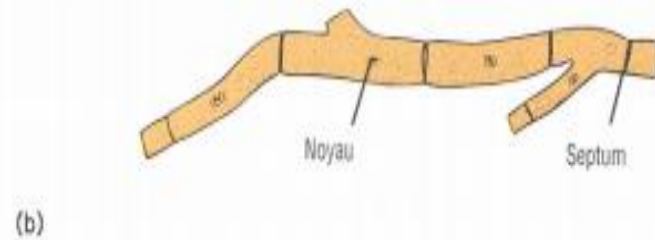
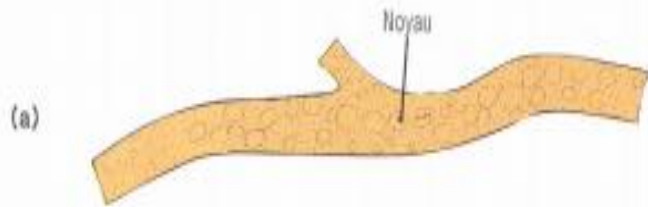
Filaments cloisonnés

Hyphe

Les Septomycètes

Ascomycètes et Basidiomycètes

Champignons supérieurs



Les hyphes. Dessins de (a) hyphes coenocytiques et (b) hyphes divisés en cellules par des septums. (c) Image au microscope électronique (x 40000) d'une coupe de *Drechslera sorokiniana* montrant la différenciation de la paroi et un pore unique. (d) Dessin d'un septum multiperforé.

(c)

2.3. Le rôle des septa

Les septa ont plusieurs fonctions :

- ils servent à renforcer et stabiliser ces longs tubes que sont les hyphes.



Support structurel

- * ils servent aussi de protection au mycélium. En cas de brisure d'une hyphe, ils se ferment et isolent l'article brisé du reste de l'hyphe, protégeant celle-ci du milieu extérieur.



Defense

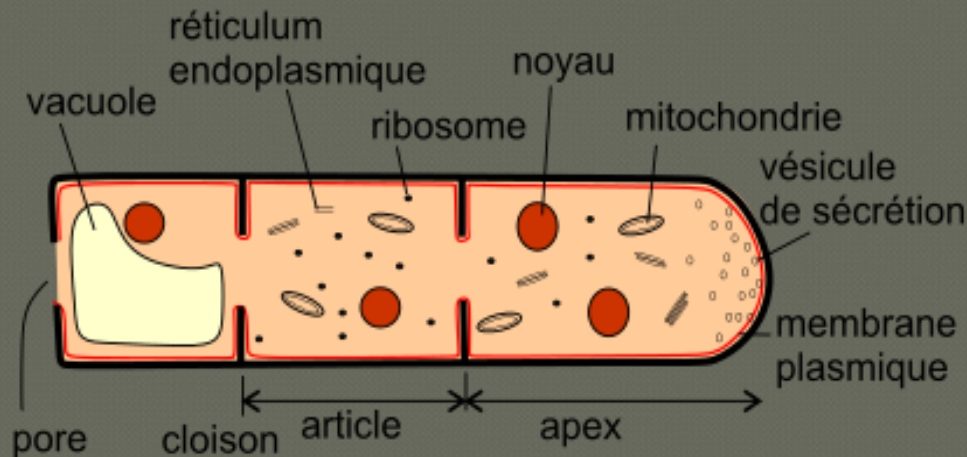
- * Enfin, en isolant les articles du reste de l'hyphe, ils permettent la différenciation et la spécialisation des articles et leur transformation en hyphes modifiées.



Facilite la différenciation

3. Caractéristiques cytologiques

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. Dans les cellules plus âgées des vacuoles apparaissent et peuvent envahir la totalité de l'article.



Oomycètes

Organismes aquatiques non photosynthétiques (eucaryotes filamenteux).
ressemblances morphologiques aux champignons.

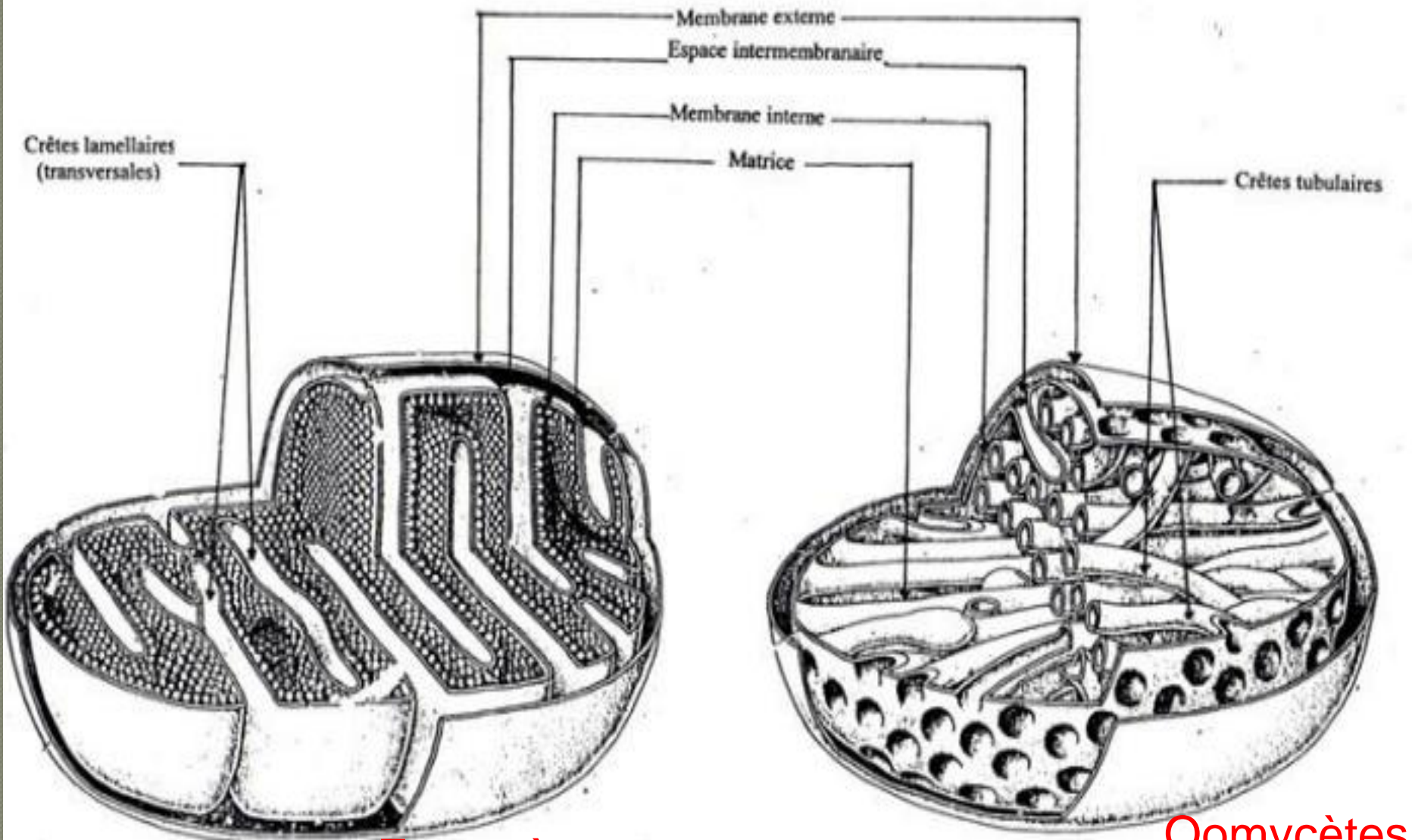
Les analyses phylogénétiques ont montré que les Oomycètes appartiennent en réalité aux Straménopiles, c'est-à-dire qu'ils sont proches des algues brunes,
=pseudochampignons

Les Oomycètes ne sont plus classés parmi les champignons actuellement

- sur base phylogénique
- absence de chitine
- présence de cellulose !

les champignons vrais ou *Fungi*. (sens strict), organismes filamenteux absorbotrophes à paroi chitineuse,

Eumycètes



Eumycètes:

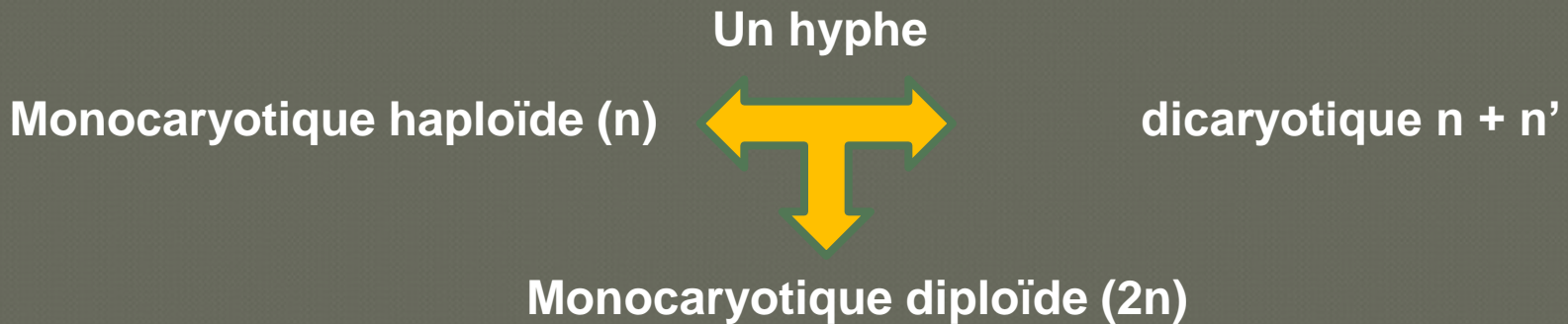
Oomycètes

Crêtes lamellaires

Crêtes tubulaires

3.1.Noyaux:

trois types d'organisations nucléaires sont rencontrés à divers stades du cycle de développement. Ainsi, les Basidiomycètes possèdent typiquement un mycélium **dicaryotique**, avec deux noyaux par segments. Les levures possèdent un noyau par cellule.



Noyau:

Différents types d'organisations nucléaires sont rencontrés à divers stades du cycle de développement: **haploïde, diploïde et dicaryotique.**



Filament coenocytique (A) et cloisonné (B) monocaryotique (a un seul noyau) qui peut être **diploïde ou haploïde**



Filament cloisonné dicaryotique (deux noyaux séparés) qu'on rencontre dans certains stades de développement

FUNGI

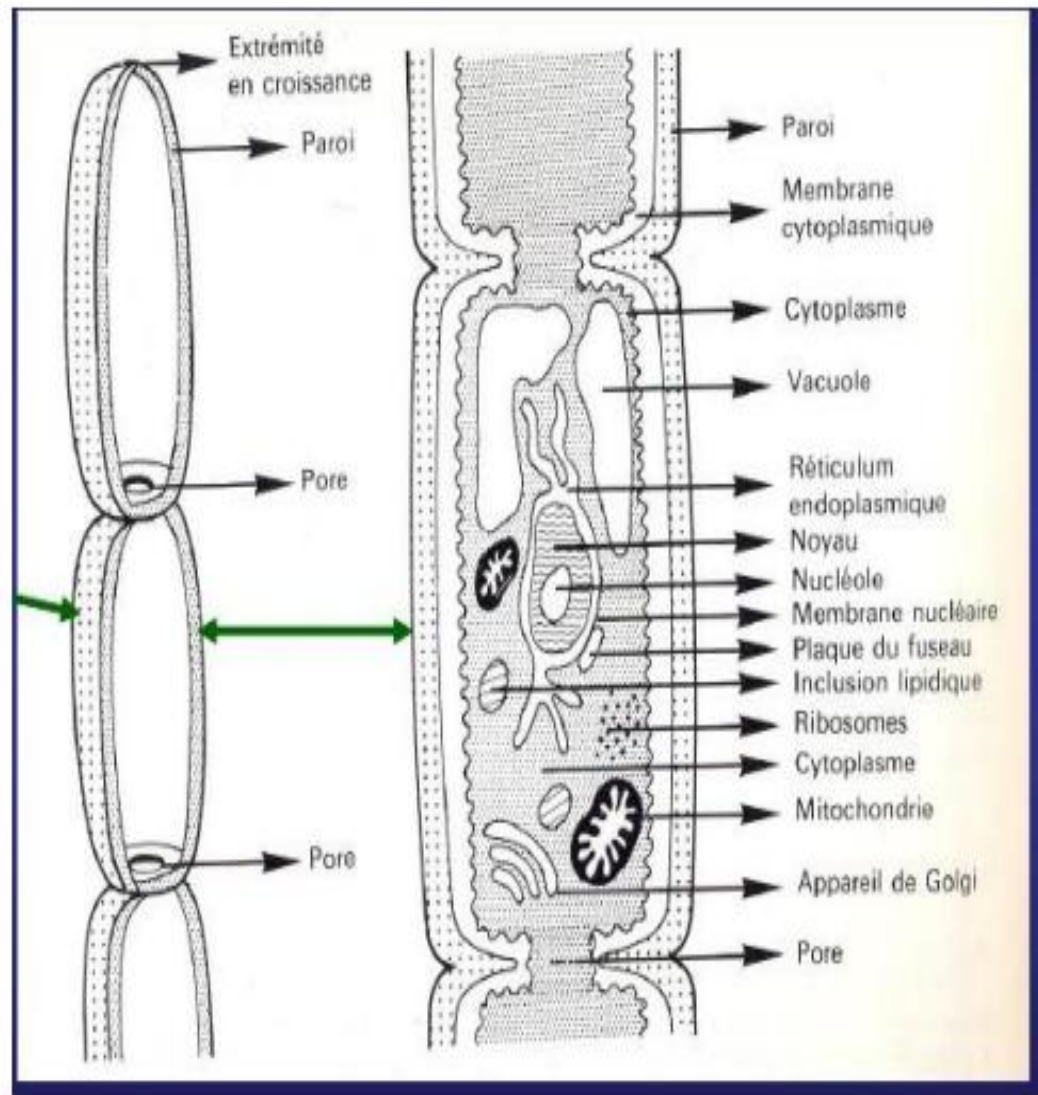
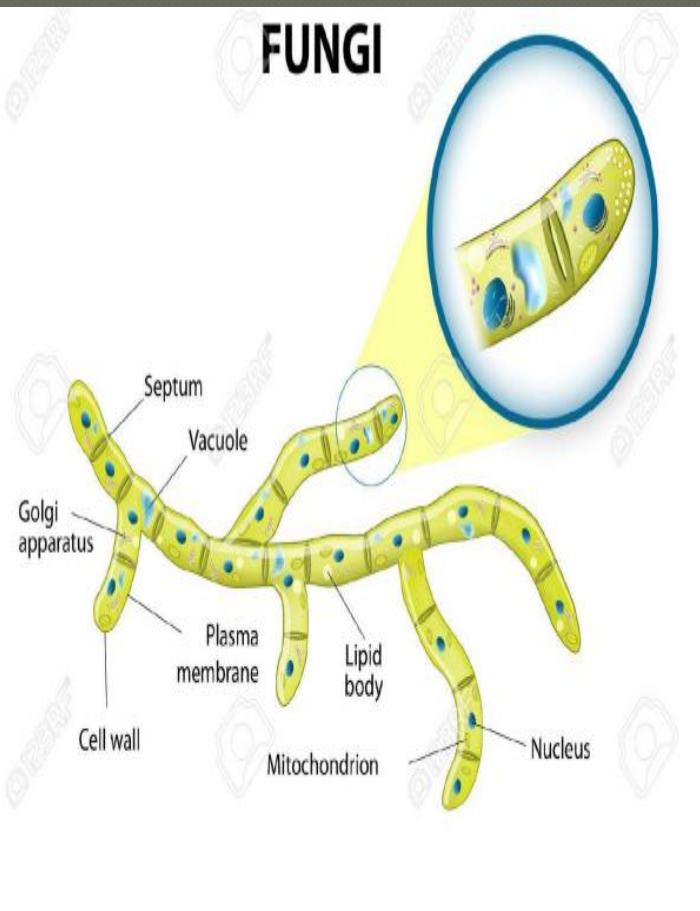


Figure 6: structure de l'hyphe,

3.2. La paroi fongique

3.2.1. La structure et la chimie de la paroi fongique

La paroi est une peptidopolyosidique épaisse. Elle mesure de 150 à 230 nm et est composée

: – 10 à 20% de protéines.

– 80% de polysaccharides antigéniques :

→ • de la **chitine** (polycondensat linéaire de β -D-1-4- N Acétyl-glucosamine), majoritairement ce qui les rapprochent d'avantage des animaux (comme chez les crustacées et la cuticule des insectes), chitine (polymère d'un dérivé aminé du glucose, constituant également l'exosquelette des insectes).

→ • de la cellulose (polycondensat linéaire de β -D-1-4- glucose) des mannanes (est un polysaccharide composé principalement de monomères de mannose) ou des glucanes (est un polysaccharide (polymère d'oses) composé exclusivement de monomères de glucose)

→ • parfois de la mélanine (champignons noirs)

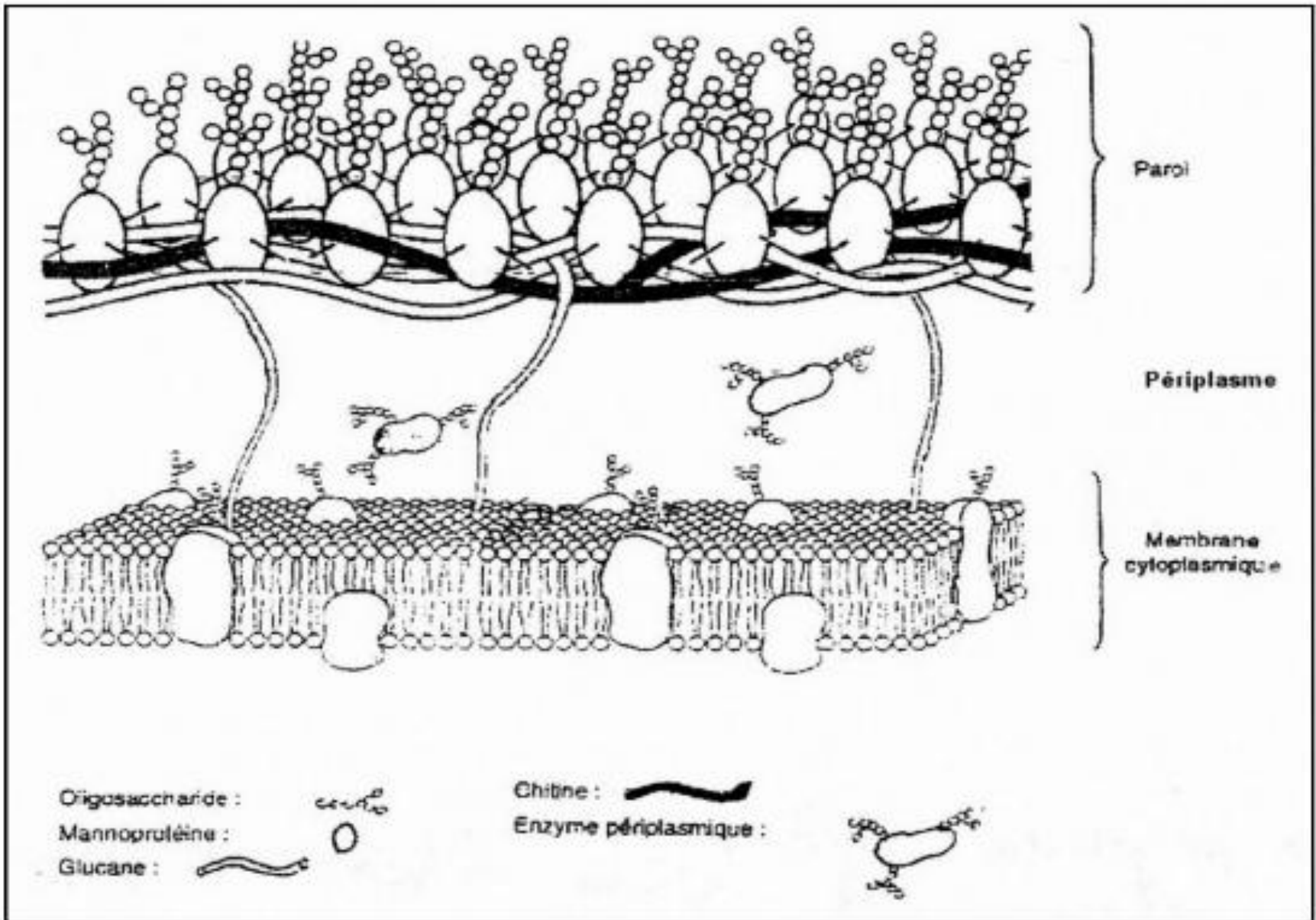
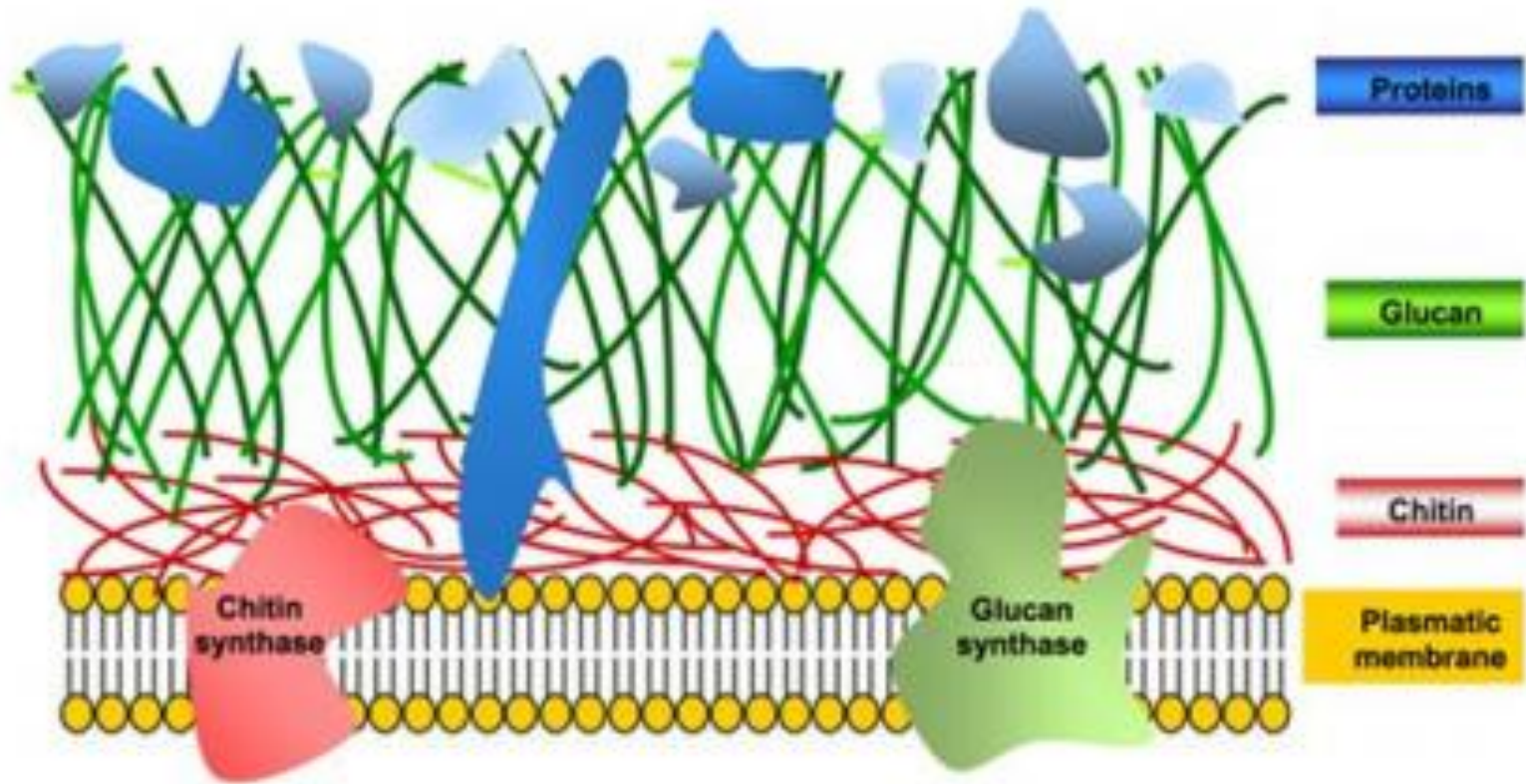
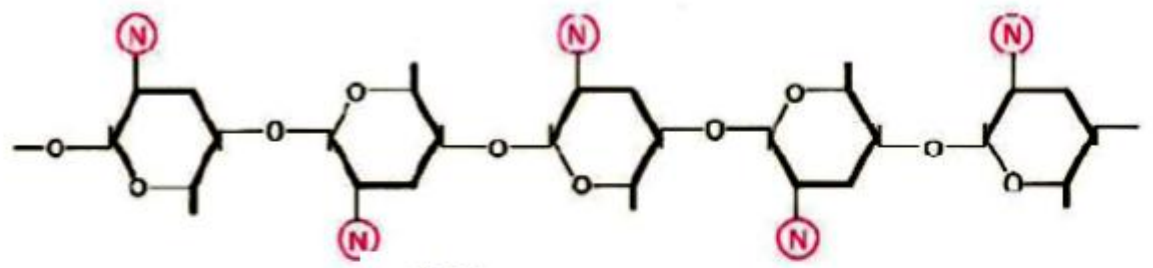
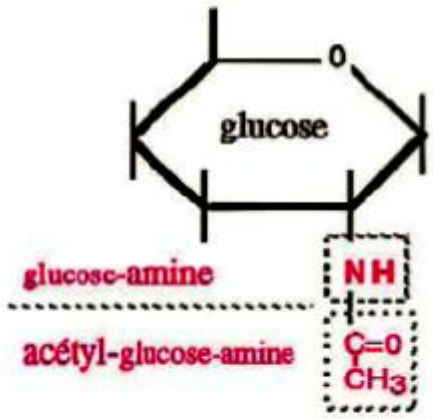


Schéma de la paroi et de le membrane d'une levure

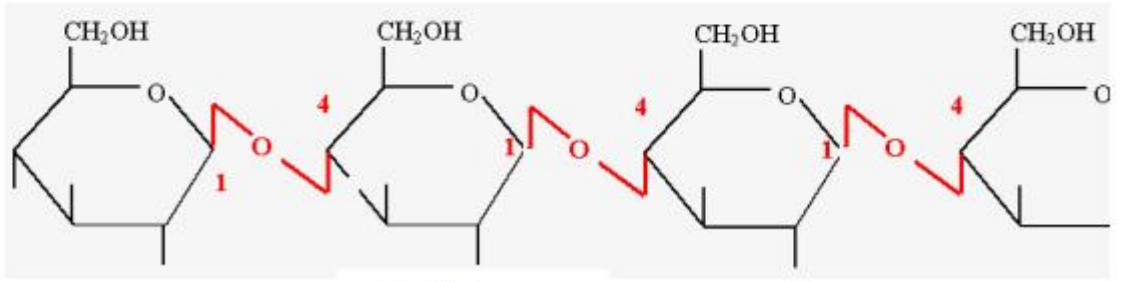
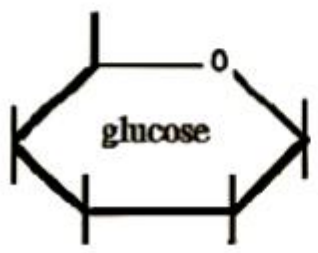


Schématisation de la structure de la paroi fongique.

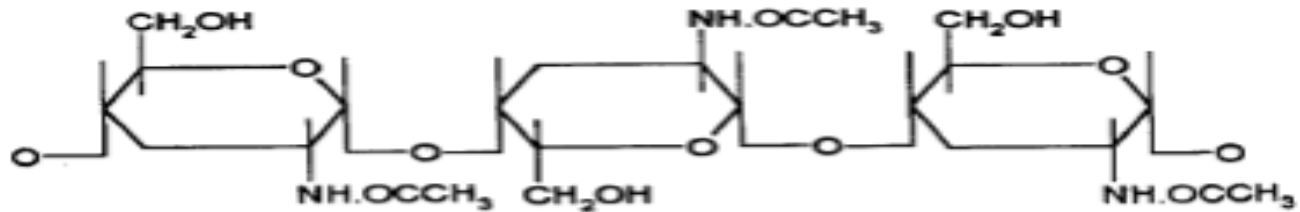
Remarque : Un β -glucane est un polysaccharide entièrement constitué de D-glucose liés par des liaisons bêta



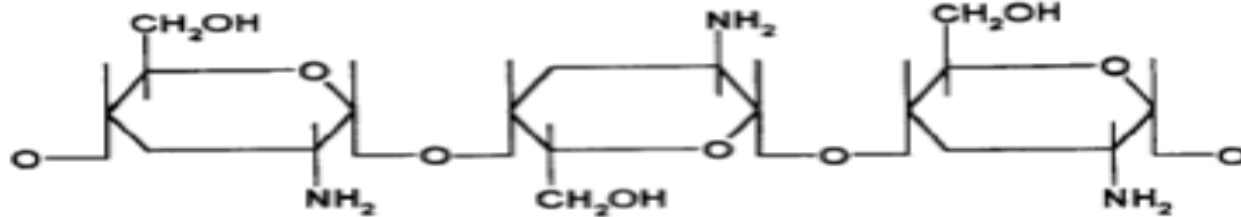
Chitine



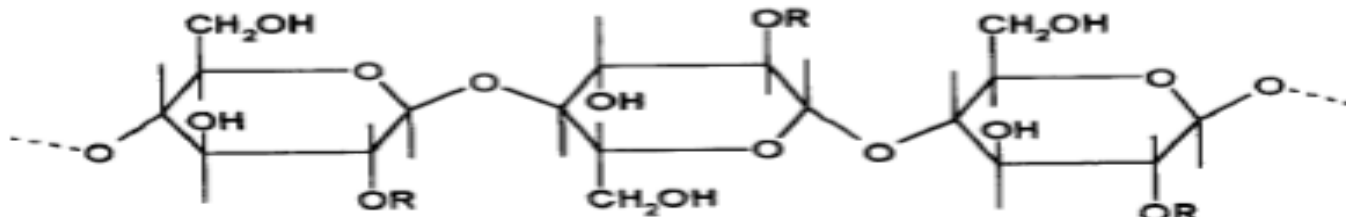
Cellulose



Chitine



Chitosane



Glucane linéaire avec des ponts glycosides β (1 \rightarrow 4)

Polysaccharides majeurs de la paroi fongique

La composition chimique de la paroi est variable selon les groupes : mannanes, glucanes, chitine, chitosane, protéines, phospholipides, les champignons possèdent **une membrane riche en stérols (ergostérol principalement)**

Tableau 1 Composition de la paroi selon les groupes systématiques

groupe	composants
Basidiomycota	Chitine β -(1-3), β -(1-6) glucane
Ascomycota	Chitine β -(1-3), β -(1-6) glucane
Zygomycota	Chitine chitosan
chytridiomycota	Chitine glucanes

Remarque: La chitosane consiste en une forme de chitine faiblement ou non acétylé, formant un polymère essentiellement de β -1,4- glucosamine.

3.2.2. Rôle de la paroi

- La paroi délimite sans exception toutes les cellules fongiques.
- *C'est la zone de contact entre les champignons et le milieu extérieur.
- *Les nutriments sont absorbés à travers cette paroi.
- *Nécessaire à la vie du champignon. Elle représente 20 à 30 % du poids sec du mycélium. Elle a une taille qui varie en fonction de l'endroit : plus fine à l'extrémité.
- *Elle confère une rigidité et forme hyphe (**la chitine**)=> permet de rentrer en force. Certains champignons rentrent uniquement grâce à la force physique (cas des champignons phytopathogènes sans utiliser les enzymes lytiques).
- *Elle a un rôle de protection contre les variations de pression osmotique et permet le maintien d'une pression osmotique intra cellulaire stable ; contre les agents; contre les radiations solaires.

- Les deux polysaccharides assurent la protection des moisissures vis-à-vis des agressions du milieu extérieur (la chitine et les glucanes).
- La chitine joue un rôle dans la rigidité de la paroi cellulaire,
- les glycoprotéines jouent un rôle dans l'adhérence et les mannoprotéines forment une matrice autour de la paroi.

3.3. Réserves:

Les réserves chez les champignons sont sous forme de **glycogène** (comme dans les hépatocytes humains) (chez les plantes amidon) ou de gouttelettes lipidiques.

3.4. Vacuole:

La vacuole constitue un important stock enzymatique.

4. Modes de vie

D'un point de vue métabolique les champignons sont des chimiohétérotrophes, c.à.d qu'ils utilisent du carbone organique comme source d'énergie. L'hétérotrophie a imposé aux champignons plusieurs modes de vie:

On distingue **trois modes de vie** :

- 1) Certains sont **saprophytes** et se nourrissent de matières organiques mortes ; ce sont des détritivores qui dégradent des substrats très variés. Ils participent à l'élaboration de l'humus et des sols.
- 2) **Les parasites** s'accroissent aux dépens d'autres cellules vivantes. Ils causent des dégâts considérables notamment aux plantes cultivées. **Pathogènes**
- 3) Une dernière catégorie est **symbiotique**, c'est-à-dire qu'elle établit avec une autre espèce un équilibre à bénéfices réciproques.

De la nature de l'amidon

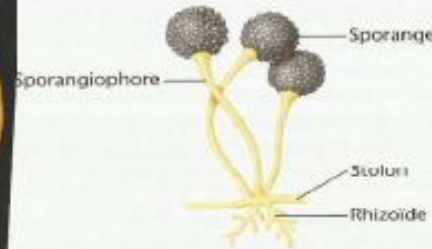
- **Champignons Saprophytes** : matière organique morte
 - champ. des milieux sucrés et amylacés (sacharomycètes, levures...)



Penicillium



Sacharomyces



**Moisissure
noire
du pain
(Rhizopus)**

**Fromage
Roquefort
avec présence
de Penicillium**



-champ. du sol (Zygomycètes, Ascomycètes, Basidiomycètes)



**Champignon
décomposant
du bois**

**-champ. coprophiles : excréments et fumiers (Mucorales, Ascomycètes
et Basidiomycètes comme les Coprins)**



• **Champignons parasites** : matière organique vivante

- peuvent être pathogènes dangereux pour l'homme, les animaux et surtout les plantes
- provoquent des maladies graves (mycoses) qui apparaissent surtout chez les plantes cultivées (monocultures)
- plusieurs types de mycoses : mildiou, ergot, charbon, caries, rouilles, fusarioses, cercosporiose, moniliose, candidoses, dermatophytoses (Ex : teignes, arthroderma)
- les mycoses représentent les maladies les plus fréquentes des végétaux (83 %)
- Parasites facultatifs : matière organique morte ou vivante
 - Ex : *Phytophthora infestans* (mildiou de la pomme de terre)

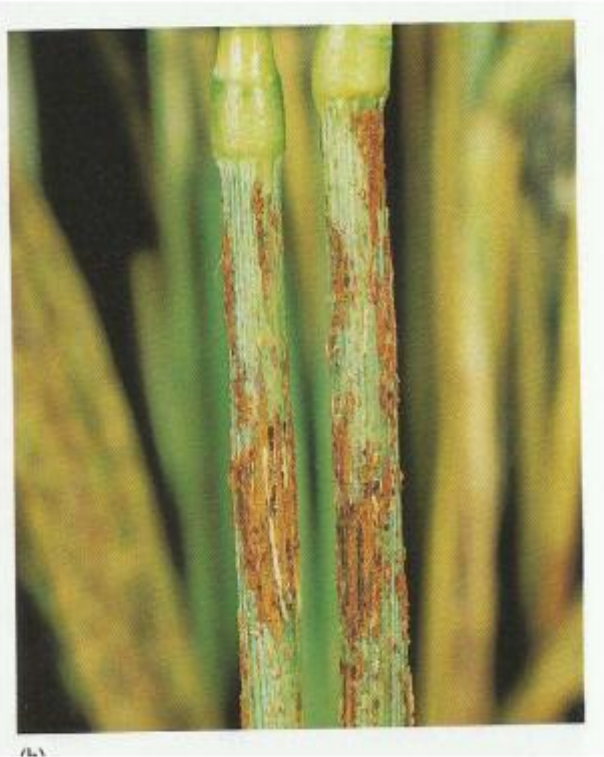
Zones
nécrosées
(Phytisme
de l'Erable)



Ergot du Seigle

-Parasites obligatoires : moins nombreux et plus spécifiques

- Ex : *Ustilago maydis* (charbon du maïs)
- Ex : *Puccinia graminis* (rouille du blé)



Ex: *Ustilago maydis* (charbon du maïs)

•Champignons symbiotiques :

- avec les insectes (coléoptères xylophages, Fourmis, termites..)
- avec les algues : formant les lichens



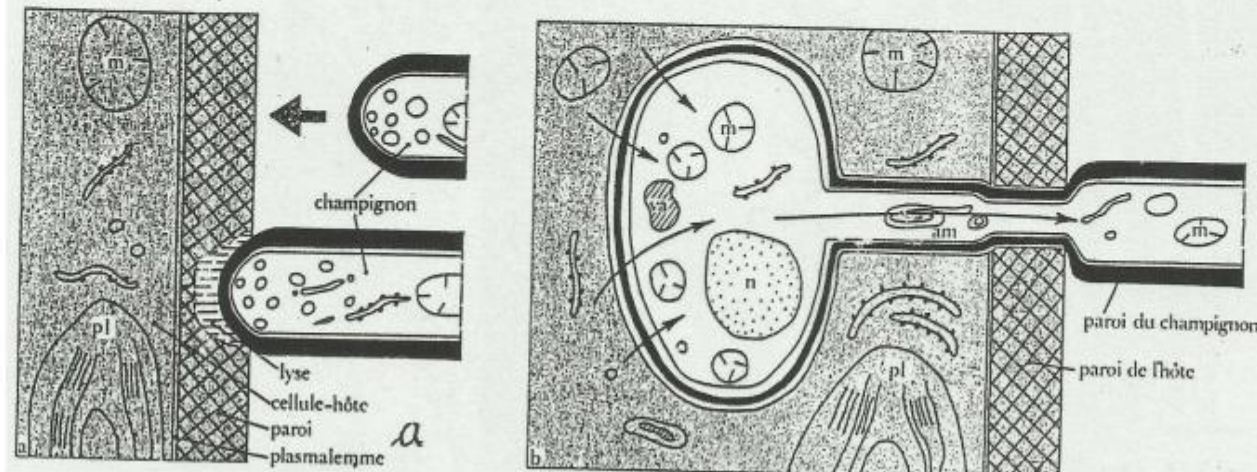
- avec les racines des plantes supérieures : formation de mycorhizes

- mycorhizes ectotrophes
- mycorhizes endotrophes
- avec les Orchidées : les graines ne germent pas en milieu aseptique (stérile)
- avec les arbres forestiers : le plus souvent des basidiomycètes (Bolets avec les Pins) parfois des ascomycètes (Truffe et le chêne)

5. Modes de nutrition

Absorbotrophes

- Mode de nutrition: par absorption des molécules organiques
- sécrétion d'enzymes et absorption des molécules simples surtout dans les extrémités en croissance
 - Fixation (rhizoïdes) et organes de succion chez parasites



Formation d'un suçoir intracellulaire

ce mécanisme chimique transforme par exemple les glucides en monomères (petites molécules) qui sont ainsi absorbés.

Concernant leur **mode de nutrition**, les champignons se nourrissent **par absorption**. Ils **dégradent la matière organique** à l'extérieur de leurs cellules grâce à leur **enzymes lytiques**. La matière dégradée, en ces composantes unitaires, est ensuite absorbée pour être utilisée par la cellule fongique. Ils peuvent également se nourrir par **phagocytose**.

Activer Windows
Accédez aux paramètres

. Les acides aminés peuvent pénétrer dans la cellule sans transformation, alors que des molécules complexes comme l'amidon, la cellulose ou les protéines nécessitent une digestion enzymatique préalable. Cette digestion s'effectue par production d'enzymes ou d'acides par les moisissures, permettant ainsi une altération du substrat.

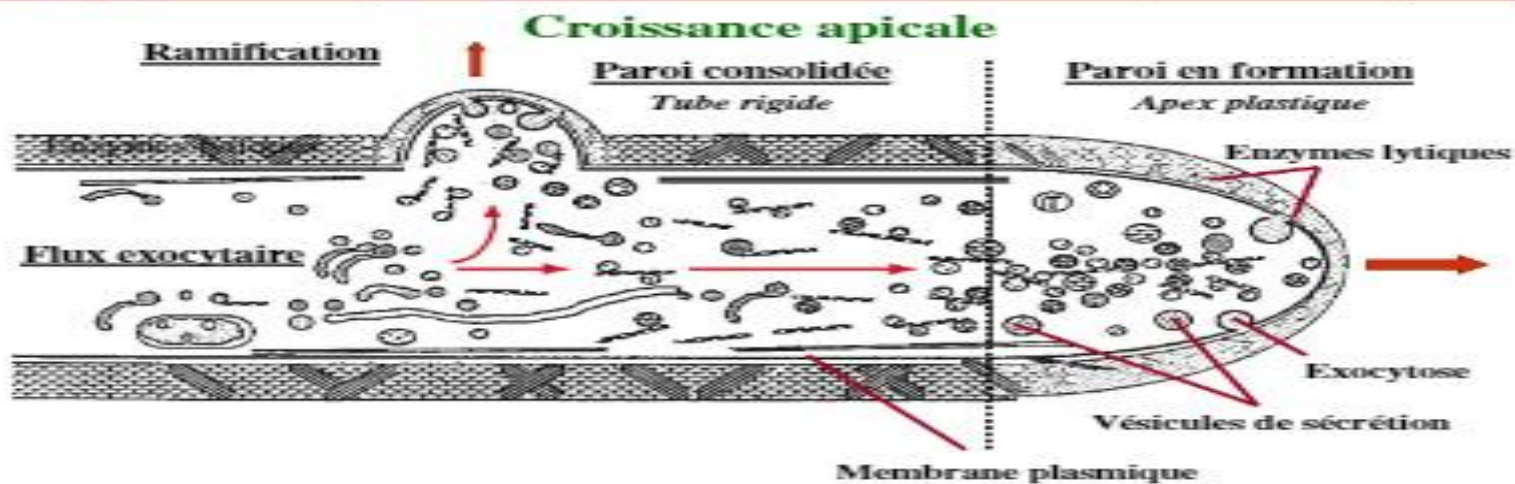
6. Mécanisme de croissance de l'hyphe

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.

Activer
Accédez

Croissance apicale des filaments mycéliens



Croissance apicale

• Élongation du filament

flux cytoplasmique orienté de vésicules sécrétrices

- Vésicules avec précurseurs de la paroi
- Exocytose : les précurseurs se déversent à l'extérieur

Intense activité métabolique de sécrétion

- Extension de la mb. plasmique et de la paroi
- Paroi + fine à l'extrémité du filament
- Formation d'un dôme apical qui se distend puis se rigidifie
- Pas de croissance en largeur, maintien du cytoplasme

} **Structure
« tubulaire »**

- **Ramification par** { dichotomie (apex)
ou
bourgeonnement (filaments latéraux)

Dichotomie : ramification, division en fourche de l'apex (sommet) d'une tige ou racine

7. Développement des moisissures

Développement des moisissures

Phase végétative

Correspond à

la phase de croissance:

l'appareil végétatif colonise le substrat par extension et ramification des hyphes

la phase de nutrition:

les hyphes absorbant à travers leur paroi, l'eau ainsi que les éléments nutritifs

Phase reproductive

Comprend

-la reproduction asexuée:, correspondant à la forme anamorphe, ou multiplication végétative

-la reproduction sexuée: