

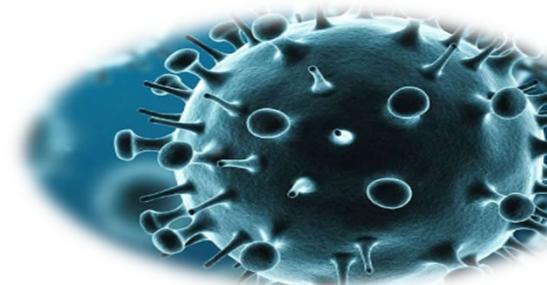
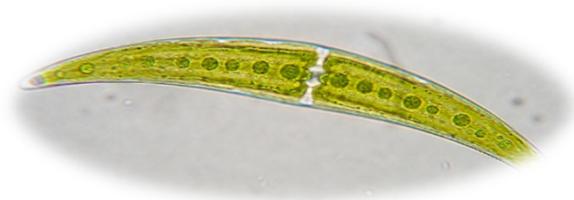
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie



COURS

" Mycologie-Algologie-Virologie "

" Troisième année Licence (L3) "



Année académique 2020-2021

Partie Mycologie

Croissance des champignons

NUTRITION

Les besoins en carbone

Les champignons sont des organismes hétérotrophes. Ils utilisent des matériels organiques comme source de carbone et d'énergie.



Le carbone constitue l'élément le plus abondant dans la cellule fongique. Il représente environ 50% de la cellule.



Carbone: source d'énergie contenue principalement les sucres simples (glucose, fructose, c.) ou les sucres complexes (amidon, cellulose, etc.)

Les besoins en Azote

Les champignons incorporent l'azote par hétérotrophisme

Ils ne peuvent assimiler l'azote gazeux mais peuvent utiliser le nitrate, l'ammonium et certains acides aminés par absorption directe à travers la membrane

Des sources complexes d'azote, comme les peptides et les protéines, ne sont pas utilisables par les hyphes qu'après leur dégradation par des protéases en acides aminés

Les Oligo-éléments

En plus de la source carbonée, de la source azotée et des facteurs de croissance, plusieurs sels minéraux comme KH_2PO_4 , MgSO_4 , et CaCl_2 et des concentrations moindres comme Mn, Fe, Zn, Cu, etc. Sont nécessaires à la croissance des champignons

Les facteurs de l'environnement

A la différence des substances nutritives qui sont toujours beaucoup plus abondantes que ne le nécessite le développement des moisissures, les facteurs physiques de l'environnement (humidité, température, oxygène ...) constituent un élément déterminant pour son initiation.

Parmi ceux-ci, le plus important est **l'humidité**

Tout le monde sait que les moisissures apparaissent après un accroissement accidentel de l'humidité.

En effet, la qualité d'eau disponible dans le substrat et l'ambiance environnante est très importante pour initier leur développement.

L'humidité relative minimum pour que commencent à se développer certaines moisissures peu nombreuses, dites xérophiles, est de 65-70% (Eurotium-Aspergillus).

Au fur et à mesure que l'humidité augmente, s'installent ensuite des moisissures différentes, de plus en plus nombreuses vers 80-90%.

•Température

La plupart des champignons, surtout les moisissures, sont **mésophiles** c'est à dire qu'ils se développent autour de 20- 25°C.

Cependant il peut y avoir des particularités pour certaines espèces et c'est ainsi que l'on définit des températures **cardinales** qui sont les températures minimales, optimales et maximales de croissance.

MÉSOPHILES

Maximum	< 50° C
Minimum	> 0° C
Optimum	15-30° C

THERMOPHILES

Maximum	50° C
Minimum	20° C
Optimum	35-40° C

THERMOTOLERANTS

Maximum	50° C
Minimum	> 0° C
Optimum	15-40° C

PSYCHROPHILES

Maximum	20° C
Minimum	< 0° C
Optimum	0-17° C

❖ Oxygène

- ❖ Les champignons sont des organismes aérobies.
- ❖ Cependant, certains tolèrent des quantités relativement faibles d'Oxygène et peuvent même se développer en anaérobiose avec production d'éthanol et d'acides organiques.
- ❖ Le métabolisme des champignons peut être modifié selon la teneur en oxygène environnemental; par exemple la production de mycotoxines (patuline et acide penicillique) décroît considérablement en conditions d'oxygénation faible

❖ pH

- ❖ Les champignons sont peu sensibles au pH du milieu. Ils se développent entre 4,5 et 8 avec un optimum entre 5,5 et 7,5.
- ❖ Certaines espèces (*Aspergillus niger*) peuvent se développer jusqu'à 1,7 et 2.
- ❖ Cette faculté de se développer en milieu acide permet de les séparer des bactéries pour l'isolement

Croissance apicale

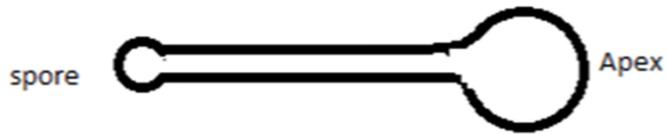
Elongation du filament

Flux cytoplasmique orienté de vésicules sécrétrices

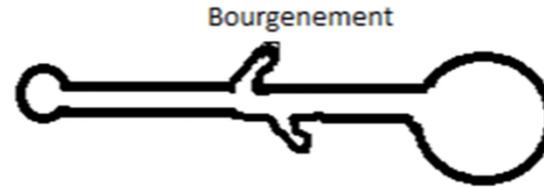
Vésicule avec précurseurs de la paroi

Exocytose: les précurseurs se déversent à l'extérieur

es champignons croient par leur apex (tête des champigr



Au temps 1



Au temps 2

arrière des apex et de manière plus ou moins ordonné
produisent des bourgeonnements à l'origine des
ifications

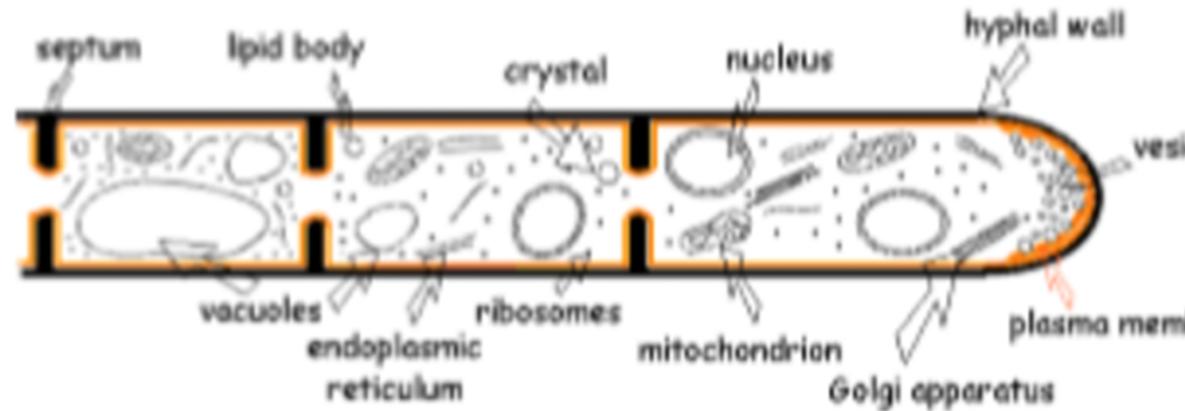
Les ramifications correspondent a de nouveaux axes à
issances linéaires

canisme de croissance de yphe

oissance généralement apicale

peux être structuellement et
nctionnellement très différents
reste de l'hyphe

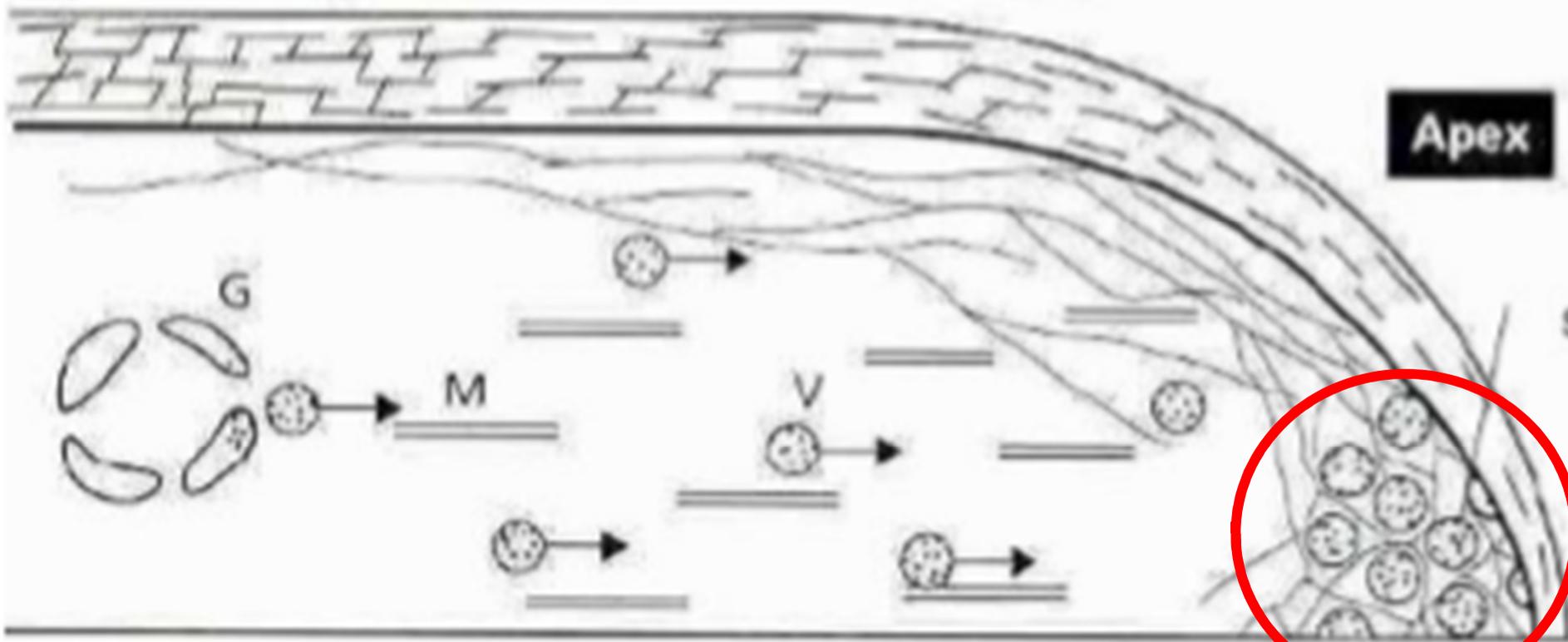
Cytoplasme plus dense
L'épaisseur de la paroi de l'apex
est moins importante
Accumulation de « APICAL
VESICULAR CLUSTERS »
(AVC) = vésicules qui jouent un
rôle essentiel dans la
croissance



Rôle des AVC

- Aussi appelé spitzenkörper
 - Si l'hyphe arrête croissance – AVC disparaissent
 - Si l'hyphe recroît – AVC réapparaissent
 - La position de l'AVC est liée à la direction de croissance
- Les vésicules contiennent:
 - Précurseurs de paroi (ex. N-acétylglucosamine, les sous-unités de la chitine)
 - Enzymes lytiques de paroi (ex. chitinase, glucanase) pour casser et séparer les composants de la paroi.
 - Enzymes de synthèse de la paroi (ex. chitin synthase, glucan synthase) pour assembler les nouveaux composants de la paroi et ainsi accroître la taille de la paroi.

Increasing wall cross-linking
decreasing actin cytoskeleton



Apex

spitzenkörper



Le nombre de ramifications produites dépend de l'intensité de l'alimentation (Plus il y'a de nutriments plus il y'a de croissance et de ramifications)

Exploitation des ressources



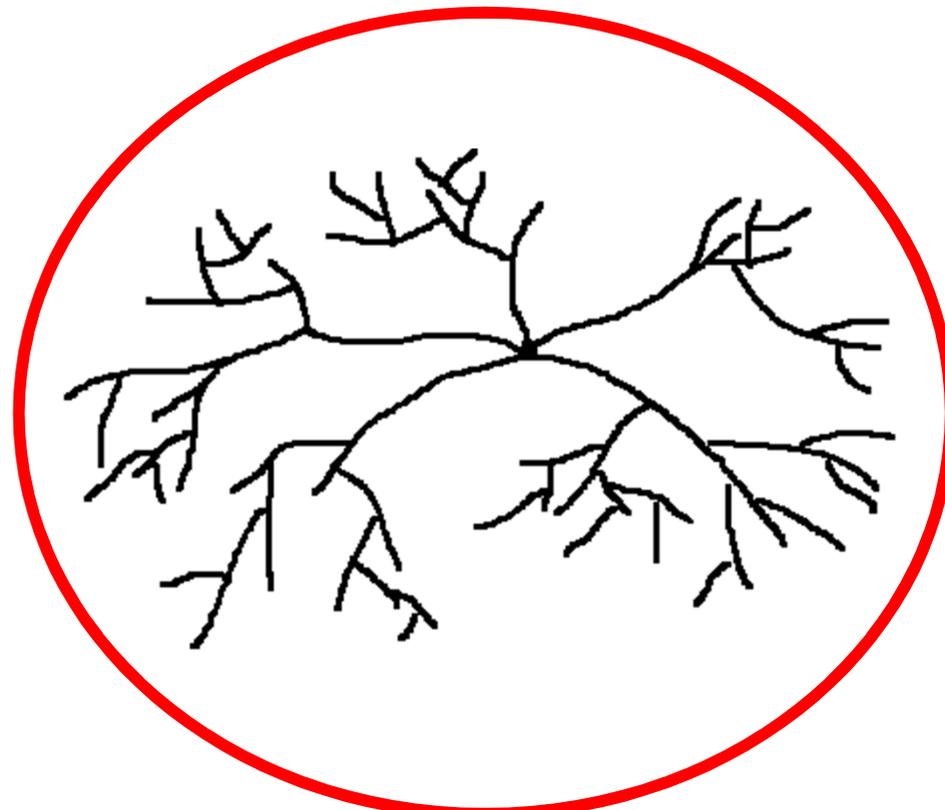
Il existe des échanges de nutriments entre les différentes parties du champignon

Anastomose : C'est quoi ?????

phénomène qui résulte de la multiplication des
segments néoformés et il assure les
interconnexions entre les hyphes.

cela permet le passage des nutriments voire
des organites. Ce phénomène permet le développement
asynchrone de l'ensemble du mycélium

Enfin à partir de la germination d'une spore, les
aments mycéliens divergent se ramifient et donne
issance à un organisme dont le **front de croissance**
t **circulaire** à cause de la vitesse de croissance
ntique des hyphes



Front de croissanc
circulaire

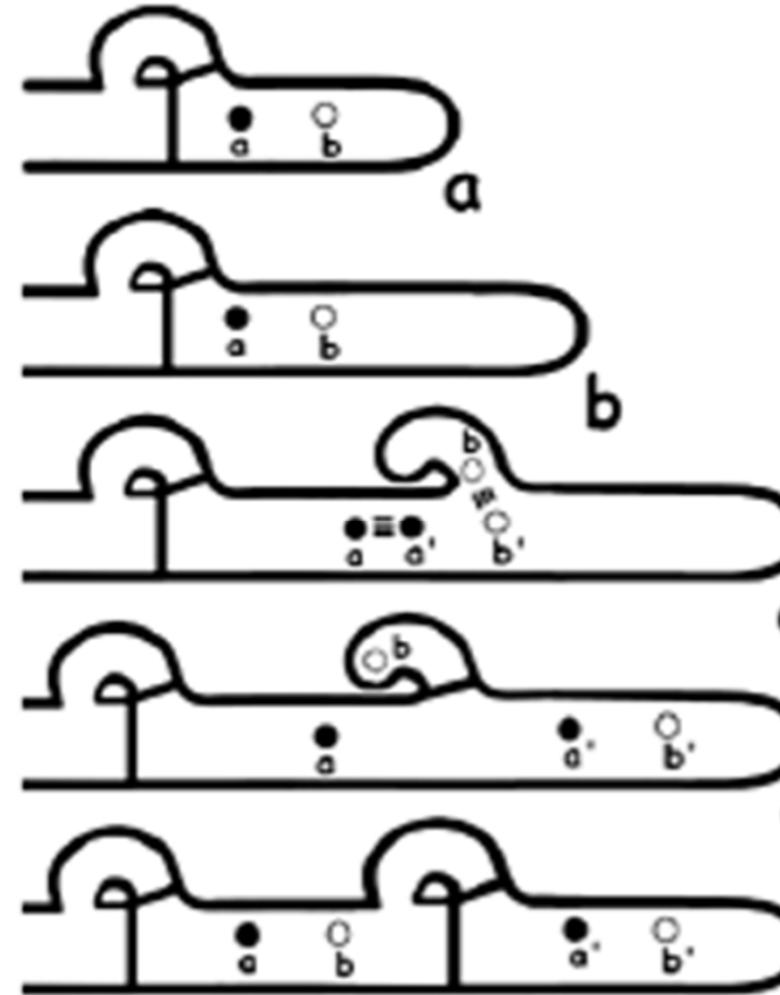
cellule terminale d'un hyphe avec croissance au niveau de l'apex

elongation de l'apex

division synchronisée des noyaux (mitose) et émission de clame qui formera le clamp. Un noyau migre dans cet hyphe.

formation d'un septum a la base du clamp et isolement de la cellule. Les noyaux a' et b' migrent vers l'apex tandis que a s'en va

le septum se forme à la base du clamp et forme ainsi une nouvelle cellule au niveau de l'apex de l'hyphe. Fusion du clamp dans la cellule derrière l'apex et libération du noyau b dans la cellule. Les deux cellules sont dès lors binucléées, une avec une paire de noyaux haploïdes (cellules haploïdiques)

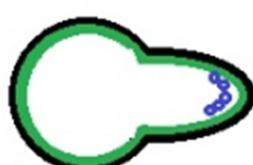




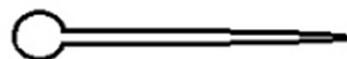
Spore fongique



Germination



Tube germinant



Élongation d'un hyphe



Formation d'autres hyphes
+ Ramification des hyphes
= Formation d'un mycélium

Intense activité métabolique de sécrétion

- Extension de la membrane 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)

croissance apicale (Apex)

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

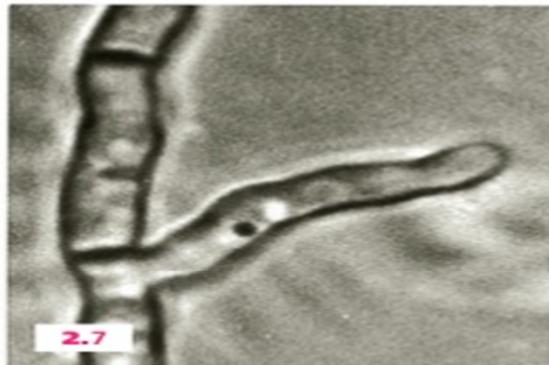
Pas de croissance en largeur (maintien du cytoplasme)

Croissance apicale des filaments

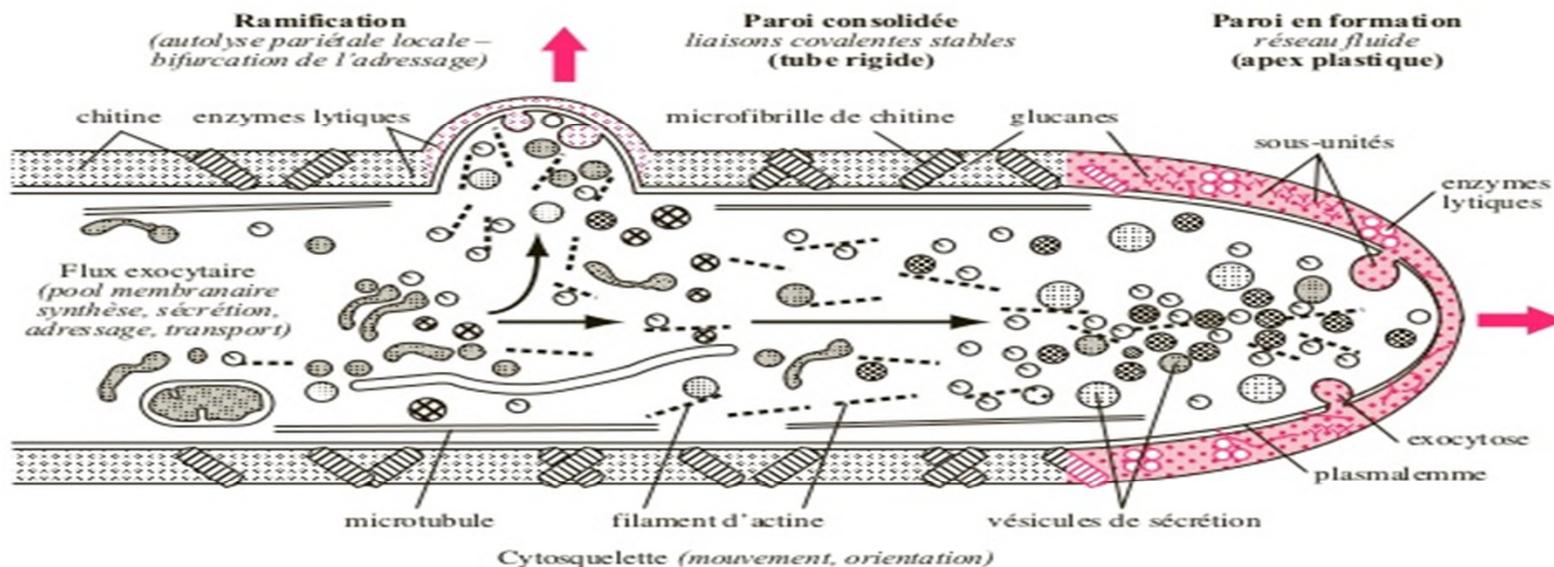
Les filaments des mycéliums s'accroissent par leurs extrémités. La croissance peut être relativement rapide et atteindre plusieurs millimètres à l'heure lorsque les conditions sont favorables.

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 hyphes (*Penicillium*).

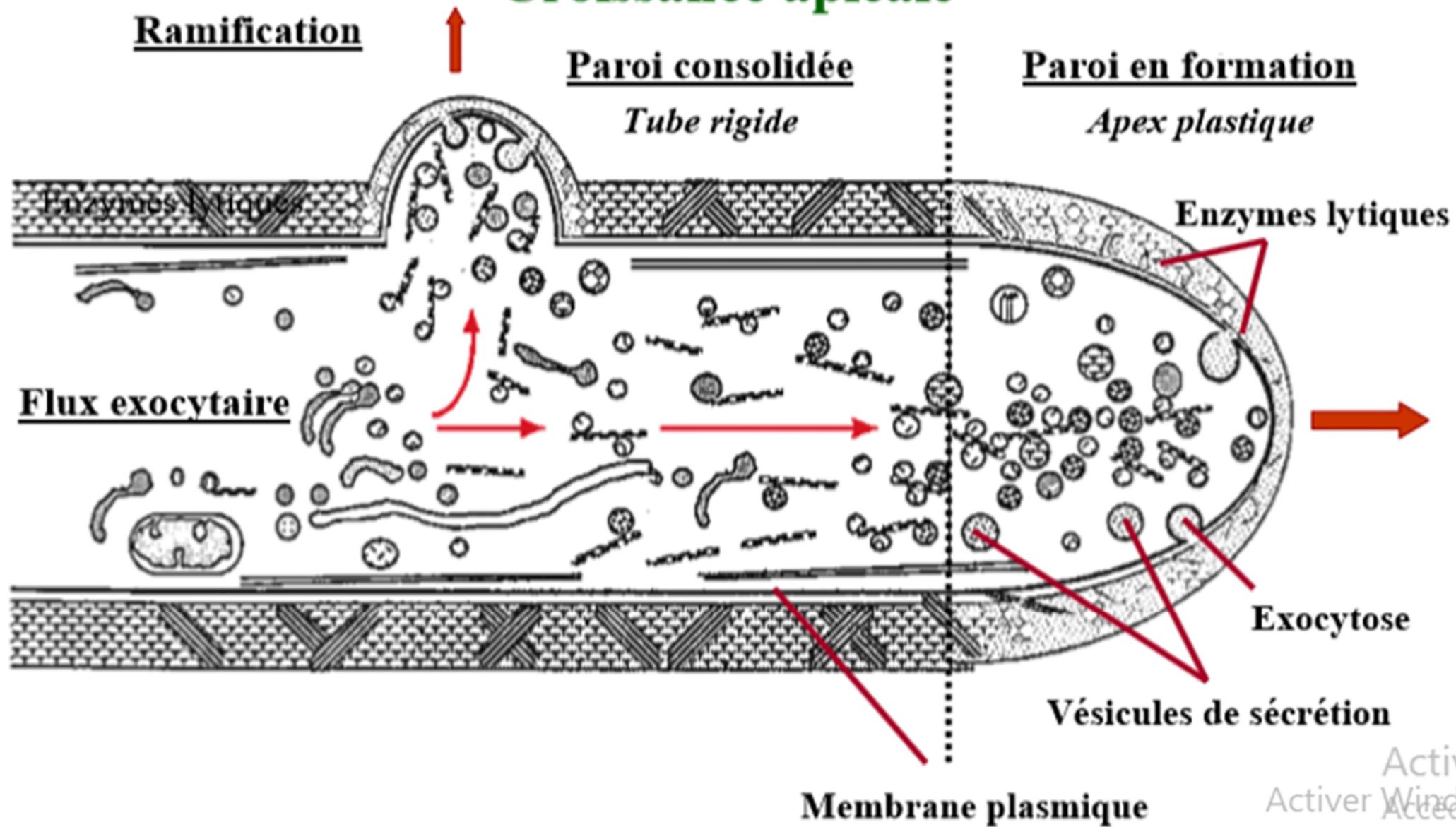


2-8. Flux apical.

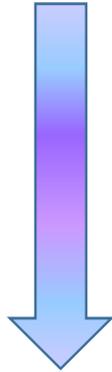
2-9. Ultrastructure de l'extrémité en croissance de filaments mycéliens. Coupes longitudinales. ►

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.

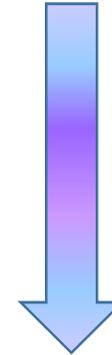
Croissance apicale



Paroi de l'apex des hyphes
Structure viscoélastique (apex)



**Extension de la
paroi**



**Dégradation et
Assimilation du substrat**

Structure viscoélastique (apex)

Micelles de chitine non encore associées en microfibrilles

β - glucanes : état de polyoses solubles (non polymérisés)

Ceci permet

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

La sortie d'enzymes hydrolysantes

B/ Ramification

En milieu riche :

Synthèse de nombreuses vésicules

Saturation des systèmes de transport vers l'apex

Accumulation des vésicules sur place

Ramifications (hydrolases)

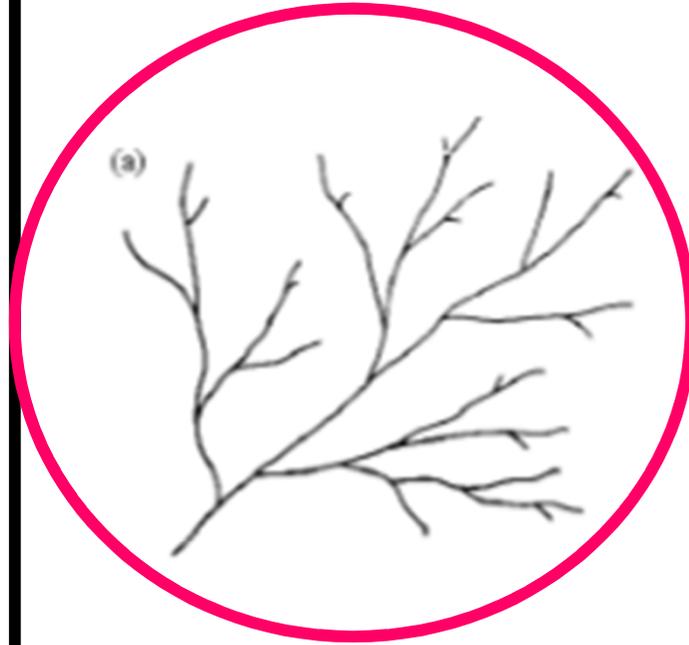
différentes formes de croissance hyphale

Les champignons présentent plusieurs formes de croissance

Chez la plupart des zygomycètes, chez les ascomycètes et les basidiomycètes, il y a formation d'un mycélium (a)

Chez les levures la croissance est réalisée via bourgeonnement (b) soit la fission (c)

Chez les chytridiomycètes la croissance s'effectue par rhizoïdes (d)

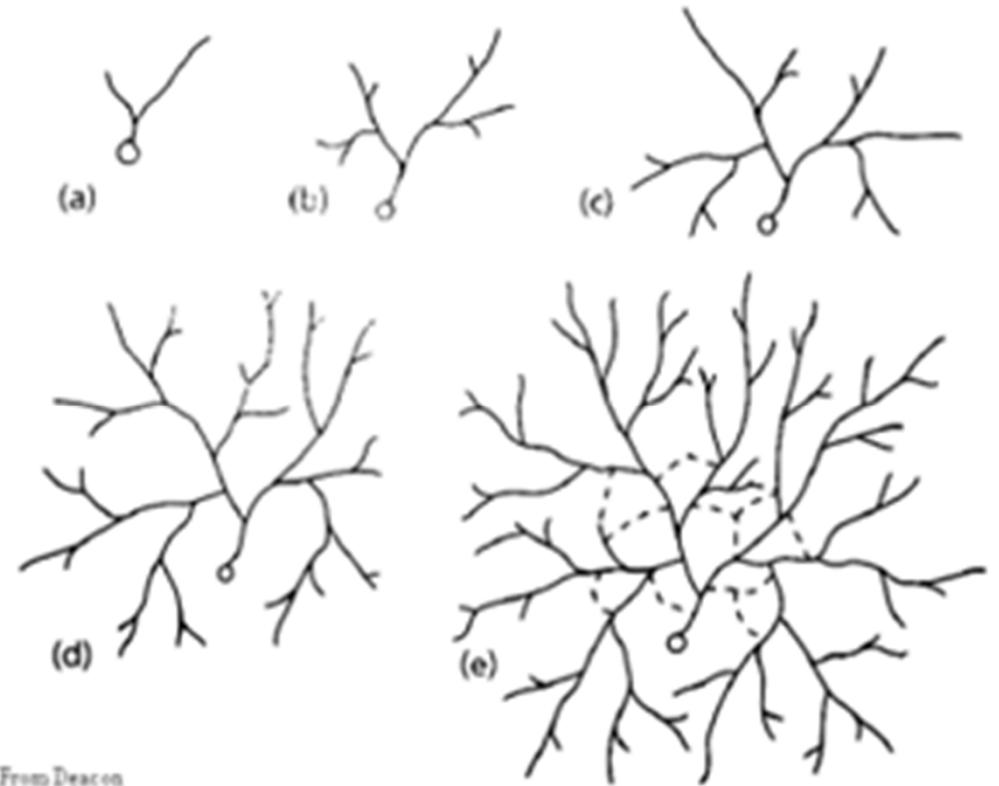


croissance chez les zygomycètes, Ascomycètes + Basidiomycètes

a) Germination d'une spore

b), (c), (d) Croissance apicale
+ ramification

(e) Formation d'anastomoses
+ création d'un large réseau
interconnecté d'hyphes

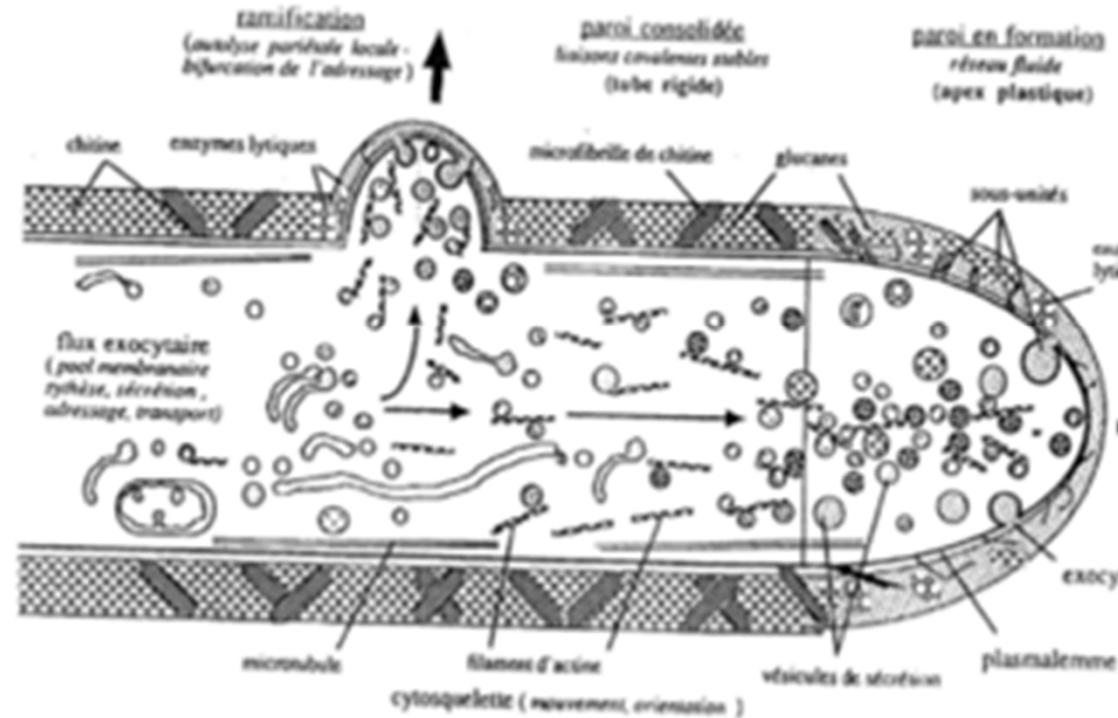


ramification des filaments

essaire pour colonisation et
sation optimale du substrat.

ramification apparait quand un
eau point de croissance est initié
la paroi latérale (accumulation de
ules)

arition de ramifications implique
ablement les enzymes lytiques
que la ramification apparait au
ers d'une paroi rigide et mature



Comment distinguer les Ascomycètes, Basidiomycètes et Zygomycètes sur la base des hyphes

asidiomycètes

septum est présent entre cellules avec présence de dolipores

scomycètes

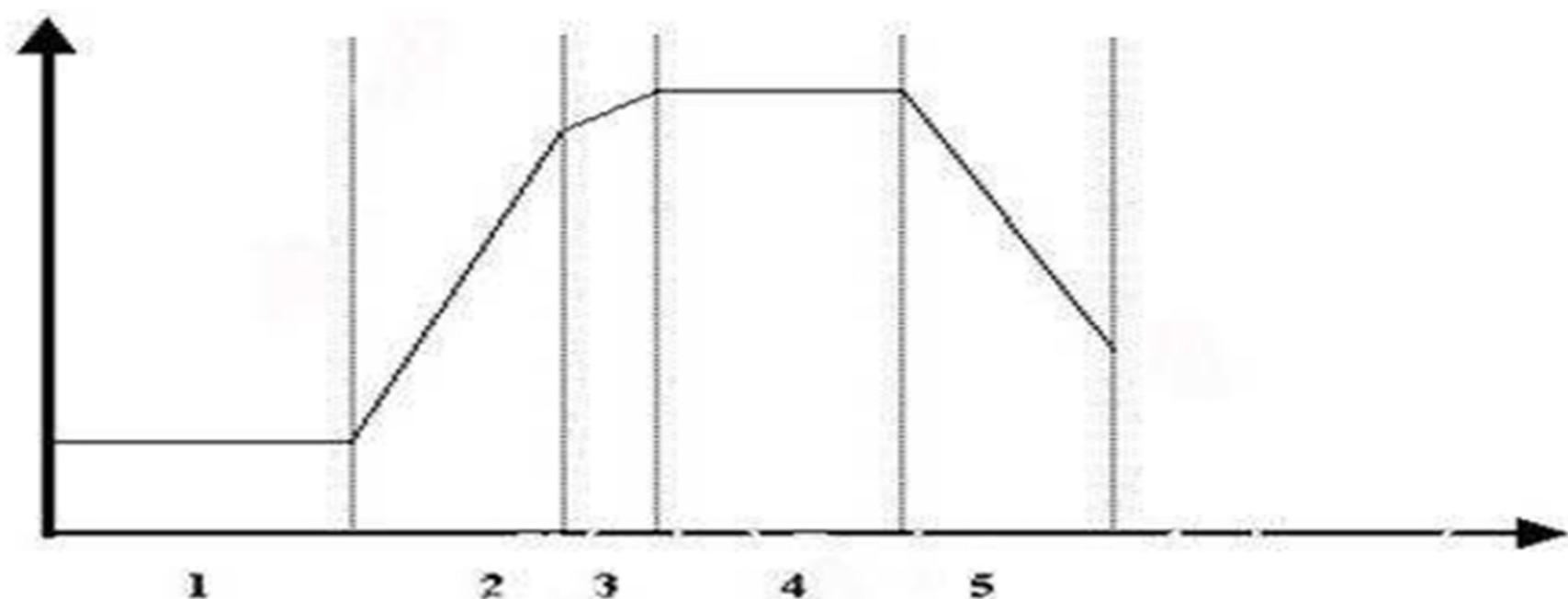
il y'a présence de grains de Woronin

ygomycètes

présence de multiples noyaux (plus de 2)

longs hyphes avec peu/ pas de septa, peu de ramifications, absence d'anastomoses, multiples noyaux : Probablement Zygomycètes.

Phases de croissance des moisissures



- 1 : phase de latence,
- 2 : phase de croissance exponentielle,
- 3 : phase de ralentissement,
- 4 : phase stationnaire,
- 5 : phase de déclin.

ses de croissance

phase de latence: le taux de croissance nul ($\mu = 0$). La durée de cette phase dépend de l'âge des champignons et de la composition du milieu. C'est le temps nécessaire pour synthétiser les enzymes adaptées au nouveau substrat

phase d'accélération: il se produit une augmentation de la vitesse de croissance

ses de croissance

phase exponentielle: le taux de croissance atteint un maximum ($\mu = \max$). Cette phase dure tant que la vitesse de croissance est constante. Le temps de doublement des champignons est le plus court. La masse cellulaire est représentée par des cellules viables (mortalité nulle)

phase de ralentissement: la vitesse de croissance diminue. Il y'a un épuisement du milieu de culture et une accumulation des déchets. Il existe un début d'autolyse des champignons

ses de croissance

Phase stationnaire: le taux de croissance devient nul ($\mu = 0$). Les champignons qui se multiplient compensent ceux qui meurent.

Phase de déclin: le taux de croissance est négatif ($\mu < 0$). Toutes les ressources nutritives sont épuisées. Il y a une accumulation de métabolites toxiques. Il se produit une diminution d'organismes viables et une lyse cellulaire sous l'action des enzymes protéolytiques endogènes. Cependant, il persiste une croissance par libération de substances libérées lors de lyse (croissance cryptique).

Croissance in vitro (milieux liquide et solide)

- ◆ **Les champignons peuvent être cultivées en milieux liquide, solide et semi-liquide. Les milieux liquides sont utilisés pour la culture de champignons pures.**
- ◆ **Les milieux solides ou semi-solides, à base d'agar, sont utilisés pour l'isolement des champignons.**
- ◆ **Dans ces milieux, ont été ajoutés des nutriments favorisant la croissance des champignons étudiées.**

Merci et à la
prochaine séance !