

3. Description générale

4. Les mycètes : des eucaryotes. Cellules ou organismes eucaryotes, pourvus de paroi, dépourvus de chloroplastes (donc chimiotrophes : organismes qui trouvent l'énergie nécessaire au développement de leurs cellules sans utiliser celle de la lumière – s'oppose aux phototrophes).

5. La paroi. Elle varie en fonction des stades de développement et des mycètes. Elle mesure de 150 à 230 nm et est composée :

- 10 à 20% de protéines
- 80% de polysaccharides antigéniques :
 - chitine
 - cellulose, des mannanes ou des glucanes
 - mélanine chez les champignons noirs

6. Moisissures et mycètes charnus.

La forme filamenteuse : Un hyphe correspond au filament d'un champignon filamenteux. Elle est faite de plusieurs cellules cloisonnées ou non. Les hyphes végétative et aérienne constituent ce qu'on appelle le mycélium. Chez les formes filamenteuses les hyphes peuvent être :

- *siphonnée* : les filaments ne présentent pas de cloisons, on les appelle des siphons.
- *cloisonnée* : les filaments sont cloisonnés transversalement en unités uni ou plurinucléés, on les appelle des hyphes.

7. Hyphes aériens et végétatifs d'*Aspergillus niger*

8. Les hyphes ont un cytoplasme continu.

9. Les levures.

La forme unicellulaire : formée d'une seule cellule dont la multiplication se fait par bourgeonnement ou par fission.

10. Les dimorphes. En fonction de paramètres environnementaux

11. Les champignons sur boîte de Petri

12. Cycle de vie et reproduction

13. Mode de vie. Mode de vie hétérotrophe des mycètes : organismes qui utilisent pour se nourrir les matières organiques constituant ou ayant constitué d'autres organismes (nota bene, l'autotrophie est la production, par un organisme vivant, de toute la matière organique nécessaire par réduction de matière minérale => végétaux chlorophylliens, les cyanobactéries et les bactéries sulfureuses par exemple).

L'hétérotrophie a imposé aux champignons plusieurs modes de vie :

Saprotrophes : Se nourrissent de matières organiques mortes (les arbres morts, les débris végétaux, les cadavres d'animaux et les excréments). Ce sont des détritivores qui dégradent toutes sortes de substrats et jouent un rôle essentiel dans la nature, notamment dans l'élaboration de l'humus et des sols.

Parasites : S'accroissent aux dépens d'autres cellules vivantes. Ils sont pathogènes et peuvent causer des dégâts considérables notamment aux plantes cultivées.

Mutualistes (lichens) : Ils établissent avec d'autres êtres vivants un équilibre à bénéfices réciproques. Les champignons vivent en symbiose mutualiste avec : des algues, avec lesquelles ils forment les lichens ou des racines ou radicelles de diverses plantes supérieures avec lesquelles les mycorhizes.

14. La multiplication asexuée et dissémination par les spores.

Les spores présentent des caractéristiques remarquables de résistance et de volatilité : elles peuvent survivre pendant plusieurs milliers d'années, même dans des conditions défavorables, et permettre ainsi la dispersion de l'espèce, parfois à une grande distance de son point d'origine, ou longtemps après la disparition du « parent ».

Les mycètes ont la capacité de se reproduire soit d'une façon asexuée (par mitose => mitospores) et/ou sexuée (méiose => méiospores).

15. Les spores sexuées.

La reproduction sexuée est un moyen employé pour augmenter la variabilité génétique des espèces. Face aux changements environnementaux, les espèces avec la plus grande variabilité génétique possèdent la meilleure chance de survie.

Plasmogamie. La reproduction sexuée est initiée par le contact de deux cellules compatibles dont la rencontre donne lieu à une plasmogamie : processus de fusion de la membrane plasmique, du cytoplasme et de son contenu — sauf les noyaux — ce qui mène à la formation d'une cellule à deux noyaux haploïdes (n+n) appelée dicaryon.

Caryogamie. La caryogamie est la fusion des noyaux haploïdes du mycélium dicaryotique provenant de la plasmogamie. L'union des noyaux forme une cellule diploïde (2n) qui correspond à un zygote. Après réplication et méiose, des spores sexuées ou méiospores (avec brassage génétique) sont formées puis disséminées.

16-17. Alternance de cycle asexué et sexué, exemple du cycle des ascomycètes (comme *Aspergillus*).

Multiplication asexuée. La multiplication asexuée est prédominante chez les Ascomycètes. Elle est responsable de l'expansion rapide de ces champignons. Elle est réalisée par des conidiospores. Les cellules conidiogènes sont généralement groupées à l'extrémité de pédoncules ou conidiophores, ce qui facilite la dispersion des conidies par le vent, l'eau ou des animaux.

Multiplication sexuée. La reproduction sexuée des Ascomycètes fait intervenir une structure caractéristique, les asques. À l'intérieur de ces asques, les spores sexuées sont produites à la suite d'une méiose. On les appelle les ascospores, pour les différencier des conidiospores asexués.

18. Les mycètes, utiles à l'humain

19. Environnement et alimentation. Pour en savoir plus

Les fromages sont des produits complexes nécessitant de nombreux microorganismes dont des mycètes (*P. camembertii*, *P. roquefortii*...)

Charcuterie. Les moisissures interviennent soit comme contaminants soit pour donner en charcuterie l'aspect blanc extérieur du saucisson. Des bactéries lactiques sont aussi utilisées.

Préparation culinaires directes. Les champignons peuvent faire partie des repas (champignons de Paris, cèpes...) ou intervenir dans l'arôme des mets (truffes). Ils interviennent dans des préparations comme la choucroute (levures).

Additifs alimentaires. Des molécules sont souvent ajoutées à des aliments pour faciliter la préparation, améliorer la présentation, améliorer les qualités organoleptiques ou faciliter la conservation. Ces additifs peuvent être chimiques mais sont souvent apportés par des champignons :

– des acides organiques comme l'acide citrique (*Aspergillus niger*, *P. citrinum*)

– des enzymes utilisées dans la préparation du pain (hydrolyse de l'amidon par amylases d'*Aspergillus*), la coagulation du lait (pseudoprésures de Mucorales), la clarification des jus de fruits (pectinases d'*Aspergillus*), l'hydrolyse du lactose (lactase d'*Aspergillus*), antioxydant comme la glucose oxydase comme additif des mayonnaises et des oeufs en poudre (*Aspergillus niger*), ...

Fermentation pour le pain, vin bière. La synthèse de l'éthanol biologique est essentiellement le fruit de l'action des levures (*Saccharomyces*). Les vins de grande qualité subissent l'action successive de plusieurs levures provenant de l'environnement de vinification (grain de raisin, fabrication du matériel utilisé, cave...). La fermentation éthanolique est utilisée aussi en panification pour la levée de la pâte grâce au dioxyde de carbone, l'éthanol s'évapore à la cuisson.

20. Biotechnologies

21. La levure comme modèle de recherche. Pour en savoir plus. La levure comme outil de recherche. Grâce à la possibilité de faire rapidement pousser des colonies de levure, l'accès aux techniques de biologie moléculaire, et la combinaison avec la génétique classique font de la levure un outil idéal pour étudier des processus de base des cellules eucaryotes.

22. Les champignons pas si différente de nous... d'un point de vue phylogénétique.

23. Les mycètes, aussi néfastes pour les humains.

24. Les mycètes, aussi néfastes pour les humains. Cause principale des maladies des végétaux (oïdium, rouille, ergot...). Les champignons interviennent dans la pathologie humaine de deux façons :

– des intoxications : alimentaires liées à certains champignons toxiques (Amanites) ou production de toxines (aflatoxines cancérogènes d'*Aspergillus*).

– des infections appelées mycoses : la plupart sont opportunistes.

25. L'aflatoxine, une mycotoxine. Les champignons peuvent aussi produire des toxines ou des substances cancérogènes. En Europe, les intoxications aiguës dues aux aflatoxines ne sont jamais observées.

Pour en savoir plus. La voie d'exposition aux aflatoxines est leur absorption au niveau intestinal après ingestion de denrées alimentaires contaminées. De très nombreux produits alimentaires peuvent en contenir, en quantité parfois importante : graines d'arachides, maïs, blé, céréales diverses, amandes, noisettes, noix, pistaches, figues, dattes, cacao, café, manioc, soja, riz etc. Les lésions sont essentiellement hépatiques et évoluent à long terme en hépatome ou carcinome.

26. L'ergot du seigle. Pour en savoir plus. L'ergot du seigle est un champignon du groupe des ascomycètes, parasite du seigle et d'autres céréales. Il contient des alcaloïdes responsables de l'ergotisme, en particulier l'acide lysergique dont est dérivé le LSD. En médecine, les dérivés de l'ergot de seigle sont des molécules utilisées en particulier dans le traitement des crises de migraine.

27. Le Muguet : *Candida albicans*. *Candida albicans* est un organisme vivant à l'état naturel dans les muqueuses de l'être humain. On le retrouve dans le tube digestif de 70% des adultes sains, et il n'entraîne habituellement aucune maladie ou symptôme en particulier. Ce champignon pathogène provoque des infections fongiques (candidiase ou candidose) essentiellement au niveau des muqueuses digestive et gynécologique. Les candidoses sont une cause importante de mortalité chez les patients immunodéprimés comme les patients atteints du sida, les patients cancéreux sous chimiothérapie ou après transplantation de moelle osseuse. *C. albicans* est pathogène opportuniste qui peut également donner une multitude d'autres infections : infection superficielle cutanée, bronchopneumonie, pneumonie, une vaginite ou infections profondes.

28. *Candida albicans* est dimorphe. Le dimorphisme correspond à la transition de la forme levure à la forme hyphale, dont les cellules filles restent liées les unes aux autres par des septa et dont la croissance est apicale. Cette transition morphologique réversible de forme levure à forme champignon peut être induite par un grand nombre de stimuli : le pH, la température, la composition du milieu...

29. *Aspergillus*. Les *Aspergillus* sont des champignons filamenteux, de type moisissure, dont la colonie se présente sous forme duveteuse. Ils se développent sur la matière organique en décomposition, dans le sol, le compost, les denrées alimentaires, les céréales. Ils sont présents dans l'environnement humain, notamment dans les plantes, les fruits, la poussière, l'air. On trouve de 1 à 20 spores par mètre cube. Nous inhalons entre 10 et 30 spores par jour. Champignons pathogènes, ils sont responsables des aspergilloses. Les aspergilloses concernent principalement les personnes immunodéprimées et font alors des infections opportunistes souvent graves.

30. Les traitements

31. Question Pingo

32. Les traitements. Les antifongiques interfèrent avec le fonctionnement des cellules fongiques, organismes unicellulaires ou filamenteux. En fonction de leur cible cellulaire, ils seront :

- Fongicides ou fongistatiques, selon qu'ils provoquent la lyse cellulaire ou inhibent la prolifération cellulaire.
- Plus ou moins spécifiques des cellules fongiques, selon que le constituant avec lequel ils interfèrent existe ou non dans les cellules humaines.

Les cibles :

- Altération de la membrane plasmique ou mitochondriale : interaction directe avec l'ergostérol membranaire ou inhibition de la synthèse de l'ergostérol membranaire
- Altération du cycle cellulaire : inhibition synthèse d'ARN et d'ADN fongique
- Altération de la paroi fongique par inhibition de la synthèse de la paroi

33. Question Pingo

34. Comme pour les antibiotiques, l'utilisation plus raisonnée des antifongiques est cruciale pour leur utilité en clinique. Certains antifongiques, en particulier les azolés, sont utilisés à la fois comme fongicides pour protéger les cultures et comme antifongiques en médecine humaine. Les traces de ces produits se retrouvent dans les sols ou dans les composts favorisant la sélection de champignons résistants dans l'environnement. Ensuite, ces champignons dispersent leurs spores et peuvent coloniser les êtres humains. En 2017, des prélèvements d'échantillons de sol dans l'Arc lémanique ont été effectués ; 10% d'entre eux contenaient des champignons de l'espèce *Aspergillus fumigatus* résistants aux azolés, alors que lors d'une précédente étude, réalisée en 2000, il n'y en avait aucun. Cela est dû au fait que l'agriculture utilise beaucoup plus d'azolés qu'auparavant. Les mêmes signatures génétiques de ces microorganismes résistants extraits des sols sont malheureusement retrouvées dans ceux qui infectent des patients.