

Les Champignons

C'est une espèce immobile qui a longtemps été classée chez les végétaux mais qui a des similitudes avec les animaux (mode de vie, paroi cellulaire en chitine).

Maintenant, les champignons ont un règne propre : les Fungi. C'est un vaste ensemble d'organismes eucaryotes (300.000 espèces connues) mais on estime la totalité à 1,5 millions d'espèces.

Ils sont souvent sous forme filamenteuse pluricellulaire. On y trouve tous les modes de nutrition (saprophytes, parasites, symbiotes mutualistes). Il y a beaucoup de variations de structures et de fécondations. Ce sont des organismes hétérotrophes pour le carbone : ils dépendent de molécules préformées, pour croître et se reproduire. Ils sont dépourvus de chlorophylle et ne peuvent donc pas réaliser la photosynthèse. Ils sont capables de dégrader des molécules complexes pour obtenir l'énergie et le carbone nécessaire. Ils ont une importance économique dans : l'agro-alimentaire (alcool, pain, fromage, carpophores), la pharmacologie (les antibiotiques. Ils sont responsables de maladies chez les plantes (mildiou...). Ils peuvent détruire des charpentes en bois (mérules...), sont parfois toxiques et peuvent entraîner des mycoses.

Ils sont un maillon essentiel des écosystèmes (décomposition de la matière organique, recyclage des éléments, constitution de réseaux trophiques). Ils favorisent ou limitent la dispersion de leur hôte quand ils sont parasites. On les trouve en milieux aquatiques, mais surtout terrestres.

II\ L'appareil végétatif : Cycle de

vie.

En germant, les spores forment des hyphes (tubes de petit diamètre, entre 5 et 10 μm) qui se ramifient et donnent un réseau complexe de filaments : le mycélium. C'est un organisme modulaire dont l'unité de base est l'hyphe. La construction du mycélium se fait par répétition de cet hyphe. Les filaments sont cloisonnés ou non. Quand les filaments sont cloisonnés, ils donnent un mycélium siphonné (coenocytique). Il y a formation d'une cloison entre le gamétophyte (ou le sporocyste) et le reste du thalle. Quand les filaments ne sont pas cloisonnés, il y a des parois entre cellules (ou articles (avec plusieurs noyaux)). Ce sont ces formations qui donnent la rigidité du thalle mais le flux cytoplasmique est toujours possible.

Parfois, on a des regroupements de filaments qui forment des amas (c'est le blanc des champignons) ou des tissus blancs (les plectenchymes). Les thalles sont parfois très ramifiés. Parfois, les champignons alternent leurs formes : filamenteuse puis unicellulaire et inversement. Parfois, les thalles constituent un plasmode (masse de cytoplasme multinucléé), sans paroi squelettique (exemple : la hernie du chou avec *Plasmodiophora brassicae*).

III\ Variétés des modalités de reproduction.

Les champignons sont capables d'assurer leur dispersion vers de nouveaux habitats et de s'y installer tout en étant plus ou moins en contact avec le substrat d'origine, car ceux-ci sont non-mobiles. Ils se dispersent vers de nouveaux habitats grâce à une extrême diversité de modalités de reproduction et un grand pouvoir de dissémination et de multiplication.

Les spores sont de très petite taille. Leur transport est

passif et a lieu sur de grandes distances grâce au vent et à l'eau. Leur dispersion est aussi possible grâce aux insectes par la production de spores enveloppées de sécrétions sucrées ou odoriférantes (exemple avec *Phallus impudicus*).

A\ La reproduction végétative (multiplication asexuée).

C'est la production de nouveaux individus, identiques à l'organisme qui les a produit. La genèse des spores se fait selon différents mécanismes :

- Fragmentation de l'hyphe : formation d'arthrospores.
- Formations de bourgeonnements en chaînes : ce sont les blastospores.
- A l'intérieur de sporocystes
- Par des cellules spécialisées : les philiades.

La formation de spores exogènes (conodies), est caractéristique des ascomycètes, basidiomycètes et deutéromycètes.

B\ La reproduction sexuée.

Elle implique la fusion de cellules haploïdes produites par des organismes d'une même espèce mais de caractères génétiques différents. L'œuf (ou zygote) possède un double jeu de chromosomes : il est diploïde.

Il y a un double brassage génétique : les cellules qui fusionnent ont une composition génétique différente. Au cours de la réduction chromatique, il peut y avoir échange d'ADN entre les chromosomes homologues à ces nouvelles entités sont différentes des types parentaux et sont donc génétiquement uniques.

La fécondation se déroule selon diverses modalités, elles sont différentes d'un groupe à l'autre et entre deux espèces. S'il y a fusion entre gamètes mâles et femelles bien différenciés : c'est la gamétogamie. S'il y a fusion de gamétocystes (sans

gamètes) : c'est une cystogamie. Chez certains champignons, il y a fécondation entre deux cellules sans différenciation particulières : c'est la somatogamie.

IV\ Embranchement des champignons : classification.

La classification est basée sur la composition des parois, sur la structure des filaments et des organes reproducteurs. Les groupes sont hétérogènes, les ancêtres sont différents mais pas le mode de vie.

A\ Les Myxomycètes (500.000 espèces).

Ils sont beaucoup plus proches des protozoaires que des autres champignons. Leur mode de vie et leur organisation sont plus plutôt protozoaires et leurs modalités de reproduction sont proches de celles des autres champignons.

1\ L'appareil végétatif.

C'est un plasmode : une masse de cytoplasme unique et visqueux pourvu de nombreux noyaux et sans paroi squelettique. Leur mobilité est de type amiboïde. Ils font quelques centimètres d'épaisseur.

Leur organisation est coenocytique.

2\ L'appareil reproducteur.

Sa mise en place s'accompagne de la mise en place de cloisons.

B\ Les oomycètes.

Ce sont des cellules mobiles avec deux flagelles, à paroi cellulosique. Les filaments siphonnés sont coenocytiques. Leur habitat est aquatique, mais un groupe, les péronosporales, s'est adapté à la vie terrestre en devenant parasites de plantes.

1\ Cycle de *Plasmopara viticola*.

C'est un parasite de la vigne qui se trouve sur les feuilles et les grappes. Dans les tissus de la vigne, ils développent un mycélium diploïde qui envoie des suçoirs dans les cellules hôtes. Ce parasitage rend les feuilles jaunâtres.

a\ La multiplication asexuée.

Quand le temps est humide, le mycélium de la face inférieure de la feuille fait sortir des filaments par les stomates. A l'extérieur, les ramifications sont perpendiculaires aux filaments : ce sont les stérigmates. A l'extérieur, ces derniers se développent en sporocystes. Il y a séparation des filaments par un cloisonnement, ce qui fait tomber les sporocystes et leur permet d'être disséminés. Ils se déposent sur les organes verts de la vigne. S'ils tombent dans l'eau, ils donnent des zoospores qui vont donner des filaments à 2N qui se répandent grâce à plusieurs multiplications en une saison.

b\ La reproduction sexuée.

A la fin du cycle de végétation, dans les tissus hôtes, apparaissent les organes sexués (gamétocystes) où s'effectue la méiose. Dans les gamétocystes mâles, il n'y a pas d'individualisation. Dans les gamétocystes femelles, l'oocyste se scinde en deux zones : le périplasme (la zone externe) et l'ooplasm (la zone interne).

Le gamétocyste mâle va s'accoler au gamétocyste femelle : formation d'un tube copulateur qui est utilisé par un noyau mâle pour aller dans l'oocyste. Il y a cystogamie avec siphonogamie.

Quand l'ooplasm est fécondé, il y a apparition du zygote avec une paroi épaisse qui assure la conservation de l'espèce pendant l'hiver. Au printemps, les zygotes germent en émettant des filaments, au bout desquels on trouve les sporocystes qui

libèrent leurs spores biflagellées à 2N. Ce sont ces spores qui sont à l'origine de la nouvelle contamination.

Le cycle est diplophasique. L'espèce est monoïque. La fécondation est une cystogamie avec siphonogamie. La multiplication asexuée se fait par des spores à 2N.

2\ Le polyplanétisme avec *Achlya ambisexualis*.

Cette espèce est dioïque avec des thalles diploïdes. La multiplication asexuée se réalise avec des filaments dont l'extrémité se renfle pour donner les sporocystes qui vont se séparer du reste du mycélium par une cloison. Ils vont donner des zoospores biflagellées qui s'enkystent immédiatement. Ces spores vont redonner des zoospores flagellées (flagelles latéraux antérieures). Plusieurs enkystement sont possibles : c'est le polyplanétisme.

C\ Les chytridiomycètes.

Ces champignons représentent à peu près 1000 espèces. Leur caractéristique distinctive est que leurs cellules sont monoflagellées pendant une courte durée du cycle.

Le thalle : il est non-cloisonné (coenocytique). Souvent, la caryogamie succède à la plasmogamie. Ils sont considérés comme de vrais mycètes car leurs parois contiennent de la chitine et des sucres de réserves (le glycogène). C'est le groupe qui a du donner naissance aux groupes plus évolués. L'habitat est souvent aquatique.

Les zoospores se fixent souvent sur des diatomées par leur «ceinture » et se transforment en une cellule qui donnera un sporocyste.

Ceinture

Par moments, les zoospores donnent des gamètes mâles et femelles qui se fixent sur les diatomées en donnant des gamétocystes mâles et femelles. Les gamètes mâles passent dans

les gamètes femelles par cystogamie avec siphonogamie. Le zygote formé est à $2N$ et après avoir subi la méiose, il donne des zoospores à N qui se fixent à leur tour sur la diatomée

D\ Les zygomycètes, avec le cas de *Mucor mucedo*.

Dans cette espèce, il y a absence de cellules mobiles. Le thalle est siphonné et coenocytique, et présente une zygospore à $2N$ à paroi très résistante (conservation). Cette zygospore résulte de la fusion de deux gamétocystes compatibles sexuellement : c'est une fécondation par cystogamie.

La multiplication végétative est réalisée par les spores produites à l'intérieur de sporocystes pédicellés. Parfois, la multiplication végétative se réalise par fragmentation du thalle.

L'habitat de *Mucor mucedo* est terrestre. C'est la moisissure du pain.

1\ La multiplication asexuée.

Sur le mycélium, se dressent des filaments au bout desquels se trouve une petite boule noire : ces boules sont les sporocystes qui sont supportés par un sporocystophore qui se prolonge dans le sporocyste par une columelle. Le contenu du sporocyste se fragmente en un grand nombre de spores (sans flagelle) qui germent en redonnant un mycélium haploïde.

2\ La reproduction sexuée.

Les gamétocystes se forment à partir d'un mycélium haploïde. Ils s'individualisent à l'extrémité de ramifications qui se renflent. Ils se séparent du filament porteur (ou suspenseur) par un cloisonnement. Les gamétocystes sont attirés l'un par l'autre et fusionnent en donnant un zygote. Il faut toutefois que ces gamétocystes soient compatibles (hétérothallisme). L'œuf s'entoure d'une membrane épaisse et est formé de plusieurs noyaux. Dans un premier temps, les noyaux se

multiplient puis fusionnent (+ par -). Ceux qui ne fusionnent pas dégènèrent. Ici, tous les diploïdes dégènèrent sauf un qui subit la méiose et donne quatre cellules haploïdes (deux + et deux -) dont seulement deux survivent et redonneront un nouveau thalle.

Le cycle est haplophasique, hétérothallique. La fécondation est une cystogamie et la multiplication asexuée se fait par spores non flagellées.

E\ Les ascomycètes.

C'est le groupe le plus important des champignons, si on compte les lichens et les formes classées chez les deutéromycètes : 30.000 espèces. C'est aussi le groupe le plus diversifié et il présente de grandes variétés d'appareils reproducteurs, de modes de vie et de dissémination. Ils sont d'une grande importance économique. Ce sont : les parasites de cultures (pourritures grises des fruits et légumes : l'oidium) ; la maladie hollandaise de l'orme ; de bons mycètes.

Il y a la présence d'un asque : c'est un méiosporocyste dans lequel à lieu la méiose. Le mycélium filamenteux est haploïde, très ramifié et cloisonné. Il y a complexification des formes morphologiques avec souvent, la formation de faux tissus ou de plectenchymes.

La fécondation est une caryogamie différée. Ce sont de vrais champignons. Leur multiplication végétative est très répandue.

Cas de *Neurospora crassa*.

C'est un saprophyte d'excréments. Il est utilisé comme modèle dans de nombreuses recherches scientifiques.

1\ La multiplication asexuée.

L'extrémité de certains filaments donne des spores ellipsoïdales qui contiennent plusieurs noyaux. Ces exospores

(ou conidies) sont dispersées par les insectes, le vent et ils germent en donnant un nouveau thalle haploïde.

2\ La reproduction sexuée.

La fécondation présente une convergence morphologique comme chez les algues rouges. Sur le mycélium, se dresse un filament particulier (le filament ascogonial) qui est constitué de grosses cellules plurinucléées (ou articles). A la base de ce filament, se développe un autre filament qui donne le proascocarpe. Le filament ascogonial est surmonté du trichogyne. L'organe femelle est l'association de l'ascogone et du trichogyne (le trichogyne joue le rôle de capteur de gamètes mâles). Les gamètes mâles ne naissent pas de sporocystes, mais elles sont bourgeonnées latéralement par les articles de certains filaments. Les spermaties n'ont pas de flagelles et ont un noyau volumineux. Elles sont emmenées passivement vers le trichogyne. Quand il y a contact, le noyau migre vers le trichogyne jusqu'à l'ascogone qu'il féconde. Plusieurs spermaties peuvent fusionner avec le trichogyne mais une seule va féconder l'ascogone.

3\ Le développement du zygote.

L'ascogone fécondée est diploïde Le développement se fait sur place et engendre des filaments présentant la particularité d'être divisés en cellules comptant deux noyaux chacune. Ces sont des cellules à dicaryons.

On observe le phénomène du crochet : l'extrémité d'un dicaryon bourgeonne latéralement. Les deux noyaux subissent une division et un noyau fils passe dans le bourgeon alors que l'autre reste dans la première cellule. Le bourgeon latéral se sépare de la cellule terminale par une cloison. On obtient trois cellules : une cellule à deux noyaux différents et deux cellules à un noyau. : c'est une dangeardie. Le bourgeon se recolle à la cellule initiale et y fait passer son noyau (deux cellules à deux noyaux distincts).

4\ La formation de l'asque.

La cellule de l'asque est le siège d'une méiose. Les filaments dicaryotiques se terminent par une cellule où les deux noyaux fusionnent en un noyau diploïde. C'est la cellule ascogène qui va s'allonger alors que le noyau (à 2N) subit la méiose. A la fin, on a huit noyaux haploïdes (quatre + et quatre-) autour desquels s'individualise une ascospore. Un asque est l'association d'une membrane et de huit noyaux haploïdes. Ces ascospores vont donner un nouveau mycélium haploïde.

5\ La formation de l'ascocarpe.

Les filaments qui entourent l'ascogone (le proascocarpe) se développent et constituent la paroi d'un conceptacle ouvert à la partie supérieure par un ostiole. C'est la formation de l'ascocarpe. Un ascocarpe a une morphologie variable : globuleux, ouvert par un pore ou non (c'est alors un périthèce) ou en forme de coupe (apothécie). Les ascocarpes peuvent être constitués par une masse de tissus avec des veines. Dans le cas des levures, on n'a pas d'ascocarpe.

Ici, le cycle est haplodiplophasique. La fécondation est une trichogamie. La multiplication se fait par les conidies.

F\ Les basidiomycètes.

Ce sont les plus connus. Ils forment de gros carpophores très visibles. Ils ont des conséquences économiques : ils sont parasites de cultures et d'arbres (rouilles, charbons), ils peuvent aussi être saprophytes (destructeurs de charpentes).

Ces champignons possèdent des basidies (l'équivalent d'un méiosporocyste) où se réalise la méiose. Le mycélium filamenteux est très ramifié et cloisonné. On a souvent des formations de faux tissus (pectenchymes). Il y a complexification des formes morphologiques. La fécondation se réalise par une caryogamie différée. Le mycélium secondaire (N+N) constitue la phase dominante du cycle. La fécondation

est une somatogamie (thallogamie). Ce sont aussi de vrais mycètes. Il existe deux groupes : les hétéro et les homobasidiomycètes.

Les homobasidiomycètes peuvent être : saprophytes (champignons de Paris) ; symbiotiques (cèpe, amanite de César) ; parasites (les polypores comme la Langue de bœuf).

1\ Cycle de Coprin chevelu ou *Coprinus comatus*, un homobasidiomycète.

On le trouve dans les jardins, les cultures, les bords de chemin (dans les endroits engraisés). On le trouve à la fin de l'été et pendant l'automne.

Le carpophore est la partie visible qui montre qu'il y a dessous, un mycélium.

a\ Développement et cycle.

Le stade haploïde se trouve dans le gamétophyte, à partir de basidiospores qui vont donner des filaments mycéliens à cellules uninucléées. C'est le filament primaire (+ ou -). Ils peuvent donner naissance à des spores extérieures qui peuvent disperser l'espèce au stade haploïde.

b\ La fécondation (somatogamie)

Entre deux filaments I + et I-, se produit une anastomose qui donne un mycélium II à dicaryon (noyaux + et -). Le noyau se divise par le phénomène du crochet.

Les filaments secondaires s'agrègent pour constituer un cordon sur lequel se différencient des boules blanches (ébauches de fructification ou carpophore). Sur les carpophores sont portées les basidies. A l'extérieur, on a la membrane blanche (le voile universel), à l'intérieur duquel se constituent les différentes parties. Dans ce voile, on a, le jeune pied, le chapeau dont les bords sont repliés et viennent s'unir au pied par le voile partiel. Pendant le développement du carpophore,

le pied s'allonge et le voile universel se casse et ne persiste sur le chapeau que sous forme d'écaillés. Le diamètre du chapeau augmente et le voile partiel se rompt en formant un anneau autour du pied.

Au niveau des lamelles, se différencient les basidies. En coupe, les lamelles sont constituées au centre par des éléments parallèles entre eux et recouverts de filaments emmêlés très denses (le sous-hyménium) recouverts par l'hyménium. On a des basidies perpendiculaires à la surface des stériles.

c\ La formation des basidies.

Les basidies se différencient à partir de cellules terminales du filament du sous-hyménium. Dans cette cellule pro-basidie à lieu la caryogamie (union des deux noyaux). La cellule croit et donne la baside où à lieu la méiose, ce qui entraîne la formation de quatre basidiospores ($2+$ et $2-$) qui sont bourgeonnées à l'extérieur de la basidie (par de petits pédicelles, les stérigmates) et germent en donnant un mycélium primaire (+ ou -).

Le cycle est haplophasique, digénétique. Il y a hétérothallisme. La fécondation est une somatogamie. La multiplication asexuée se fait par les conidies.

2\ Les hétérobasidiomycètes, cas de *Puccinia graminis*.

Ce sont des parasites des végétaux supérieurs dont la basidie est cloisonnée. Exemple : la rouille du blé : *Puccinia graminis*. *Puccinia* a deux hôtes différents : l'épine vinette (*Berberis vulgaris*) et le blé.

a\ Le stade haploïde et la *Berberis*.

Le stade haploïde est le gamétophyte. Le développement de ce mycète sous forme haploïde se réalise quand il est sur une feuille de *Berberis*. Il germe et donne un filament (à cellule

à un noyau) et envoie des suçoirs dans les cellules foliaires de l'hôte. Ce parasitage entraîne une production de taches jaunes / oranges sur les feuilles. Les taches sur la face supérieure sont des pycnides ou spermogonies et sur la face inférieure se sont des écidies.

Les pycnides : sont organisés en forme de bouteille logés dans des cavités de la feuille ouverte vers l'extérieur. On observe deux sortes de filaments : les premiers se fragmentent en chapelets de cellules uninucléées (pycnidiospores). Leur dissémination est assurée par les insectes, ils ne germent pas (ils sont comme des gamètes mâles). Par l'ouverture du pycnide sort un filament sexuel en relation avec le mycélium haploïde : ce sont les hyphes récepteurs. La fécondation se fait par ces hyphes (ils ont le rôle de trichogyne).

A la face inférieure de *Berberis*, on a des enchevêtrements d'hyphes qui constituent des nodules (proécidies non fécondées), limitées par la paroi mycélienne (tissu nourricier et tissu fécondable).

Quand les spermogonies sont mûres, elles excrètent une goutte de nectar où se trouvent les spermaties transportées par les insectes vers d'autres feuilles. L'espèce est hétérothallique. Si la spermatie rentre en contact avec l'hyphe récepteur d'un mycélium de signe opposé, le noyau pénètre l'hyphe et passe d'une cellule à l'autre jusqu'au tissu fertile de l'écidie dont les cellules deviennent dicaryotiques. Dans un premier temps, les noyaux + et - ne fusionnent pas. Ce sporophyte se développe au dépend du tissu nourricier. Le développement donne naissance à un organe en forme de cupule : l'écidie mature. Sa taille augmente et casse l'épiderme de la face inférieure de la feuille. Un filament donne naissance à l'écidiospore à 2 noyaux, paroi épaisse avec une cellule disjonctrice. Les écidiospores ne germent que si elles rencontrent du blé. Là, il y aura formation d'un mycélium dicaryotique, entre les cellules du blé.

b\ Le stade diploïde et le blé.

Dans la feuille de blé, le mycélium donne des fructifications allongées sous-épidermiques : les urédosores. Sur les urédosores se différencient les urédospores binucléées, qui se trouvent à l'extrémité d'un long pédicelle. Elles font éclater l'épiderme, donnant à la feuille une couleur rouille. Les urédospores peuvent germer sur le blé, ce qui propage la maladie, avec formations de filaments à dicaryon

La multiplication végétative. Elle se réalise grâce à des téléutospores. Le mycélium dicaryontique constitue un autre type de fructifications de couleur noire (c'est un groupement sous forme de téléutosores, ensemble de pédicelles à l'extrémité desquels se trouvent les téléutospores). Ils sont dicaryontiques, tombent sur le sol où elles passent l'hiver. Pendant cette période, les noyaux fusionnent.

Au printemps, chaque cellule de la téléutospore émet un filament, le promycélium, où s'engage le noyau diploïde qui subit la méiose et donnent deux noyaux + et deux -. Ces quatre noyaux s'isolent par une cloison et donnent des basidies cloisonnées (les hétérobasidies). Chaque cellule émet un prolongement latéral (les stérigmates) qui bourgeonne une basidiospore où passe un noyau, puis celle-ci est libérée.

Cette basidiospore infectera ensuite la Berberis.

Le cycle est trigénétique, le gamétophyte est hétérothallique, saprophyte à dicaryon avec deux éléments. Le mycélium forme les écidies. Le mycélium à urédospores et téléutospores est indépendant du gamétophyte. La fécondation est par hyphe réceptrice. La multiplication végétative se fait par urédospores.