

# DEUXIEME PARTIE :

## *SYSTEMATIQUE*

2.1-RÈGNE DES <i>PROTZOA</i> .....	121
2.2-PHYLUM DES <i>MYXOMYCOTA</i> .....	123
2.3-PHYLUM DES <i>PLASMODIOPHOROMYCOTA</i> .....	125
2.4-RÈGNE DES <i>CHROMISTA</i> .....	129
2.5-PHYLUM DES <i>OOMYCOTA</i> .....	131
2.6-RÈGNE DES <i>FUNGI</i> .....	141
2.7-PHYLUM DES <i>CHYTRIDIOMYCOTA</i> .....	143
2.8-PHYLUM DES <i>ZYGOMYCOTA</i> .....	147
2.9-PHYLUM DES <i>ASCOMYCOTA</i> .....	151
2.10-PHYLUM DES <i>BASIDIOMYCOTA</i> .....	177
2.11-DEUTÉROMYCÈTES OU CHAMPIGNONS NAMORPHIQUES.....	195



## 2.1 - RÈGNE DES *PROTZOA*

Le règne des *Protozoa* renferme divers microorganismes qui sont majoritairement unicellulaires, plasmodiaux ou multicellulaires très simples. Les champignons connus, comme agents des moisissures visqueuses appartiennent à ce règne. Ils ne forment pas d'hyphes, manquent de paroi cellulaire durant la phase trophique et la croissance et sont souvent capables d'ingérer les substances nutritives par phagocytose. Ces agents des moisissures visqueuses sont établis comme membres du règne des *Protozoa* car ils ne correspondent à aucune définition normale des vrai-champignons, bien qu'ils produisent des structures sporulantes ayant une ressemblance superficielle à celles des vrai-champignons. C'est pourquoi les agents des moisissures visqueuses avaient très tôt attiré l'attention des mycologistes et restent encore étudiés en mycologie comme des pseudo-champignons. Ceux qui sont des phytopathogènes sont plasmodiaux et appartiennent essentiellement au phylum des *Plasmodiophoromycota* et secondairement au phylum des *Myxomycota*. Deux autres phylums (*Acrasiomycota* et *Dictyosteliomycota*) consistent en des agents cellulaires de moisissures visqueuses qui ne renferment pas de phytopathogènes connus (Figure 0-1). Dans une plus récente classification, les pseudo-champignons dans les *Protozoa* sont considérés former cinq lignées séparées : **Ramicristates** (comprenant les Myxomycètes), **Hétérolobosés**, **Copromyxides**, **Fonticulides** et **Plasmodiophorides**.

-----



## 2.2 - PHYLUM DES *MYXOMYCOTA*

Selon les auteurs, le phylum des *Myxomycota* est considéré comme une classe (**Myxomycètes**), deux classes (**Myxomycètes** et **Protostéliomycètes**) ou trois classes (**Myxomycètes**, **Protostéliomycètes** et **Dictyostéliomycètes**). Si elle est considérée avec une ou deux autres classes, la classe des Myxomycètes reste la plus importante, refermant environ 95 % des espèces qui appartiennent au phylum des *Myxomycota*. Ce dernier renferme plus de 800 espèces décrites. Certaines espèces des Myxomycètes peuvent couvrir les parties rampantes des plantes mais ne sont pas connues réellement infecter les plantes.

-----



## 2.3 - PHYLUM DES *PLASMODIOPHOROMYCOTA*

Le phylum des *Plasmodiophoromycota* renferme presque 50 espèces décrites qui sont d'habitude des endoparasites agents des moisissures visqueuses. Ces espèces sont majoritairement des endoparasites nécrotiques de plantes vasculaires, d'algues et d'autres champignons. Ce phylum renferme une seule classe, les **Plasmodiophoromycètes** (les plamodiophorides) contenant un seul ordre, les **Plasmodiophorales** (Tableau 2-1).

### CLASSE DES PLASMODIOPHOROMYCÈTES

Les membres de la classe des **Plasmodiophoromycètes** sont généralement des phytopathogènes qui causent un accroissement anormal des cellules hôtes (**hypertrophie**), accompagné ou non d'une multiplication anormale des cellules hôtes (**hyperplasie**). Ils attaquent les racines, les pousses et les tubercules où ils se développent comme des phytopathogènes intracellulaires.

Les espèces dans cette classe produisent des plasmodes multinucléés sans paroi qui sont incapables de phagocyter des substances nutritives. Les plasmodes sont produits pendant deux différentes phases. Une phase est appelée **plasmode primaire** ou **sporangique** produisant des zoosporanges à paroi mince tandis que l'autre désignée par **plasmode secondaire** ou **sporogénique** produisant des spores de conservation à paroi épaisse capable de survivre à la dessiccation et de germer par une zoospore.

Tous les Plasmodiophoromycètes produisent des zoospores qui sont antérieurement biflagellées et leurs flagelles sont de longueur inégale. Des zoospores morphologiquement similaires sont produites à deux différentes étapes du cycle biologique. Chaque spore de conservation est capable de germer d'habitude pour former une **zoospore primaire** capable d'infecter son hôte approprié. Plus tard, les zoosporanges qui se forment dans les cellules hôtes et sont organisés ou non en sores, se clivent et libèrent des **zoospores secondaires**.

**Tableau 2-1** : Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Plasmodiophoromycota*.

**- PHYLUM DES *PLASMODIOPHOROMYCOTA***

**- CLASSE DES *PLASMODIOPHOROMYCÈTES***

**- Ordre des *Plasmodiophorales***

**- Famille des *Plasmodiophoracées***

### **Ordre des Plasmodiophorales**

L'ordre des **Plasmodiophorales** contient deux familles, les **Plasmodiophoracées** renfermant la plupart des espèces et les **Endermosacracées** renfermant très peu d'espèces. Toutes les espèces phytopathogènes existent dans la famille des Plasmodiophoracées.

**Famille des Plasmodiophoracées :** Cette famille contient plusieurs espèces phytopathogènes appartenant essentiellement aux genres *Plasmodiophora*, *Polymyxa* et *Spongospora*. Certaines d'entre elles peuvent transmettre des virus de plantes.

Exemples :

- *Plasmodiophora brassicae* : agent de la hernie du chou,
- *Polymyxa betae* : parasite de la betterave,
- *Polymyxa graminis* : parasite des racines des céréales,
- *Spongospora subterranea* : agent de la gale poudreuse de la pomme de terre.

-----



## 2.4 - RÈGNE DES *CHROMISTA*

Le règne des *Chromista*, appelé aussi *Stramenopila*, renferme des microorganismes unicellulaires ou multicellulaires, filamenteux ou en colonies, principalement phototrophiques. Il contient les algues, les diatomées, des pseudo-champignons et certains autres microorganismes similaires. Les pseudo-champignons forment trois phylums : *Hyphochytridiomycota*, *Labyrinthulomycota* et *Oomycota*. Seul le dernier phylum contient des phytopathogènes (Figure 0-1).

---



## 2.5 - PHYLUM DES *OOMYCOTA*

Le phylum des *Oomycota* contient environ 800 espèces décrites qui sont aquatiques ou terrestres, saprobes ou parasites. Ces espèces appartiennent à une seule classe des **Oomycètes** (Tableau 2-2).

### CLASSE DES OOMYCÈTES

Les espèces des **Oomycètes** sont des pseudo-champignons car elles n'ont pas de relations phylogéniques étroites avec les vrai-champignons, malgré leur morphologie et nutrition par absorption similaires à celles des vrai-champignons.

La plupart des Oomycètes est formée de parasites facultatifs ou hautement spécialisés des plantes vasculaires, provoquant des maladies très graves sur certaines cultures agronomiquement importantes. Concernant le **thalle**, les Oomycètes renferment à la fois des formes unicellulaires holocarpiques et des espèces filamenteuses eucarpiques formées de hyphes coenocytiques, abondamment ramifiées. Les cloisons sont absentes sauf à la base des structures reproductives. Les espèces qui attaquent les plantes se développent de façon intracellulaire ou intercellulaire.

Certains organites cellulaires des Oomycètes sont différents de ceux des vrai-champignons. Par exemple, chez les Oomycètes, les mitochondries ont des crêtes tubulaires et l'appareil de Golgi consiste en de multiples cisternes plates, contrairement aux vrai-champignons où les mitochondries ont des crêtes plates et l'appareil de Golgi a une structure très simple, consistant souvent en un seul élément cisternal. La composition de la paroi cellulaire est aussi différente entre les Oomycètes et les vrai-champignons. Les parois cellulaires des Oomycètes sont majoritairement composées de  $\beta$ -1,3- et  $\beta$ -1,6-glucanes et cellulose plutôt que la chitine, comme dans le cas des vrai-champignons. Seules quelques espèces d'Oomycètes se sont montrées contenir certaines teneurs de chitine dans leurs parois cellulaires. Egalement, contrairement aux vrai-champignons, les Oomycètes contiennent

**Tableau 2-2 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Oomycota*.

**- PHYLUM DES *OOMYCOTA***

**- CLASSE DES OOMYCÈTES**

**- Ordre des Péronosporales**

**- Famille des Albuginacées**

**- Famille des Péronosporacées**

**- Ordre des Pythiales**

**- Famille des Pythiacées**

**- Ordre des Saprologniales**

**- Famille des Saprologniacées**

**- Ordre des Sclérosporales**

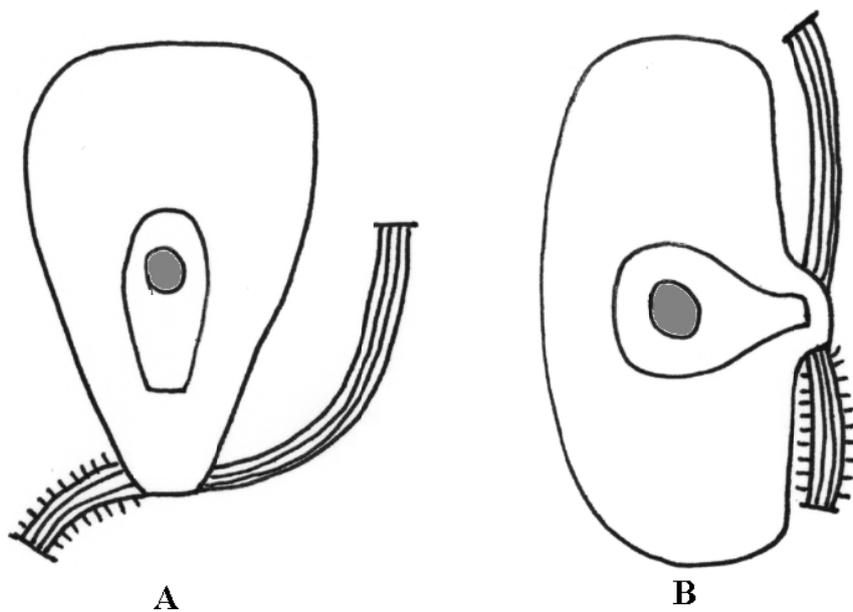
**- Famille des Sclérosporacées**

**- Famille des Verrucalvacées**

l'acide aminé hydroxyproline dans leurs parois cellulaires. Pour les espèces d'Oomycètes connues, l'évidence indique que les phases végétatives de ces organismes sont diploïdes plutôt qu'haploïdes ou dicaryotiques, comme dans le cas de la plupart des espèces des vrai-champignons. Cette situation semble être le résultat du fait que la méiose a lieu dans les structures sexuelles ou gamétanges en cours de leur développement chez les Oomycètes.

Biochimiquement, deux des plus importantes différences entre les Oomycètes et les vrai-champignons sont la synthèse de l'acide aminé lysine et les divers aspects du métabolisme du stérol. Les vrai-champignons forment la lysine par l'intermédiaire de la voie de l'acide  $\alpha$ -aminoadipique tandis que les Oomycètes synthétisent cet acide aminé par la voie de l'acide diaminopimélique comme les plantes. Certains Oomycètes sont capables de synthétiser les stérols *de novo*, mais d'autres non. Dans le premier cas, le plus important stérol est le fucostérol (nom dérivant d'une algue brune appelée *Fucus*), contrairement aux vrai-champignons, où l'ergostérol est le stérol caractéristique. Un autre point de différence est le composé stocké. Pour les vrai-champignons, le principal composé de stockage est le glycogène tandis que chez les Oomycètes, le stockage est composé de  $\beta$ -1,3-glucanes hydrosolubles, appelées mycolaminarines. Les Oomycètes synthétisent certains lipides particuliers qui ne sont pas connus être présents chez les vrai-champignons, et ces derniers produisent communément des alcools sucrés qui semblent être absents chez les Oomycètes.

La **reproduction asexuée** de la plupart des Oomycètes a lieu par l'intermédiaire des zoospores qui se développent dans les sporanges ou dans quelques cas, dans une vésicule évanescence qui émerge à partir du sporange. Cependant, chez les espèces phytopathogènes, les sporanges peuvent se comporter comme des conidies qui germent directement par des tubes germinatifs sans se cliver en zoospores. Deux types de zoospores biflagellées morphologiquement distincts sont produits par la plupart des Oomycètes en fonction de leur cycle biologique particulier (Figure 2-1). Le premier est appelé **zoospore primaire** et est piriforme avec les flagelles attachés à l'extrémité antérieure de la spore. Le second type est appelé **zoospore secondaire** et est pratiquement produit par tous les Oomycètes qui forment des zoospores. Elle est réniforme avec les flagelles insérés latéralement dans un sillon à la surface de la spore. Dans les deux types de zoospores, les flagelles sont inégaux. L'un est un flagelle portant des poils flagellaires dirigés vers l'avant, l'autre est un flagelle formant une queue derrière. La fonction des zoospores dans le cycle biologique des Oomycètes est de nager sur des distances courtes dans l'eau, trouver des substrats ou hôtes potentiels, s'enkyster et former ultimement des tubes germinatifs qui vont se développer en de nouveaux thalles.



**Figure 2-1 :** Aspect général des zoospores primaire (A) et secondaire (B) de *Saprolegnia* sp.

La **reproduction sexuée** de la plupart des Oomycètes est hétérogamétangique. Chez les formes les plus simples, le thalle entier agit comme un gamétange. Mais chez presque toutes les espèces, des gamétanges typiques se différencient en petites hyphes comme des structures mâles désignées par **anthéridies** et des structures femelles globuleuses plus larges appelées **oogones**. Après la méiose qui a lieu dans les gamétanges, un ou plusieurs œufs non mobiles, appelés **oosphères**, se développent à l'intérieur de chaque oogone. En fonction des espèces, les oosphères peuvent se différencier soit par un processus de clivage centrifuge, soit par une agrégation centripète du cytoplasme oogonial périphérique appelé **périplasme**. A maturité, chaque oosphère, contient une importante vacuole de stockage appelée **ooplaste** et un ou plusieurs noyaux. Les anthéridies en développement sont attirées aux oogones par des hormones et produisent des **tubes fécondateurs** quand elles deviennent fortement appliquées à la surface des oogones. La fécondation a lieu quand un noyau haploïde de l'anthéridie est introduit dans l'oosphère à travers le tube de fécondation et fusionne avec le noyau de cet oosphère. Après la fécondation, chaque oosphère se développe en une **oospore** qui mûrit dans l'oogone. Les oospores sont des spores résistantes à paroi épaisse capables de survivre dans des conditions environnementales défavorables. Après la germination, les oospores développent de nouveaux thalles diploïdes (Figure 2-2).

La classe des Oomycètes renferme huit ordres parmi lesquels quatre ordres contiennent des phytopathogènes. Ces derniers ordres sont les **Péronosporales**, les **Pythiales**, les **Saprolégnales** et les **Sclérosporales**.

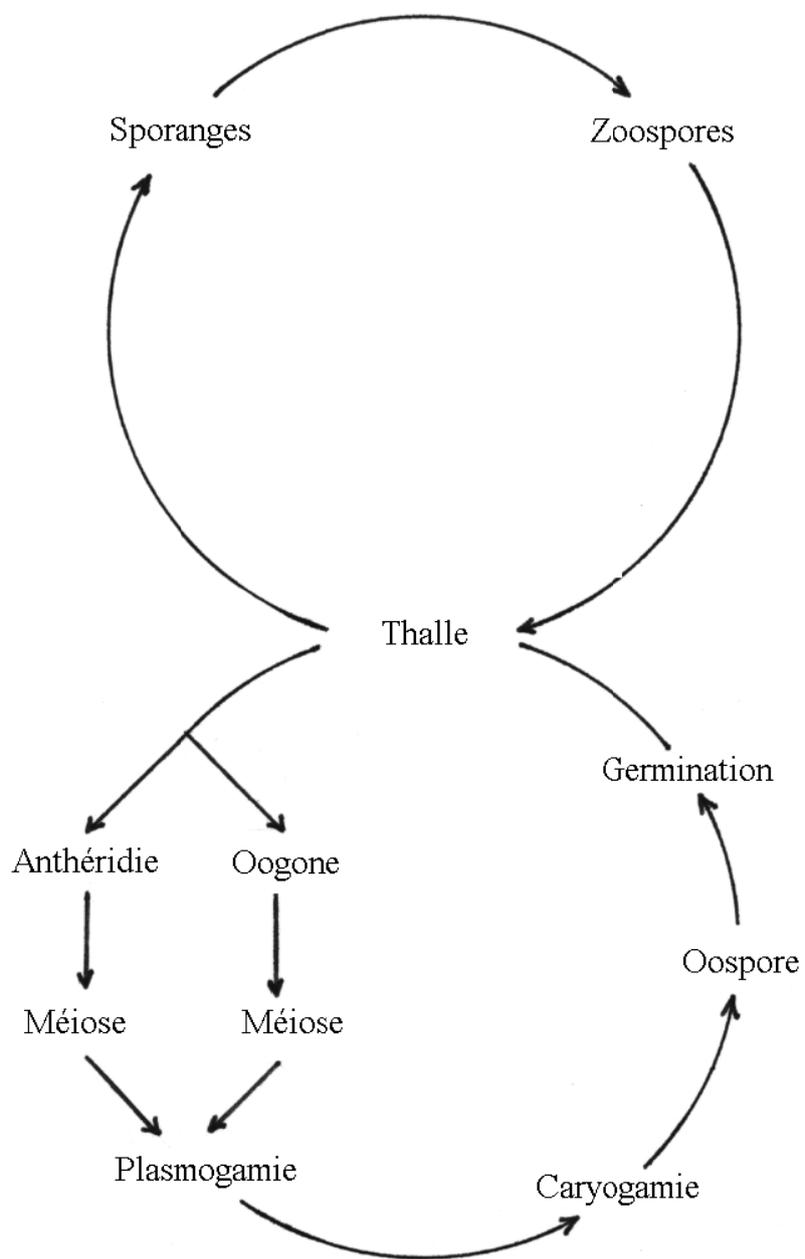
### 1) Ordre des Péronosporales

L'ordre des **Péronosporales** contient deux familles renfermant plus de 250 espèces décrites. Le mycélium est intercellulaire avec des haustories. La reproduction asexuée s'effectue par l'intermédiaire des zoospores, sauf *Peronospora* chez qui la spore se comporte comme une conidie. Les Péronosporales sont généralement des parasites obligatoires d'habitude de plantes dicotylédones. Les familles sont les **Albuginacées** et les **Péronosporacées**.

**Famille des Albuginacées** : Cette famille contient un seul genre, *Albugo* chez qui plusieurs espèces sont des parasites obligatoires des plantes vasculaires.

Exemples :

- *Albugo candida* : agent de la « rouille » blanche des crucifères,
- *Albugo ipomoeae-panduranae* : parasite de la patate douce,
- *Albugo occidentalis* : parasite de l'épinard,
- *Albugo tragopogonis* : agent de la « rouille » blanche du tournesol.



**Figure 2-2 :** Cycle biologique général des Oomycètes.

**Famille des Péronosporacées** : Les espèces de la famille des Péronosporacées sont des parasites obligatoires hautement spécialisés des plantes vasculaires, souvent provoquant des maladies économiquement très importantes désignées par mildiou. Les genres les plus fréquents sont *Bremia*, *Peronospora*, *Plasmopara* et *Pseudoperonospora* (Figure 2-3).

Exemples :

- *Bremia lactucae* : agent du mildiou de la laitue,
- *Peronospora destructor* : agent du mildiou de l'oignon,
- *Peronospora parasitica* : agent du mildiou des crucifères,
- *Peronospora pisi* : agent du mildiou du pois,
- *Peronospora schachtii* : agent du mildiou de la betterave,
- *Peronospora sparsa* : agent du mildiou du rosier,
- *Peronospora spinacia* : agent de la pourriture foliaire de l'épinard,
- *Peronospora tabacina* : agent du mildiou du tabac,
- *Peronospora trifoliorum* : agent du mildiou du trèfle,
- *Peronospora viciae* : agent du mildiou de la fève,
- *Plasmopara halstedii* : agent du mildiou du tournesol,
- *Plasmopara viticola* : agent du mildiou de la vigne,
- *Pseudoperonospora cubensis* : agent du mildiou des cucurbitacées.

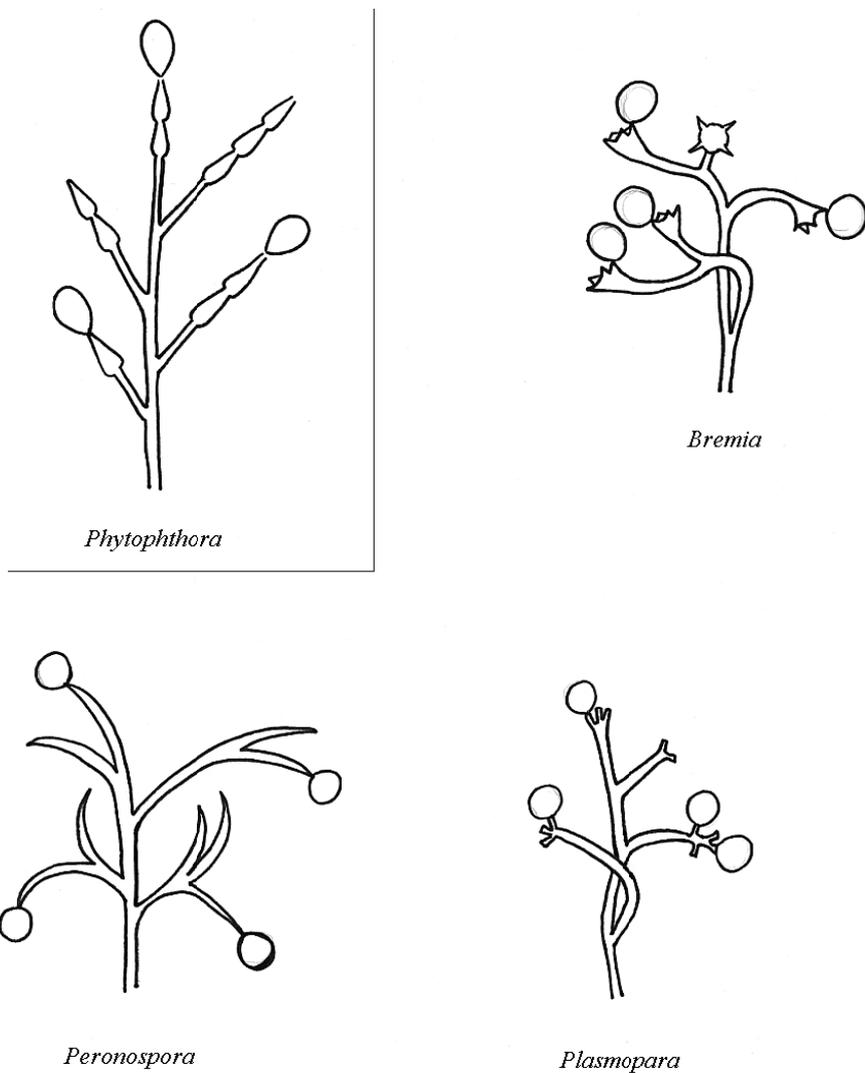
## 2) Ordre des Pythiales

Les **Pythiales** renferment environ 100 espèces décrites dans deux familles. Le thalle est mycélien ou pseudomycélien. Plusieurs espèces sont des phytopathogènes et appartiennent à la famille des **Pythiacées**.

**Famille des Pythiacées** : Dans cette famille les genres les plus importants sont *Phytophthora* et *Pythium* (Figure 2-3).

Exemples :

- *Phytophthora cactorum* : agent du mildiou du collet des rosacées,
- *Phytophthora capsici* : agent du pied noir du piment,
- *Phytophthora cinnamomi* : agent de la pourriture du cœur de l'avocatier,
- *Phytophthora citricola* : agent de la pourriture brune des agrumes,
- *Phytophthora citrophthora* : agent de la gombose des agrumes,
- *Phytophthora fragariae* : agent du cœur rouge du fraisier,
- *Phytophthora infestans* : agent du mildiou de la pomme de terre,
- *Phytophthora melonis* : agent du pied noir du concombre,
- *Phytophthora nicotianae* : agent de la jambe noire du tabac,
- *Phytophthora omnivora* : agent du mildiou du fraisier,
- *Phytophthora parasitica* : agent du mildiou terrestre de la tomate,
- *Phytophthora phaseoli* : agent du mildiou du haricot de Lima,
- *Pythium aphanidermatum* : parasite de diverses espèces végétales,



**Figure 2-3** : Quelques types de sporangiophores (ou conidiophores) de certains genre d'Oomycètes, agents causaux de la maladie du mildiou.

- *Pythium debaryanum* : agent de la fonte des semis de diverses espèces végétales,
- *Pythium graminicola* : agent de la pourriture racinaire des céréales,
- *Pythium ultimum* : agent de la pourriture racinaire de diverses espèces végétales.

### 3) Ordre des Saprolegniales

L'ordre des **Saprolegniales** contient plus de 130 espèces dans deux familles. Le mycélium est fréquemment gros et capable de s'accroître en diamètre. Certaines espèces sont phytopathogènes. Elles appartiennent à la famille des **Saprolegniacées**.

**Famille des Saprolegniacées** : Le genre le plus connu dans cette famille est le genre *Aphanomyces*.

Exemples :

- *Aphanomyces euteiches* : agent du pourridié du pois,
- *Aphanomyces raphani* : agent de la pourriture noire des racines du radis.

### 4) Ordre des Sclérosporales

L'ordre des **Sclérosporales** contient plus de 20 espèces décrites dans deux familles. Le mycélium est formé par des hyphes rétrécies. Certaines espèces sont parasites des graminées et appartiennent aux familles des **Sclérosporacées** et des **Verrucalvacées**.

**Famille des Sclérosporacées** : Cette famille renferme deux genres, *Peronosclerospora* et *Sclerospora*, contenant certains phytopathogènes.

Exemples :

- *Peronosclerospora maydis* : agent du mildiou du maïs,
- *Peronosclerospora sacchari* : agent du mildiou de la canne à sucre,
- *Peronosclerospora sorghi* : agent du mildiou du sorgho,
- *Sclerospora graminicola* : agent du mildiou des graminées.

**Famille des Verrucalvacées** : Quelques espèces qui sont phytopathogènes existent dans cette famille. *Sclerophthora* est le genre le plus connu.

Exemple :

- *Sclerophthora macrospora* : agent du mildiou des céréales.

-----



## 2.6 - RÈGNE DES *FUNGI*

Le règne des *Fungi*, appelé aussi *Eumycota*, renferme les vrais champignons qui sont des organismes eucaryotes se nourrissant par absorption et caractérisés par des parois cellulaires riches en chitine et  $\beta$ -glucanes, par des mitochondries avec des crêtes plates et par des thalles unicellulaires ou filamenteux. Ce règne contient, en plus d'un groupe particulier appelé **Deutéromycètes**, quatre phylums qui sont les *Ascomycota*, les *Basidiomycota*, les *Chytridiomycota* et les *Zygomycota* (Figure 0-1).

---



## 2.7 - PHYLUM DES *CHYTRIDIOMYCOTA*

Le phylum des *Chytridiomycota* contient plus de 900 espèces décrites qui sont aquatiques ou terrestres, saprobes ou pathogènes. Certaines d'entre elles sont anaérobies obligatoires. Ces espèces appartiennent à une seule classe des **Chytridiomycètes** (les chitrides) (Tableau 2-3).

### CLASSE DES CHYTRIDIOMYCÈTES

Les **Chytridiomycètes** sont les seuls membres des vrais champignons qui produisent des cellules mobiles à un certain stade dans leurs cycles biologiques. À l'exception de quelques espèces avec des cellules polyflagellées, les cellules mobiles de la plupart des autres espèces possèdent un seul flagelle, dirigé postérieurement. Une autre caractéristique des Chytridiomycètes, partagée avec les *Zygomycota*, est d'avoir un **thalle** coenocytique quand il est filamenteux. Le thalle peut aussi être unicellulaire. Les parois cellulaires sont connues contenir la chitine et les glucanes, bien que la cellulose a été démontrée exister chez au moins une espèce.

Bien que la plupart des Chytridiomycètes est saprobe, plusieurs pathogènes de plantes, d'animaux et de champignons sont connus. Certaines espèces phytopathogènes sont d'importants vecteurs de nombreux virus de plantes d'importance économique. Elles peuvent être des parasites **endobiotiques** vivant entièrement à l'intérieur des cellules de leurs hôtes ou des parasites **épibiotiques** produisant leurs structures reproductives à la surface de leurs hôtes.

Certains Chytridiomycètes produisent des **rhizoïdes** qui sont des filaments courts qui contiennent un cytoplasme mais non des noyaux et sont éventuellement séparés du reste du thalle par des cloisons. Ils servent à ancrer le **thalle** à son substrat et le nourrit en absorbant la nourriture. Chez d'autres espèces, le thalle est caractérisé par un mycélium plus ramifié et est alors appelé **rhizomycélium**. Bien que les hyphes des Chytridiomycètes soient typiquement coenocytiques, chez certaines espèces, une cloison se forme régulièrement à la base de chaque structure reproductive et des cloisons dispersées peuvent se former dans les parties les plus âgées des hyphes. Les mycéliums de la plupart des formes complexes peuvent produire des **pseudo-cloisons** qui sont chimiquement différentes des parois hyphales.

**Tableau 2-3 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Chytridiomycota*.

- PHYLUM DES *CHYTRIDIOMYCOTA***
- CLASSE DES CHYTRODIOMYCÈTES**
- Ordre des Blastocladales**
  - Famille des Physodermatacées**
- Ordre des Chytridiales**
  - Famille des Synchytriacées**
- Ordre des Spizellomycétales**
  - Famille des Olpidiacées**

La **reproduction asexuée** des Chytridiomycètes a lieu par l'intermédiaire des **zoospores** qui se forment dans les sporanges. Ces zoospores postérieurement uniflagellées peuvent émerger à travers une ou plusieurs papilles quand le sporange se décharge.

La **reproduction sexuée** des Chytridiomycètes est accomplie par une variété de méthodes. Certaines espèces sont **holocarpiques**, tandis que d'autres sont **eucarpiques**. Dans cette reproduction, la copulation peut être **planogamétique** où la conjugaison a lieu entre des planogamètes isogames (gamètes morphologiquement similaires) ou des planogamètes anisogames (gamètes morphologiquement différents). La copulation peut aussi avoir lieu quand un gamète mâle mobile (anthérozoïde) libéré à partir d'un gamétange mâle, féconde un gamète femelle non mobile (œuf). Chez des formes plus évoluées, la copulation est **gamétangique** et est accomplie par le transfert d'un protoplaste entier d'un gamétange dans un autre. La reproduction des Chytridiomycètes peut aussi prendre place par somatogamie qui est la fusion de structures végétatives.

La classe des Chytridiomycètes renferme cinq ordres parmi lesquels trois contiennent des phytopathogènes. Ces derniers ordres sont les **Blastocladales**, les **Chytridiales** et les **Spizellomycétales**.

### 1) Ordre des Blastocladales

L'ordre des **Blastocladales** contient environ 180 espèces décrites dans cinq familles. La famille la plus importante contenant des phytopathogènes est celle des **Physodermatacées**.

**Famille des Physodermatacées** : Cette famille contient des phytopathogènes appartenant aux genres *Physoderma* et *Urophylyctis*.

Exemples :

- *Physoderma alfalfae* : agent de la tumeur marbrée de la luzerne,
- *Physoderma maydis* : agent des taches brunes du maïs,
- *Urophylyctis leproides* : agent de la tumeur marbrée de la betterave.

### 2) Ordre des Chytridiales

Les **Chytridiales** renferment environ 600 espèces décrites dans quatre familles. Les espèces phytopathogènes sont connues exister dans la famille des **Synchytriacées**.

**Famille des Synchytriacées** : La famille des Synchytriacées contient des phytopathogènes appartenant au genre *Synchytrium*.

Exemples :

- *Synchytrium endobiotium* : agent de la gale verruqueuse de la pomme de terre,
- *Synchytrium mascrosporum* : parasite de centaines d'espèces végétales,
- *Synchytrium phaseoli* : parasite des légumineuses.

### **3) Ordre des Spizellomycétales**

L'ordre des **Spizellomycétales** contient environ 90 espèces décrites dans trois familles. Une famille renferme des phytopathogènes. C'est la famille des **Olpidiacées**.

**Famille des Olpidiacées :** Cette famille contient certains phytopathogènes qui appartiennent au genre *Olpidium*.

Exemples :

- *Olpidium brassicae* : parasite des racines du chou,
- *Olpidium viciae* : agent de la gale verruqueuse de la fève.

-----

## 2.8 - PHYLUM DES ZYGOMYCOTA

Le phylum des *Zygomycota* contient environ 1100 espèces décrites. Elles sont aquatiques ou terrestres, saprobes ou parasites principalement des arthropodes. Ce phylum renferme deux classes qui sont les **Zygomycètes** et les **Trichomycètes**. Seule la classe des Zygomycètes contient quelques espèces phytopathogènes (Tableau 2-4).

### CLASSE DES ZYGOMYCÈTES

La classe des **Zygomycètes** contient environ 870 espèces décrites. Les principales caractéristiques de cette classe sont l'absence de cellules mobiles et la présence de mycélium coenocytique comme **thalle**. Les parois hyphales sont composées de chitine, chitosane et acide polyglucuronique. Chez certaines espèces, le mycélium peut posséder des cloisons plus ou moins régulièrement espacées. Quelques autres espèces sont dimorphiques et ainsi capables de croître comme des mycéliums ou des levures. Certaines espèces croissent par des hyphes aériennes appelées **stolons** qui développent des **rhizoïdes** en contact avec le substrat. Plusieurs Zygomycètes sont des espèces mycorrhiziennes.

La **reproduction asexuée** des Zygomycètes se réalise par l'intermédiaire des **sporangiospores** ou des **conidies**. En outre, quelques espèces produisent des chlamydospores, des oïdies ou des arthrospores. Les sporangiospores (des dizaines jusqu'à des dizaines de milliers) se forment dans les **sporangies** avec des columelles portées par un **sporangiophore**. Certaines espèces produisent de petits sporangies appelés **sporangioles**, avec ou sans columelles. Ces sporangioles peuvent contenir une à 30 sporangiospores. Dans le cas d'une seule sporangiospore par sporangiole, il est nécessaire de la différencier d'une conidie qui ne se forme dans aucune structure en forme de sac. Les sporangioles de certaines espèces sont appelés **mérosporangies** quand ils sont cylindriques, allongés et contiennent une série des sporangiospores.

**Tableau 2-4 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Zygomycota*.

**- PHYLUM DES ZYGOMYCOTA**

**- CLASSE DES ZYGOMYCÈTES**

**- Ordre des Mucorales**

**- Famille des Choanéphoracées**

**- Famille des Gilbertellacées**

**- Famille des Mucoracées**

La **reproduction sexuée** des Zygomycètes prend place par la fusion de deux gamétanges. Ces derniers évoluent en **zygosporange** qui produit à la fin une spore de conservation à paroi épaisse appelée **zygospore**. Beaucoup d'espèces sont **hétérothalliques** tandis que certaines autres sont **homothalliques**.

La classe des Zygomycètes contient 10 ordres, parmi lesquels, seul un ordre renferme quelques phytopathogènes. Cet ordre est celui des **Mucorales**.

### **Ordre des Mucorales**

L'ordre des **Mucorales** contient environ 130 espèces décrites contenues dans 12 familles. Quelques espèces phytopathogènes existent dans les familles des **Choanéphoracées**, des **Gilbertellacées** et des **Mucoracées**.

**Famille des Choanéphoracées** : Les Choanéphoracées contiennent certains phytopathogènes qui appartiennent au genre *Choanephora*.

Exemple :

- *Choanephora cucurbitarum* : agent de la pourriture des fruits des cucurbitacées.

**Famille des Gilbertellacées** : Cette famille contient quelques espèces phytopathogènes appartenant au genre *Gilbertella*.

Exemple :

- *Gilbertella persicaria* : agent de la pourriture du pêcher.

**Famille des Mucoracées** : La famille des Mucoracées renferme certaines espèces qui sont phytopathogènes. Elles appartiennent aux genre *Mucor* ou *Rhizopus*.

Exemples :

- *Mucor racemosus* : agent de la moisissure des fruits stockés,
- *Rhizopus stolonifer* : agent de la moisissure des fraises et des pommes de terre stockées.

-----



## 2.9 - PHYLUM DES ASCOMYCOTA

Le phylum des *Ascomycota* est le plus grand groupe de champignons avec plus de 32700 espèces décrites qui sont majoritairement terrestres plutôt qu'aquatiques, saprobes, symbiotes ou parasites spécialement des plantes. Les caractéristiques les plus communes sont la production d'ascospores et la présence de parois hyphales lamellaires avec une couche externe mince dense aux électrons et une couche interne relativement épaisse, transparente aux électrons. Ces caractéristiques permettent aux mycologistes de reconnaître la plupart des Deutéromycètes comme des *Ascomycota* même en absence des asques.

Le **thalle** des *Ascomycota* peut être unicellulaire, mycélien ou dimorphique. Les parois cellulaires contiennent principalement la chitine, bien que la présence de cellulose a été rapportée chez certaines espèces. Chez les levures fermentatives (Saccharomycètes), les mannanes et les  $\beta$ -1,3-glucanes sont les principaux polysaccharides des parois et seulement des teneurs limitées de chitine sont présentes. Les hyphes des *Ascomycota* sont divisées en compartiments par des cloisons contenant d'habitude, au niveau de leur centre, un petit pore circulaire qui permet une continuité cytoplasmique entre les cellules des hyphes. Les pores peuvent être bouchés avec les corps de Woronin pour différentes raisons, telles que pour séparer des hyphes âgées ou endommagées du reste du mycélium. Les *Ascomycota* peuvent produire des structures mycéliennes spécialisées telles que les appressories, les haustories et les hyphopodes.

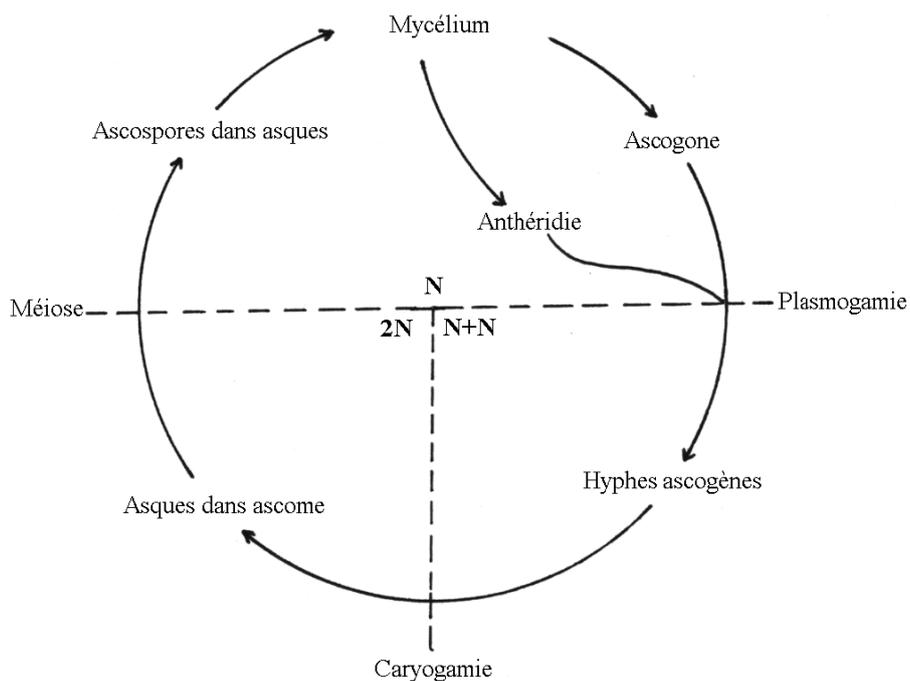
La **reproduction asexuée** a lieu par l'intermédiaire de diverses conidies produites directement sur le thalle ou à partir de cellules conidiogènes portées par des conidiophores qui sont libres sur le thalle ou groupés dans/sur des structures conidifères particulières. Cette reproduction asexuée des anamorphes des *Ascomycota* va être développée plus loin dans le chapitre réservé aux Deutéromycètes.

La **reproduction sexuée** des *Ascomycota* s'effectue de différentes façons :

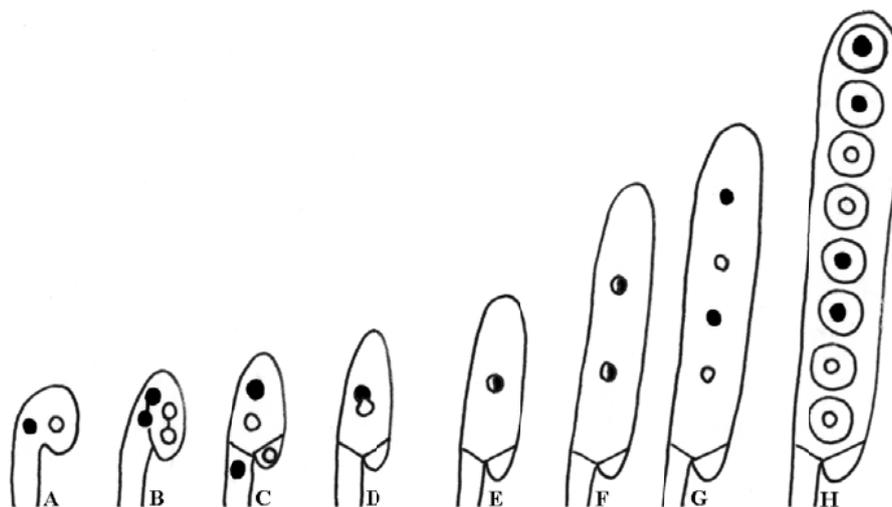
- **Isogamétangie** : deux gamétanges morphologiquement similaires fusionnent et la cellule de fusion se développe en asque. Dans la plupart des cas, la caryogamie prend place rapidement après la plasmogamie de façon à ce que la phase dicaryotique soit courte,

- **Hétérogamétangie** : deux gamétanges uninucléés ou multinucléés morphologiquement différents sont produits. Le mâle, l'**anthéridie**, vide son contenu dans la femelle, l'**ascogone**, par l'intermédiaire d'une hyphe spécialisée portée par l'ascogone, le **trichogyne**. Les asques se développent à partir d'excroissances de l'ascogone. La phase dicaryotique peut persister un moment avant que la caryogamie ne se réalise (Figure 2-4),
- **Spermatisation** : Une seule cellule mâle détachée s'attache à une structure femelle réceptive (trichogyne ou hyphe somatique) et vide son noyau dans la cellule réceptive. Ensuite, le noyau mâle migre jusqu'à l'ascogone à travers les pores des cloisons. Le gamète mâle fonctionnel peut être une **spermatie**, une **microconidie** ou une **conidie**. Les spermaties sont de minuscules cellules sphériques ou allongées, unicellées et de sexe mâle, incapables de germer par un tube germinatif. Elles peuvent se former sur le mycélium ou dans des structures spécialisées appelées **spermogonies**. Les microconidies (conidies minuscules) et les conidies se comportent comme des spermaties, mais peuvent aussi germer par un tube germinatif,
- **Somatogamie** : Deux hyphes somatiques non spécialisées de deux mycéliums compatibles fusionnent et leurs noyaux migrent jusqu'à l'ascogone à travers les pores des cloisons.

Chez la plupart des *Ascomycota*, à l'exception des levures, les deux noyaux (mâle et femelle) restent en association étroite et subissent des divisions successives donnant de nombreuses cellules dicaryotiques. La caryogamie se réalise essentiellement dans le jeune asque. Presque immédiatement, la méiose a lieu aboutissant à la production de quatre noyaux haploïdes. Ces quatre noyaux haploïdes se divisent par la suite mitotiquement pour former huit noyaux qui vont s'incorporer dans huit ascospores durant l'ascosporogénèse. Ainsi, des portions de cytoplasme, chacune contenant typiquement un seul noyau, deviennent délimitées par une enveloppe consistant en deux unités membranaires fortement appliquées l'une à l'autre pour former une **ascospore**. Ensuite, les parois des ascospores se déposent entre ces membranes pour les séparer chacune de l'autre au fur et à mesure que les ascospores mûrissent (Figure 2-5). La totalité du cytoplasme dans l'asque n'est pas incorporée dans les ascospores en formation. La partie qui reste à l'extérieur des ascospores est appelée **épiplasme** et sert probablement à nourrir les ascospores en développement et dépose leurs ornements externes. Le nombre le plus commun des ascospores produites par asque chez la plupart des espèces est huit. Cependant, certaines espèces produisent des asques contenant des nombres plus réduits (un, deux, trois ou quatre) ou plus élevés (jusqu'à un nombre aussi élevé que mille) d'ascospores. En fonction des espèces, les ascospores ont une variété de tailles, de formes et contiennent une, deux ou plusieurs cellules.



**Figure 2-4 :** Cycle biologique général des *Ascomycota* qui ont une reproduction sexuée hétérogamétangique.



**Figure 2-5 :** Etapes typiques du développement de l'asque et des ascospores chez les *Ascomycota*.

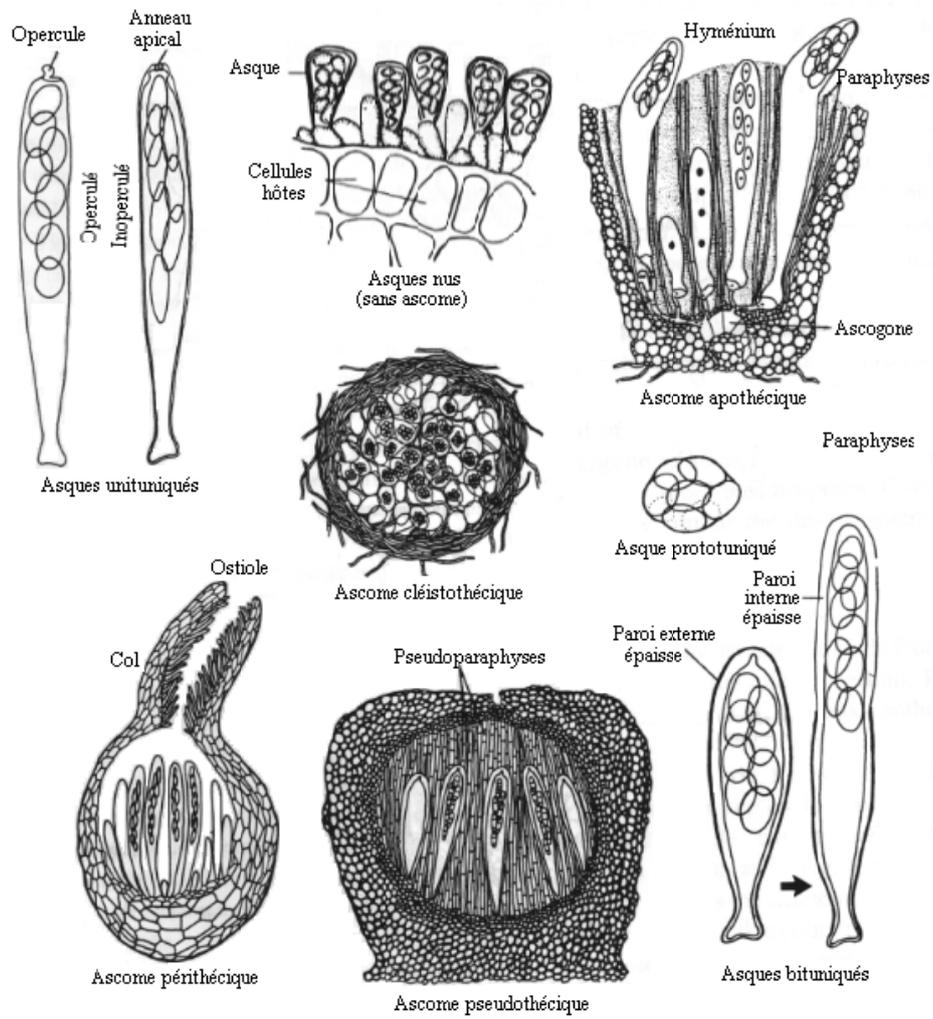
Les **asques** varient en forme et en taille. Ils peuvent être libres sur le thalle ou contenus dans des ascocarpes. Qu'ils soient nus ou enveloppés dans un ascocarpe, les asques se forment sur une couche définie appelée hyménium. Les asques peuvent être **prototuniqués** (avec une paroi mince délicate et libérant les ascospores par déliquescence), **unituniqués** ou **bituniqués** (les deux avec deux couches : **endotunique** et **exotunique**) (Figure 2-6). Dans l'asque unituniqué, ces couches s'adhèrent l'une à l'autre étroitement tout le long de la vie de l'asque et les ascospores sont libérées à travers un pore, fente ou opercule terminal. Chez l'asque bituniqué, l'endotunique s'étire d'habitude vers le haut deux à trois fois sa longueur originale, se séparant de l'exotunique rompu au moment de la libération des ascospores. Ces dernières sont libérées à travers un pore dans l'endotunique. Les asques sont alors appelés **fissituniqués** quand, à la déhiscence, l'endotunique se sépare complètement de l'exotunique.

En dehors de quelques petits groupes, la plupart des *Ascomycota* produit les asques dans des structures sporifères appelées **ascocarpes** ou **ascomes**. Ainsi, les *Ascomycota* peuvent être séparés en cinq groupes en fonction de la façon avec laquelle ils portent leurs asques (Figure 2-6) :

- **Asques libres** ou **nus** : asques produits sans aucun ascome,
- **Cléistothèce** : asques (non arrangés régulièrement) produits dans un ascome complètement fermé qui est d'habitude non déhiscent,
- **Périthèce** : asques produits dans un ascome plus ou moins fermé, qui est à maturité pourvu d'un pore (ostiole) à travers lequel les asques sont libérés,
- **Apothécie** : asques produits dans un ascome ouvert à maturité,
- **Pseudothèce** : asques produits dans une locule à l'intérieur d'un ascostrome qui forme la paroi de l'ascome.

En plus de ces quatre ascomes typiques, plusieurs autres formes intermédiaires existent et sont difficiles à classer. La plupart des ascomes contient, en plus des asques, des filaments stériles appelés **paraphyses** dans le cas des périthèces et des apothécies, et **pseudoparaphyses** dans le cas des pseudothèces.

La **parasexualité** peut aussi être observée chez les *Ascomycota*, en plus de la reproduction sexuée. Elle consiste en la fusion hyphale aboutissant à l'**hétérocaryose** suivie par la caryogamie et ensuite l'**haploïdisation** conduisant à des nouvelles combinaisons génétiques.



**Figure 2-6 :** Quelques asques et ascomes typiques chez les *Ascomycota* (Kendrick, 2000 ; modifié et traduit).

Jusqu'à récemment, les *Ascomycota* étaient groupés sur la base de la forme des ascomes et l'arrangement des asques. Six classes étaient ainsi connues : **Hémiascomycètes**, **Plectomycètes**, **Pyrénomycètes**, **Discomycètes**, **Loculoascomycètes** et **Laboulbéniomycètes**. Mais pendant la dernière décennie, les données moléculaires, qui ont de plus en plus d'importance, ne se sont pas toujours montrées en accord avec les caractéristiques morphologiques. Ceci a abouti au fait qu'actuellement, le regroupement des espèces en classes en se basant seulement sur le type d'ascome n'est plus accepté par les mycologistes car cela met ensemble des champignons pour lesquels plusieurs autres critères sont différents et sépare d'autres similaires. Cependant, les phytopathologistes continuent à utiliser la classification basée sur la forme car ceci rend plus facile et plus simple l'identification des pathogènes. La taxonomie des *Ascomycota* est ainsi la plus compliquée et la plus difficile, de façon à ce qu'aucun auteur ne donne la même classification que celle donnée par un autre auteur. Cela nécessitera apparemment longtemps pour stabiliser la systématique des *Ascomycota*. Dans ce livre, une systématique très simple et très pratique a été synthétisée à partir de toutes les références utilisées pour faciliter son utilisation par les phytopathologistes. Elle est basée sur l'utilisation du terme « classe » pour les pools homogènes d'espèces et le terme « groupe » pour les pools hétérogènes d'espèces. Ainsi, nous proposons les huit classes/groupes suivants : **Saccharomycètes**, **Taphrinomycètes**, **Erysiphomycètes**, **Plectomycètes**, **Pyrénomycètes**, **Discomycètes**, **Loculoascomycètes** et **Laboulbéniomycètes**. Seule la dernière classe ne contient pas de phytopathogènes et ne sera pas développée ici (Tableau 2-5).

## CLASSE DES SACCHAROMYCÈTES

La classe des **Saccharomycètes** renferme environ 290 espèces décrites dans un seul ordre, les **Saccharomycétales**.

### Ordre des Saccharomycétales

L'ordre des **Saccharomycétales** est caractérisé par un thalle qui est majoritairement unicellulaire et rarement mycélien, peu développé. Les cellules végétatives prolifèrent par bourgeonnement ou scission. Les parois manquent d'habitude de chitine. Les ascomes sont absents et les asques se forment solitairement ou en chaînes. Les ascospores varient en forme. La plupart des espèces est saprobes ou fermentative. Exceptionnellement, quelques espèces sont phytopathogènes. Elles appartiennent aux familles des **Dipodascacées** et des **Metschnikowinacées**.

**Tableau 2-5 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Ascomycota*.

- PHYLUM DES ASCOMYCOTA**
  - CLASSE DES SACCHAROMYCÈTES**
    - Ordre des Saccharomycétales**
      - Famille des Dipodascacées
      - Famille des Metschnikowinacées
  - CLASSE DES TAPHRINOMYCÈTES**
    - Ordre des Taphrinales**
      - Famille des Protomycétacées
      - Famille des Taphrinacées
  - CLASSE DES ERYSIPOHYTES**
    - Ordre des Erysiphales**
      - Famille des Erysiphacées
  - GROUPE DES PLECTOMYCÈTES**
    - Ordre des Méliolales**

**Tableau 2-5 (suite 1) :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Ascomycota*.

**- GROUPE DES PYRENOMYCÈTES**

**- Ordre des Diaporthales**

- Famille des Magnaporthacées

- Famille des Valsacées

**- Ordre des Hypocréales**

- Famille des Clavicipitacées

- Famille des Nectriacées

**- Ordre des Microascales**

- Famille des Cératocystidacées

**- Ordre des Ophiostomatales**

- Famille des Ophiostomatacées

**- Ordre des Phyllachorales**

- Famille des Phyllachoracées

**- Ordre des Xylariales**

- Famille des Diatrypacées

- Famille des Xylariacées

**Tableau 2-5 (suite 2) :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Ascomycota*.

**- GROUPE DES DISCOMYCÈTES**

**- Ordre des Hélotiales**

**- Famille des Dermatécées**

**- Famille des Sclerotiniacées**

**- Ordre des Rhytismatales**

**- Famille des Rhytismatacées**

**- GROUPE DES LOCULOASCOMYCÈTES**

**- Ordre des Dothidéales**

**- Famille des Botryosphaeriacées**

**- Ordre des Mycosphaerellales**

**- Famille des Mycosphaerellacées**

**- Ordre des Myriangiales**

**- Famille des Elsinoacées**

**- Ordre des Pléosporales**

**- Famille des Leptosphaeriacées**

**- Famille des Pléosporacées**

**- Famille des Venturiacées**

**Famille des Dipodascacées** : Cette famille renferme quelques phytopathogènes tels que dans le genre *Galactomyces*. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes**.

Exemple :

- *Galactomyces* sp. (anamorphe : *Geotrichum candidum*) : agent de la pourriture acide des agrumes.

**Famille des Metschnikowinacées** : Cette famille contient quelques espèces phytopathogènes qui appartiennent au genre *Spermophthora*.

Exemple :

- *Spermophthora gossypii* : agent de la stigmatomyose du cotonnier.

## CLASSE DES TAPHRINOMYCÈTES

La classe des **Taphrinomycètes** contient environ 115 espèces décrites dans un seul ordre, les **Taphrinales**.

### Ordre des Taphrinales

L'ordre des **Taphrinales** renferme des espèces qui ont un mycélium subcuticulaire ou subépidermique, composé de cellules dicaryotiques ascogènes. Les ascoms sont absents et les asques se forment à partir de cellules ascogènes avec ou sans une cellule basale de séparation. Les anamorphes sont des types de levures et sont monocaryotiques. Ils se forment par bourgeonnement des ascospores. Les Taphrinales sont d'habitude des parasites biotrophes des plantes. Elles sont divisées en deux familles : **Protomycétacées** et **Taphrinacées**.

**Famille des Protomycétacées** : Cette famille contient des parasites biotrophes des plantes et causent généralement des galles. Le genre le plus connu est *Protomyces*.

Exemple :

- *Protomyces macrosporus* : parasite des composées et des ambellifères.

**Famille des Taphrinacées** : La famille des Taphrinacées renferme des parasites biotrophes des plantes qui induisent d'habitude des galles, des balais de sorcière et des lésions. Ils appartiennent à un seul genre, *Taphrina*. Leurs anamorphes appartiennent au genre *Lalaria*.

Exemples :

- *Taphrina bullata* : agent de la cloque du poirier,
- *Taphrina cerasi* : agent du balai de sorcière du cerisier,
- *Taphrina deformans* : agent de la cloque du pêcher,
- *Taphrina institiae* : agent du balai de sorcière du prunier,
- *Taphrina minor* : agent de la cloque du cerisier,
- *Taphrina pruni* : agent des pochettes du prunier.

## CLASSE DES ERSIPHOMYCÈTES

La classe des **Erysiphomycètes** contient près de 500 espèces décrites dans le seul ordre des **Erysiphales**.

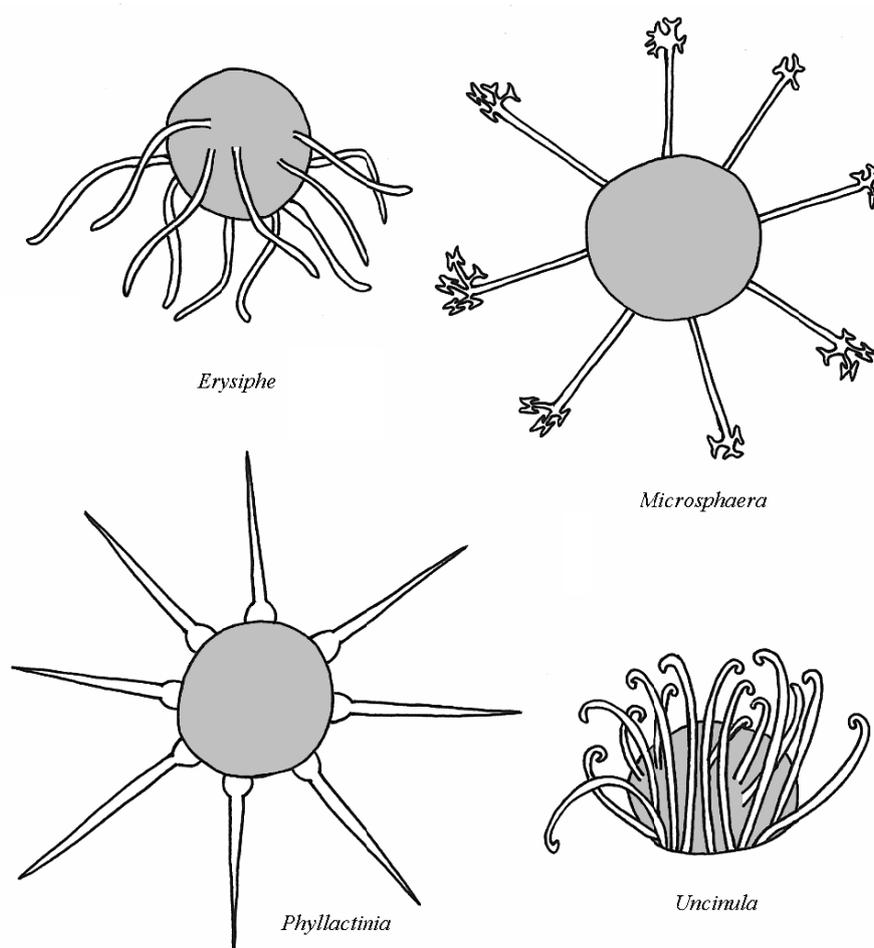
### Ordre des Erysiphales

L'ordre des **Erysiphales** renferme une seule famille, les **Erysiphacées**. Le mycélium est superficiel, hyalin, avec des haustories. Les ascomes sont cléistothéciques, globuleux, pâles à foncés, solitaires ou groupés, déhiscents à maturité et d'habitude avec des fulcres complexes. Les asques sont largement claviformes et régulièrement arrangés.

**Famille des Erysiphacées** : Cette famille contient des ectoparasites biotrophes de nombreuses plantes, provoquant la maladie de l'oïdium. Ils appartiennent à différents genres tels que *Blumeria*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* et *Uncinula* (Figure 2-7). Les anamorphes sont des **Hyphomycètes** qui renferment des genres comme *Oidium*, *Oidiopsis* et *Ovulariopsis*.

Exemples :

- *Blumeria graminis* (anamorphe : *Oidium monilioides*) : agent de l'oïdium des céréales,
- *Erysiphe betae* (anamorphe : *Oidium erysiphoides*) : agent de l'oïdium de la betterave,
- *Erysiphe cichoracearum* (anamorphe *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium d'environ 200 espèces végétales,
- *Erysiphe pisi* (anamorphe : *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium du pois,
- *Erysiphe polygoni* (anamorphe : *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium de plus de 500 espèces végétales,
- *Leveillula taurica* (anamorphe : *Oidiopsis taurica*) : agent de l'oïdium de près de 700 espèces végétales,
- *Microsphaera begoniae* (anamorphe : *Oidium begoniae*) : agent de l'oïdium du bégonia,



**Figure 2-7** : Quelques types de cléistothèces de certains genres d'Erysiphomycètes, agents causaux de la maladie de l'oïdium.

- *Microsphaera grossulariae* (anamorphe : *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium européen du groseiller,
- *Phyllactinia moricola* (anamorphe : *Ovulariopsis moricola*) : agent de l'oïdium du mûrier,
- *Podosphaera leucotricha* (anamorphe : *Oidium farinosum*) : agent de l'oïdium des arbres fruitiers à pépins,
- *Podosphaera tridactyla* (anamorphe : *Oidium passerinii*) : agent de l'oïdium des arbres fruitiers à noyau,
- *Podosphaera mors-uvae* (anamorphe : *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium américain du groseiller,
- *Sphaerotheca fuliginea* (anamorphe : *Oidium* sp.) : agent de l'oïdium des cucurbitacées,
- *Sphaerotheca pannosa* (anamorphe : *Oidium leucoconium*) : agent de l'oïdium du rosier,
- *Uncinula necator* (anamorphe : *Oidium tuckeri*) : agent de l'oïdium de la vigne.

## GROUPE DES PLECTOMYCÈTES

Antérieurement considérée comme la classe des *Ascomycota* cléistothécique, les **Plectomycètes** sont actuellement reconnus comme un groupe hétérogène, malgré leur similarité au niveau de la morphologie des ascomes. Les ascomes des Plectomycètes sont des cléistothèces qui sont d'habitude complètement fermés, non déhiscentes et contenant des asques qui ne sont pas régulièrement arrangés. Parmi différents ordres, seul un est connu contenir des phytopathogènes, celui des **Méliolales**.

### Ordre de Méliolales

L'ordre des **Méliolales** renferme plus de 1580 espèces décrites dans une seule famille des **Méliolacées**.

**Famille des Méliolacées** : La famille des Méliolacées contient certains parasites biotrophes des plantes. Le genre le plus connu est *Meliola*.

Exemple :

- *Meliola citri* : agent de la fumagine des agrumes.

## GROUPE DES PYRENOMYCÈTES

Les Pyrénomycètes forment un groupe hétérogène d'*Ascomycota* périthécique. Ils produisent souvent des périthèces qui sont des ascomes ostiolés globuleux ou en forme de flacon. Plusieurs phytopathogènes existent dans le groupe des Pyrénomycètes. Ils appartiennent essentiellement aux ordres des **Diaporthales**, **Hypocréales**, **Microascales**, **Ophistomatales**, **Phyllachorales**, et **Xylariales**.

### 1) Ordre des Diaporthales

L'ordre des **Diaporthales** contient près de 450 espèces décrites. Les périthèces sont d'habitude agrégés avec un long col, les asques souvent à paroi épaisse et les ascospores très variées. Deux familles sont importantes dans cet ordre : **Magnaporthacées** et **Valsacées**. Leurs anamorphes sont variés.

**Famille des Magnaporthacées** : la famille des Magnaporthacées renferme différents phytopathogènes qui sont necrotrophes sur les racines. Les genres les plus connus sont *Gaeumannomyces* et *Magnaporthe*. Leurs anamorphes, tels que *Pyricularia*, sont des **Hyphomycètes**.

Exemples :

- *Gaeumannomyces graminis* var. *avenae* : agent du piétin-échaudage de l'avoine,
- *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* : agent du piétin-échaudage des céréales,
- *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* : agent du piétin-échaudage du blé,
- *Magnaporthe grisea* (anamorphe : *Pyricularia oryzae*) : agent de la pyriculariose du riz.

**Famille des Valsacées** : Cette famille contient des parasites de plantes qui appartiennent principalement aux genres *Diaporthe*, *Gnomonia* et *Leucostoma*. Leurs anamorphes sont des **Coelomycètes** tels que les genres *Cytospora*, *Phomopsis* et *Zythia*.

Exemples :

- *Diaporthe citri* (anamorphe : *Phomopsis citri*) : agent de la mélanose des agrumes,
- *Diaporthe phaseolorum* (anamorphe : *Phomopsis phaseoli*) : agent de la pourriture du soja,
- *Leucostoma cincta* (anamorphe : *Cytospora cincta*) : agent du chancre des arbres fruitiers à noyau.

## 2) Ordre des Hypocréales

L'ordre des **Hypocréales** contient plus de 650 espèces décrites. Les périthèces sont généralement globuleux, parfois ornementés. Les ascomes sont rarement cléistothéciques. Les asques sont plus ou moins cylindriques, à paroi épaisse. Les ascospores sont variées, souvent cloisonnées. Les anamorphes sont majoritairement des **Hyphomycètes**. Cet ordre contient des phytopathogènes dans deux familles : **Clavicipitacées** et **Nectriacées**.

**Famille des Clavicipitacées** : Cette famille contient des phytopathogènes qui appartiennent principalement aux genres *Claviceps* et *Epichloë*. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes**, tels que *Acremonium* et *Sphacelia*.

Exemples :

- *Claviceps purpurea* (anamorphe : *Sphacelia segetum*) : agent de l'ergot du seigle,
- *Claviceps sorghi* (anamorphe : *Sphacelia sorghi*) : agent de l'ergot du sorgho,
- *Epichloë thyphina* (anamorphe : *Acremonium typhium*) : agent de la quenouille des graminées.

**Famille des Nectriacées** : Cette famille renferme des genres tels que *Gibberella* et *Nectria* contenant des espèces phytopathogènes. Leurs anamorphes sont des **Hyphomycètes** appartenant à des genres comme *Cylindrocarpon*, *Fusarium* et *Tubercularia*.

Exemples :

- *Gibberella avenacea* (anamorphe : *Fusarium avenaceum*) : agent de la fonte des semis des céréales,
- *Gibberella fujikuroi* (anamorphe : *Fusarium moniliforme*) : agent de la fusariose des céréales,
- *Gibberella intricans* (anamorphe : *Fusarium equiseti*) : parasite des plantules des céréales,
- *Gibberella stilboides* (anamorphe : *Fusarium stilboides*) : agent de la fusariose des agrumes,
- *Gibberella xylarioides* (anamorphe : *Fusarium xylarioides*) : agent du flétrissement du caféier,
- *Gibberella zeae* (anamorphe : *Fusarium graminearum*) : agent de la fusariose des graminées,
- *Nectria cinnabarina* (anamorphe : *Tubercularia vulgaris*) : parasite des arbres fruitiers,
- *Nectria galligena* (anamorphe : *Cylindrocarpon mali*) : agent du chancre du pommier,

- *Nectria haematococca* (anamorphe : *Fusarium solani*) : agent de la pourriture racinaire de nombreuses espèces végétales,
- *Nectria radicola* (anamorphe : *Cylindrocarpon destructans*) : agent de la pourriture racinaire de différentes espèces végétales.

### 3) Ordre des Microascales

L'ordre des **Microascales** renferme près de 70 espèces décrites ayant des ascomes qui sont majoritairement périthéciques, mais parfois cléistothéciques. Ces ascomes sont d'habitude noirs et à paroi épaisse. Les asques sont globoides ou ovoïdes, évanescents. Les ascospores sont hyalines ou de couleur claire et unicellulaire. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes**. La principale famille contenant des phytopathogènes est celle des **Cératocystidacées**.

**Famille des Cératocystidacées** : Cette famille renferme des phytopathogènes appartenant principalement au genre *Ceratocystis*. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes** dans le genre *Chalara*.

Exemples :

- *Ceratocystis fimbriata* (anamorphe : *Chalara* sp.) : agent du dépérissement de nombreuses espèces végétales,
- *Ceratocystis paradoxa* (anamorphe : *Chalara paradoxa*) : agent de la pourriture du cœur du palmier dattier.

### 4) Ordre des Ophiostomatales

L'ordre des **Ophiostomatales** contient environ 110 espèces décrites. Les ascomes sont périthéciques, rarement cléistothéciques, hyalins ou noirs, à paroi épaisse et d'habitude à long col. Les asques sont petits, globuleux à ovoïdes, évanescents et formés en chaînes. Les ascospores sont d'habitude petites, hyalines et généralement sans cloisons. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes**. La plus grande famille est celle des **Ophiostomatacées**.

**Famille des Ophiostomatacées** : La famille des Ophiostomatacées renferme des parasites de plantes principalement dans le genre *Ophiostoma*. Les espèces anamorphiques sont d'habitude dans le genre *Graphium*.

Exemple :

- *Ophiostoma ulmi* (anamorphe : *Graphium ulmi*) : agent de la maladie hollandaise ou tylose de l'orme.

### 5) Ordre des Phyllachorales

L'ordre des **Phyllachorales** contient près de 140 espèces décrites. Les ascomes sont périthéciques et d'habitude à paroi épaisse. Les asques sont

oblongs à cylindriques, avec des pores à leurs extrémités. Les ascospores sont d'habitude hyalines, non cloisonnées, occasionnellement ornementées. Les anamorphes sont souvent des **Coelomycètes**. La famille la plus importante est celle des **Phyllachoracées**.

**Famille des Phyllachoracées** : Cette famille renferme des phytopathogènes dans les genres *Glomerella* et *Phyllachora* avec des anamorphes appartenant aux genres *Colletotrichum* et *Linochora*.

Exemples :

- *Glomerella cingulata* (anamorphe : *Colletotrichum gloeosporioides*) : agent de l'antracnose de nombreuses espèces végétales,
- *Glomerella glycines* (anamorphe : *Colletotrichum destructivum*) : agent de l'antracnose du soja,
- *Glomerella gossypii* (anamorphe : *Colletotrichum gossypii*) : agent de l'antracnose du coton,
- *Glomerella graminicola* (anamorphe : *Colletotrichum graminicola*) : agent de l'antracnose du sorgho,
- *Glomerella lagenarium* (anamorphe : *Colletotrichum lagenarium*) : agent de l'antracnose des cucurbitacées,
- *Glomerella lindemuthianum* (anamorphe : *Colletotrichum lindemuthianum*) : agent de l'antracnose du haricot,
- *Glomerella tucumanensis* (anamorphe : *Colletotrichum falcatum*) : agent de l'antracnose de la canne à sucre,
- *Phyllachora graminis* : agent des taches foliaires des graminées.

## 6) Ordre des Xylariales

L'ordre des **Xylariales** contient plus de 800 espèces décrites. Leurs ascomes sont perithéciques, rarement cléistothéciques et d'habitude noirs et à paroi épaisse. Les asques sont cylindriques à globuleux, persistants. Les ascospores sont souvent pigmentées, parfois transversalement cloisonnées. Les anamorphes sont des **Coelomycètes** ou **Hyphomycètes**. Les principaux phytopathogènes sont dans les familles des **Diatrypacées** et des **Xylariacées**.

**Famille des Diatrypacées** : Cette famille renferme des espèces phytopathogènes dans le genre *Eutypa*. Les anamorphes sont essentiellement dans le genre des **Coelomycètes**, *Libertella*.

Exemple :

- *Eutypa armeniacea* (anamorphe : *Libertella blepharis*) : agent du chancre des arbres fruitiers.

**Famille des Xylariacées** : la famille des Xylariacées renferme des phytopathogènes appartenant aux genres *Hypoxylon*, *Rosellinia* et *Xylaria*. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes** majoritairement dans le genre *Dematophora*.

Exemples :

- *Xypoxylon nummularium* : parasite du théier,
- *Rosellinia necatrix* (anamorphe : *Dematophora necatrix*) : agent de la pourriture blanche des arbres fruitiers,
- *Xylaria hypoxylon* : agent de la xylaie du pommier.

## GRUPE DES DISCOMYCÈTES

Les **Discomycètes** forment un groupe hétérogène d'*Ascomycota* apothéciques. Ils produisent des apothécies qui sont sessiles, ouverts, plus ou moins en forme de coupe. Ils peuvent être couverts au début par une membrane qui s'ouvre par la suite ou qui peut rester fermée d'une façon permanente. Différents phytopathogènes appartiennent au groupe des Discomycètes et existent principalement dans les ordres des **Hélotiales** et des **Rhizomatales**.

### 1) Ordre des Hélotiales

L'ordre des **Hélotiales** renferme plus de 2020 espèces décrites. Les ascomes sont apothéciques, d'habitude petits, souvent clairement colorés, sessiles ou stipés, en forme de cupule ou discoïdes, rarement convexes. Les asques sont généralement petits, à paroi épaisse, avec un pore apical. Les ascospores sont fréquemment petites, simples ou transversalement cloisonnées, souvent hyalines et lisses. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes** et des **Coelomycètes**. Les phytopathogènes existent principalement dans les familles des **Dermatécées** et des **Sclérotiniacées**.

**Famille des Dermatécées** : Cette famille contient des phytopathogènes qui appartiennent essentiellement aux genres *Diplocarpon*, *Mollisia* et *Pseudopeziza*. Les anamorphes sont variés tels que *Marssonina*, *Pseudocercospora* et *Cylindrosporium*.

Exemples :

- *Diplocarpon earlianum* (anamorphe : *Marssonina fragariae*) : agent des brûlures foliaires du fraisier,

- *Diplocarpon maculatum* : agent des taches noires du cognassier et du pommier,
- *Diplocarpon mali* (anamorphe : *Marssonina coronaria*) : agent des taches foliaires du pommier,
- *Diplocarpon rosae* (anamorphe : *Marssonina rosae*) : agent des taches noires du rosier,
- *Mollisia yallundae* (anamorphe : *Pseudocercospora herpotrichoides*) : agent du piétin-verse des céréales,
- *Pseudopeziza trifolii* : agent des tâches foliaires du trèfle,
- *Pyrenopeziza brassicae* (anamorphe : *Cylindrosporium concentricum*) : agent des taches foliaires des crucifères.

**Famille des Sclerotiniacées** : La famille des Sclerotiniacées renferme la plupart des phytopathogènes dans les genres *Botryotinia*, *Gloeotinia*, *Monilinia*, *Sclerotinia* et *Stromatinia*. Les anamorphes sont des **Agonomycètes** et des **Hyphomycètes** et appartiennent aux genres, *Botrytis*, *Endoconidium*, *Monilia* et *Sclerotium*.

Exemples :

- *Botryotinia allii* (anamorphes : *Botrytis byssoidea*) : agent de la moisissure du collet de l'oignon,
- *Botryotinia convoluta* (anamorphe : *Botrytis convoluta*) : agent de la moisissure des rhizomes de l'iris,
- *Botryotinia draytonii* (anamorphe : *Botrytis gladiatorum*) : agent de la moisissure du cœur du glaïeul,
- *Botryotinia fabae* (anamorphe : *Botrytis fabae*) : agent des taches brunes de la fève,
- *Botryotinia fuckeliana* (anamorphe : *Botrytis cinerea*) : agent de la moisissure grise des tissus charnus ou sénescents de nombreuses espèces végétales,
- *Botryotinia globosa* (anamorphe : *Botrytis globosa*) : agent des taches foliaires de l'ail,
- *Botryotinia narcissicola* (anamorphe : *Botrytis narcissicola*) : agent de la moisissure du narcisse,
- *Gloeotinia granigena* (anamorphe : *Endoconidium temulentum*) : parasite des semences des graminées,
- *Monilinia fructicola* (anamorphe : *Monilia fructicola*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,
- *Monilinia fructigena* (anamorphe : *Monilia fructigena*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,
- *Monilinia laxa* (anamorphe : *Monilia cinerea*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,

- *Sclerotinia minor* : agent de la sclérotiniose de nombreuses espèces végétales,
- *Sclerotinia sclerotiorum* (anamorphe : *Sclerotium compactum*) : agent de la sclérotiniose de plusieurs espèces végétales,
- *Sclerotinia trifoliorum* : agent de la pourriture du trèfle,
- *Stromatinia gladioli* : agent de la pourriture sèche du glaïeul.

## 2) Ordre des Rhytismatales

L'ordre des **Rhytismatales** contient plus de 260 espèces. Les ascomes sont apothéciques, souvent noirs, sphériques, discoïdes ou allongés. Les asques sont généralement clindriques et à paroi épaisse. Les ascospores sont d'habitude hyalines, non cloisonnées et ovoïdes à filiformes. Les anamorphes sont des **Coelomycètes**. Une famille, les **Rhytismatacées**, contient des phytopathogènes.

**Famille des Rhytismatacées** : La famille des Rhytismatacées renferme des espèces phytopathogènes dans des genres tels que *Coccomyces*.

Exemple :

- *Coccomyces hiemalis* : parasite du cerisier.

## GROUPE DES LOCULOASCOMYCÈTES

Les **Loculoascomycètes** forment un groupe hétérogène d'*Ascomycota* pseudothéciques. Leurs ascomes sont des pseudothèces qui sont des locules sans paroi formés dans les ascostromes. Les phytopathogènes existent principalement dans les ordres des **Dothidéales**, des **Mycosphaerellales**, des **Myriangiales** et des **Pléosporales**.

### 1) Ordre des Dothidéales

L'ordre des **Dothidéales** renferme plus de 530 espèces décrites. Les locules pseudothéciques s'ouvrent par des pores apicaux ressemblent aux périthèces et sont souvent brun foncé. Les asques sont généralement ovoïdes à cylindriques et à paroi épaisse. Les ascospores sont uni- ou multicellulaires, hyalines à brunes. Les anamorphes sont des **Coelomycètes**. Les phytopathogènes existent majoritairement dans la famille des **Botryosphaeriaceae**.

**Famille des Botryosphaeriacées :** La famille des Botryosphaeriacées contient des parasites de plantes dans les genres *Botryosphaera* et *Guignardia*. Les anamorphes sont des **Coelomycètes** qui renferment des espèces des genres *Diplodia*, *Fusicoccum* et *Phyllosticta*.

Exemples :

- *Botryosphaeria dothidea* (anamorphe : *Fusicocum aesculi*) : agent de la pourriture du kiwi,
- *Botryosphaeria obtusa* (anamorphe : *Sphaeropsis malorum*) : agent du chancre des arbres fruitiers à pépins,
- *Botryosphaeria stevensii* (anamorphe : *Diplodia mutila*) : parasite de la vigne,
- *Guignardia bidwellii* (anamorphe : *Phyllosticta ampellicida*) : agent de la pourriture noire de la vigne,
- *Guignardia citricarpa* (anamorphe : *Phyllosticta citricarpa*) : agent des taches noires des agrumes,
- *Guignardia musae* (anamorphe : *Phyllosticta musarum*) : agent des taches fruitières du bananier.

## 2) Ordre des Mycosphaerellales

L'ordre des **Mycosphaerellales** renferme plus de 580 espèces décrites. Les ascoms pseudothéciques ressemblent aux périthèces et sont généralement noirs avec un ostiole bien développé. Les asques sont ovoïdes ou en forme de sac et les ascospores sont d'habitude hyalines et cloisonnées transversalement. Les anamorphes sont variés. Seule une famille existe dans cet ordre : les **Mycosphaerellacées**.

**Famille des Mycosphaerellacées :** Cette famille contient des espèces phytopathogènes telles que dans le genre *Mycosphaerella*. Les anamorphes sont dans les genres *Ascochyta*, *Asteromella*, *Cercoseptoria*, *Cercospora*, *Cercosporidium*, *Cladosporium*, *Paracercospora*, *Phoma*, *Pseudocercospora*, *Ramularia* et *Septoria*.

Exemples :

- *Mycosphaerella allii-cepae* (anamorphe : *Cladosporium allii-cepae*) : agent de la cladosporiose de l'oignon,
- *Mycosphaerella angulata* (anamorphe : *Cercospora brachypus*) : agent des taches angulaires de la vigne,
- *Mycosphaerella arachidis* (anamorphe : *Cercospora arachidicola*) : agent de la cercosporiose de l'arachide,
- *Mycosphaerella berkeleyi* (anamorphe : *Cercosporidium personatum*) : agent des taches foliaires tardives de l'arachide,

- *Mycosphaerella caricae* (anamorphe : *Phoma caricae-papaye*) : parasite du papayer,
- *Mycosphaerella cruenta* (anamorphe : *Pseudocercospora cruenta*) : agent des taches foliaires du niébé,
- *Mycosphaerella fragariae* (anamorphe : *Ramularia brunnea*) : agent des taches foliaires du fraisier,
- *Mycosphaerella graminicola* (anamorphe : *Septoria tritici*) : agent de la septoriose foliaire du blé,
- *Mycosphaerella musicola* (anamorphe : *Pseudocercospora musae*) : agent des taches foliaires du bananier,
- *Mycosphaerella pinodes* (anamorphes : *Ascochyta pinodes*) : agent de l'anthracnose du pois,
- *Mycosphaerella pyri* (anamorphes : *Septoria pyricola*) : agent de la septoriose du poirier,
- *Mycosphaerella sesamicola* (anamorphe : *Cercospora sesami*) : agent de la cercosporiose du sésame,
- *Mycosphaerella zae-maydis* (anamorphes : *Phoma zae-maydis*) : agent de la phomose du maïs.

### 3) Ordre des Myriangiales

L'ordre des **Myriangiales** contient près de 100 espèces décrites. Les locules ascomiques deviennent gélatineuses à maturité et s'ouvrent par une dégradation désordonnée de leurs couches. Les asques sont plus ou moins globuleux et sessiles. Les ascospores sont hyalines à brunes, transversalement cloisonnées ou mûriformes. Les anamorphes sont des **Coelomycètes**. Les phytopathogènes sont connus dans la famille des **Elsinoacées**.

**Famille des Elsinoacées** : La famille des Elsinoacées renferme des phytopathogènes qui appartiennent au genre *Elsinoë*. Son anamorphe est le genre *Sphaceloma*.

Exemples :

- *Elsinoë ampelina* (anamorphe : *Sphaceloma ampelinum*) : agent de l'anthracnose de la vigne,
- *Elsinoë batatas* (anamorphe : *Sphaceloma batatas*) : agent de la gale de la patate douce,
- *Elsinoë fawcettii* (anamorphe : *Sphaceloma fawcettii*) : agent de la gale des agrumes,
- *Elsinoë phaseoli* : agent de la gale du haricot de Lima,
- *Elsinoë rosarum* (anamorphe : *Sphaceloma rosarum*) : agent de la gale du rosier,
- *Elsinoë veneta* (anamorphe : *Sphaceloma necator*) : agent de l'anthracnose du framboisier.

#### 4) Ordre des Pléosporales

L'ordre des **Pléosporales** contient près de 1450 espèces décrites. Les ascomés pseudothéciques, ressemblant fréquemment aux périthèces et rarement aux cléistothèces, sont d'habitude plus ou moins globuleux, à paroi épaisse, noirs et généralement s'ouvrant par un ostiole bien développé. Les asques sont souvent plus ou moins cylindriques. Les ascospores sont hyalines à brunes, cloisonnées, à paroi mince ou épaisse et parfois mûriformes. Les anamorphes sont variés. Les familles les plus importantes contenant des phytopathogènes sont les **Leptosphaeriaceés**, les **Pléosporacées** et les **Venturiacées**.

**Famille des Leptosphaeriaceés** : La famille des Leptosphaeriaceés renferme des phytopathogènes appartenant majoritairement au genre *Leptosphaeria*. Leurs anamorphes sont des **Coelomycètes** dans les genres *Coniothyrium*, *Phoma*, *Septoria* et *Stagonospora*.

Exemples :

- *Leptosphaeria avenaria* (anamorphe : *Septoria avenae*) : agent de la septoriose de l'avoine,
- *Leptosphaeria coniothyrium* (anamorphe : *Coniothyrium fuckelii*) : agent du chancre du rosier,
- *Leptosphaeria maculans* (anamorphe : *Phoma lingam*) : parasite des crucifères,
- *Leptosphaeria taiwanensis* (anamorphe : *Stagonospora taiwanensis*) : agent des taches foliaires de la canne à sucre,
- *Phaeosphaeria nodorum* (anamorphe : *Stagonospora nodorum*) : agent de la « septoriose » des épis du blé.

**Famille des Pléosporacées** : la famille des Pléosporacées renferme des phytopathogènes dans les genres *Cochliobolus*, *Didymella*, *Pleospora* et *Pyrenophora*. Leurs anamorphes sont dans les genres *Ascochyta*, *Bipolaris*, *Drechslera*, *Phoma* et *Stemphylium*.

Exemples :

- *Cochliobolus carbonum* (anamorphe : *Bipolaris zeicola*) : agent des taches foliaires du maïs,
- *Cochliobolus heterostrophus* (anamorphe : *Bipolaris maydis*) : agent des taches foliaires du maïs,
- *Cochliobolus miyabeanus* (anamorphe : *Bipolaris oryzae*) : agent des taches brunes du riz,
- *Cochliobolus sativus* (anamorphe : *Bipolaris sorkiniana*) : agent du piétin-helminthosporiose des céréales,

- *Cochliobolus tuberculatus* (anamorphe : *Curvularia tuberculata*) : agent des taches foliaires de nombreuses espèces végétales,
- *Cochliobolus victoriae* (anamorphe : *Bipolaris victoriae*) : agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Didymella fabae* (anamorphe : *Ascochyta fabae*) : agent de l'antracnose de la fève,
- *Didymella lycopersici* (anamorphe : *Phoma lycopersici*) : agent de la phomose de la tomate,
- *Didymella rabiei* (anamorphe : *Ascochyta rabiei*) : agent de l'antracnose du pois chiche,
- *Pleospora alfalfae* (anamorphe : *Stemphylium alfalfae*) : parasite de la luzerne,
- *Pleospora betae* (anamorphe : *Phoma betae*) : agent de la phomose de la betterave,
- *Pleospora herbarum* (anamorphe : *Stemphylium herbarum*) : parasite de diverses espèces végétales,
- *Pyrenophora chaetomioides* (anamorphes : *Drechslera avenacea*) : agent des taches foliaires (helminthosporiose) de l'avoine,
- *Pyrenophora graminea* (anamorphe : *Drechslera graminea*) : agent des feuilles striées (helminthosporiose) de l'orge,
- *Pyrenophora teres* (anamorphe : *Drechslera teres*) : agent de la rayure réticulée (helminthosporiose) de l'orge,
- *Pyrenophora tritici-repentis* (anamorphe : *Drechslera tritici-repentis*) : agent des taches jaunes ou bronzées (helminthosporiose) du blé.

**Famille des Venturiacées :** Cette famille renferme des espèces phytopathogènes qui appartiennent aux genres *Dibotryon* et *Venturia*. Les anamorphes existent dans les genres *Cladosporium*, *Fusicladium* et *Spilocaea*.

Exemples :

- *Dibotryon morbosum* (anamorph : *Fusicladium* sp.) : parasite du prunier et du cerisier,
- *Venturia carpophila* (anamorphe : *Cladosporium carpophilum*) : agent de la tavelure des arbres fruitiers à noyau,
- *Venturia cerasi* (anamorphe : *Fusicladium cerasi*) : agent de la tavelure du cerisier,
- *Venturia inaequalis* (anamorphe : *Spilocaea pomi*) : agent de la tavelure du pommier,
- *Venturia pirina* (anamorphe : *Fusicladium pyrorum*) : agent de la tavelure du poirier.

-----



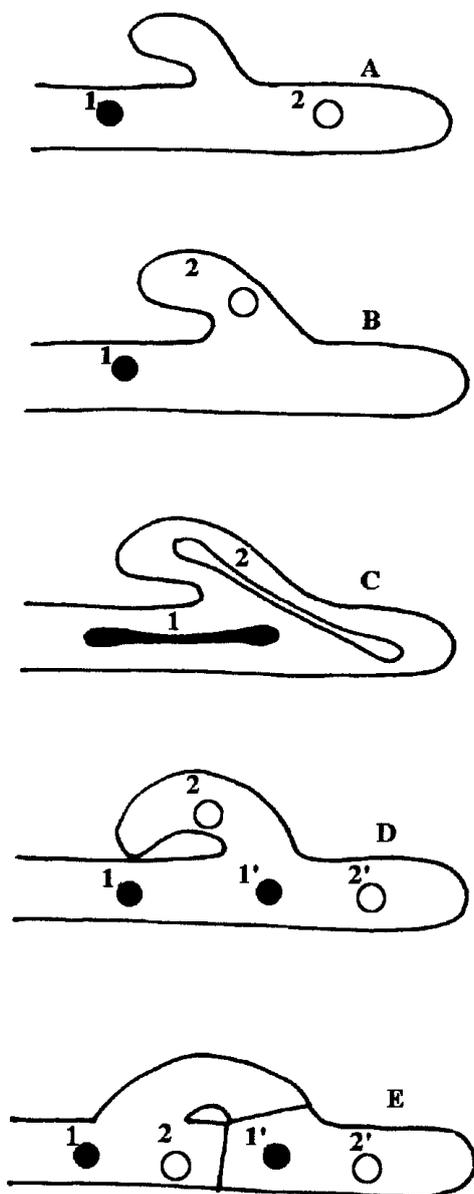
## 2.10 - PHYLUM DES *BASIDIOMYCOTA*

Le phylum des *Basidiomycota* est un grand groupe diversifié de champignons contenant près de 30000 espèces décrites. Ils sont caractérisés par la production de basides portant des basidiospores après plasmogamie, caryogamie et méiose. Beaucoup d'espèces macroscopiques sont communément observées dans les prairies et les forêts.

Le **thalle** des *Basidiomycota* consiste généralement en des hyphes cloisonnées bien développées et moins fréquemment en levures unicellulaires. Le mycélium formé d'hyphes est d'habitude de couleur blanche, jaune ou orangée. Chez certaines espèces, les hyphes mycéliennes peuvent se développer en **rhizomorphes** ou en **cordons mycéliens**.

Le mycélium de la plupart des espèces hétérothalliques passe par trois stades de développement distincts, primaire, secondaire et tertiaire. Le **mycélium primaire** est homocaryotique et d'habitude se développe après la germination des basidiospores. Ce mycélium cloisonné est souvent composé de cellules uniclées. Ensuite, le mycélium primaire donne naissance au **mycélium secondaire** après la plasmogamie entre des spermaties et/ou des hyphes. En conséquence, ce mycélium secondaire et les spores qu'il produit, sont dicaryotiques avec des cellules binuclées. Durant ce stade l'une des caractéristiques spécifiques aux *Basidiomycota* est la production d'**anses d'anastomose** qui se forment durant la division conjuguée des noyaux à l'extrémité d'une hyphe en croissance (Figures 2-8 et 2-9). Une autre caractéristique spécifique et la formation chez beaucoup d'espèces de *Basidiomycota* de **cloison dolipore** qui peut être couverte de parenthosomes (Figure 2-9). Le **mycélium tertiaire** se développe à partir du mycélium secondaire et consiste en un mycélium organisé et spécialisé qui renferme les basidiocarpes et/ou les basides qui libèrent les basidiospores. Avant que la caryogamie n'ait lieu dans les basides, le mycélium tertiaire est aussi dicaryotique.

La **reproduction asexuée** des *Basidiomycota* entraîne, pour la plupart des espèces, la production de diverses conidies. Ces types de spores peuvent garder leur nom général (conidies) comme pour les agents des charbons ou peuvent être désignés par des noms spécifiques (urédospores) comme pour les agents des rouilles. Contrairement, aux *Ascomycota*, les



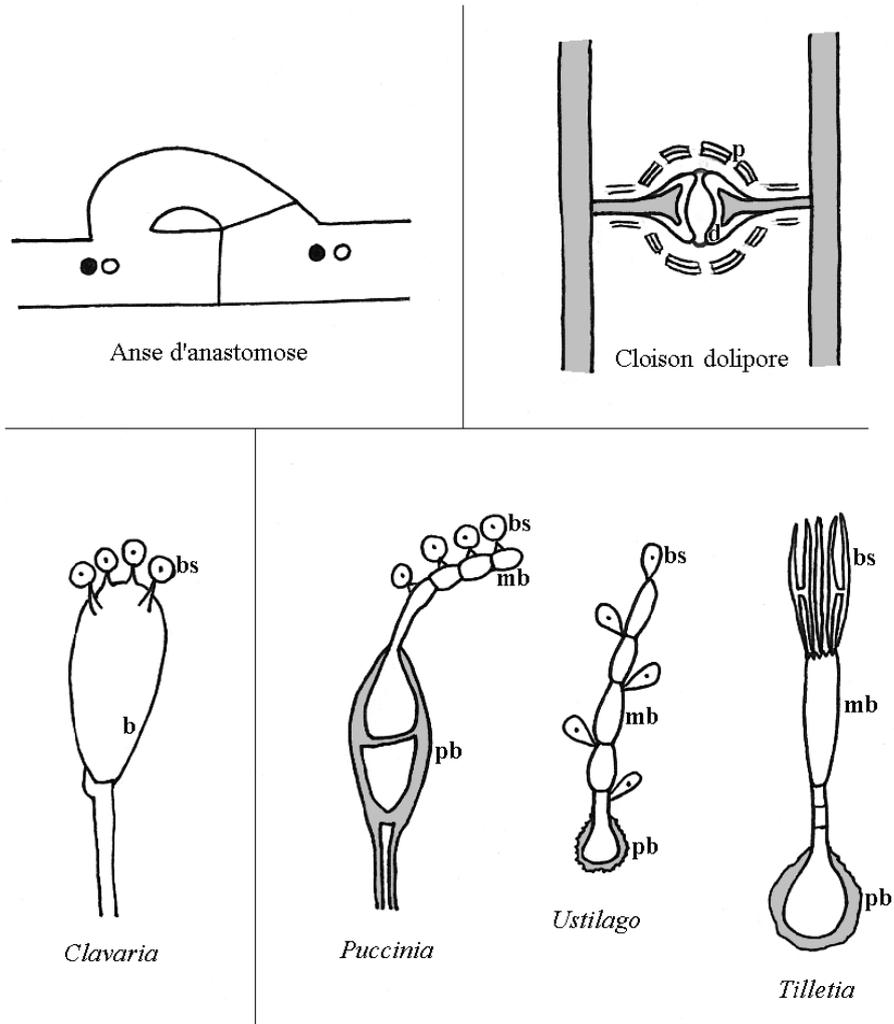
**Figure 2-8 :** Etapes typiques du développement de l'anse d'anastomose chez les *Basidiomycota*.

anamorphes des *Basidiomycota* qui produisent des conidies sont arbitrairement écartés des Deutéromycètes. Seuls quelques anamorphes des *Basidiomycota* sont affectés aux Deutéromycètes. Ces espèces sont connues appartenir à la classe des **Basidiomycètes** (*sensu stricto*). Elles sont en général incapables de produire des conidies de façon à ce qu'ils se développent durant le stade anamorphique seulement par l'intermédiaire de la multiplication végétative de leurs mycéliums. Quelques exemples seront donnés dans le chapitre réservé aux **Deutéromycètes** (parmi les **Agonomycètes**).

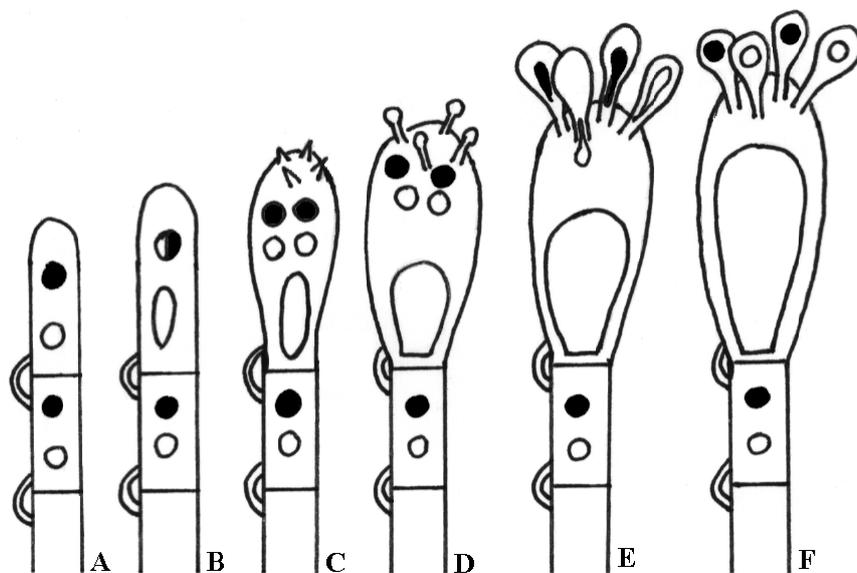
La **reproduction sexuée** chez les *Basidiomycota* culmine par la production des basides portant des basidiospores. Elle commence par la fusion et plasmogamie des spermaties et des hyphes réceptives ou entre des hyphes de mycéliums primaires compatibles. Les stades suivants sont les mycéliums secondaires et tertiaires qui sont dicaryotiques. A partir du mycélium tertiaire, les basidiocarpes et/ou les basides se différencient. Ensuite, la caryogamie et la méiose a lieu dans les basides qui produisent les basidiospores extérieurement. La germination des basidiospores donne d'habitude naissance au mycélium primaire. Dans les deux classes des **Urédinomycètes** et des **Ustilaginomycètes**, la différenciation des basides est précédée par un stade de spore de conservation appelé téliosspore.

Les **basidiospores** sont typiquement haploïdes, uninucléées et au nombre de quatre (Figures 2-9 et 2-10). Leur germination permet le développement du mycélium primaire. Ce type de germination est fréquent et est appelé **germination directe**. Dans quelques groupes, cependant, les basidiospores peuvent germer pour former ce qui est appelé des spores secondaires ou bourgeonner pour former des conidies ou des microconidies. Ensuite, ces spores secondaires et conidies ou microconidies germent pour développer le mycélium primaire. Ce type de germination est désigné par **germination indirecte**.

Les **basides** sont des structures qui portent à leur surface un nombre défini de basidiospores qui se forment après caryogamie et méiose (Figures 2-9 et 2-10). La baside peut être de structure simple en forme de massue dont l'origine est une cellule terminale d'une hyphe binucléée. Après caryogamie et méiose, cette baside donne naissance à quatre noyaux haploïde tandis que quatre petites excroissances appelées **stérigmates** poussent vers l'extérieur au sommet de la baside et élargissent leurs extrémités pour former les débuts des basidiospores. Pendant ce temps, une vacuole se forme à la base de la baside, s'accroît en taille et pousse les contenus de la baside dans les basidiospores en formation, de façon à ce que chaque basidiospore reçoit



**Figure 2-9 :** Quelques structures typiques chez les *Basidiomycota* (b : baside, bs : basidiospore, d : dolipore, mb : metabaside, p : prethosomes, pb : probaside).



**Figure 2-10** : Etapes typiques du développement de la baside et des basidiospores chez les *Basidiomycota*.

finalement une portion de cytoplasme et un seul noyau. Dans d'autres types de basides, il y a deux parties en plus des stérigmates, la **probaside** et la **métabaside**. La probaside est la portion de baside où la caryogamie a lieu tandis que la métabaside est la portion où la méiose prend place. Dans certaines basides, la probaside et la métabaside sont morphologiquement distinctes tandis que dans d'autres, ces deux termes désignent simplement des stades de développement différents à l'intérieur de la même structure. D'habitude, deux types de basides sont connus, **holobasides** et **phragmobasides**. Les holobasides sont formées d'une seule cellule tandis que les phragmobasides sont typiquement divisées en quatre cellules par des cloisons transversales. Chez les agents des rouilles et des charbons, le développement des basides commence quand la spore de conservation à paroi épaisse appelée **téliospore** germe pour former une sorte de tube germinatif (la baside) sur lequel les basidiospores sont produites (Figure 2-9).

Les **basidiocarpes** ou **basidiomes** sont des structures sporulantes où la plupart des *Basidiomycota* produit leurs basides. Les basidiomes sont comparables aux ascomes des *Ascomycota*. Cependant, ces basidiomes ne sont pas produits par les levures et par les agents des rouilles et des charbons. Les basidiomes varient en taille de microscopique à macroscopique et sont de différentes morphologies. Ils peuvent s'ouvrir à un stade précoce, à un stade tardif ou même rester complètement fermés ; leurs spores sont alors libérées après la désintégration des basidiomes ou après fractures par des forces externes. Chez la plupart des espèces, les basides sont typiquement formées dans des couches définies appelées **hyméniums** qui sont comparables aux couches des asques chez certains *Ascomycota*. Dans les basidiomes, l'hyménium est une couche composée à la fois des basides et de tous les autres éléments stériles qui peuvent être présents. Il peut couvrir toute la surface ou seulement une portion des basidiomes ou peut être confiné à des portions spécialisées du basidiome.

La classification des *Basidiomycota* était plus ou moins différente d'un auteur à un autre. Ainsi, les *Basidiomycota* ont été divisés en trois ou quatre classes. Dans une proposition, les ordres des Urédinales (agents des rouilles) et des Ustilaginales (agents des charbons) ont été groupés dans la classe des **Téliomycètes** et les autres ordres dans les classes des **Phragmobasidiomycètes** et des **Holobasidiomycètes**. A l'intérieur de cette dernière classe, le groupe des **Gasteromycètes** était distingué. Dans une seconde proposition, les Ustilaginales ont été séparées dans la classe des **Hémibasidiomycètes** et les autres ordres dans la classe des **Hétérobasiomycètes** (renfermant les Urédinales) et les

**Homobasidiomycètes.** Dans une troisième proposition, les *Basidiomycota* ont été divisés en quatre classes : **Téliomycètes**, **Hémibasidiomycètes**, **Phragmobasidiomycètes** et **Holobasidiomycètes**. Actuellement, nombreux auteurs utilisent une même et pragmatique subdivision des *Basidiomycota* basée sur la présence ou l'absence de basidiomes macroscopiques, la forme de vie et le style de vie (y compris la spécialisation d'hôte) et en retenant les traditionnels « Hyménomycètes » et « Gastéromycètes » comme des catégories informelles et non monophylétiques. Il en résulte une subdivision en trois classes : **Basidiomycètes** *sensu stricto* ou **Hyménomycètes** (renfermant la plupart des espèces des *Basidiomycota* y compris le groupe des Gastéromycètes), **Urédinomycètes** ou **Téliomycètes** (groupant les agents des rouilles) et **Ustilaginomycètes** ou **Ustomycètes** (groupant les agents des charbons) (Tableau 2-6).

## CLASSE DES BASIDIOMYCÈTES

La classe des **Basidiomycètes** (ou **Hyménomycètes**) renferme près de 20400 espèces décrites. La plupart des espèces pathogènes est formée de parasites d'arbres forestiers. Certaines d'entre elles sont des parasites de plantes cultivées et appartiennent majoritairement aux trois ordres des **Agaricales**, des **Cératobasidiales** et des **Polyporales**.

### 1) Ordre des Agaricales

L'ordre des **Agaricales** contient près de 9400 espèces décrites. Le mycélium peut être pérenne. Les parasites de plantes sont rares et appartiennent principalement aux familles des **Marasmiacées** et **Typhulacées**.

**Famille des Marasmiacées :** La famille des Marasmiacées renferme certains phytopathogènes appartenant aux genres *Armillaria*, *Marasmiellus* et *Marasmius*.

Exemples :

- *Armillaria mellea* : agent du pourridié des arbres,
- *Marasmiellus inoderma* : agent du pourridié du maïs,
- *Marasmius plicatus* : agent du pourridié de la canne à sucre.

**Famille des Typhulacées :** Cette famille contient quelques parasites des plantes dans le genre *Typhula*.

Exemple :

- *Typhula incarnata* : parasite des céréales.

**Tableau 2-6 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Basidiomycota*.

- PHYLUM DES *BASIDIOMYCOTA***
- CLASSE DES BASIDIOMYCÈTES**
- Ordre des Agaricales**
  - Famille des Marasmiacées**
  - Famille des Typhulacées**
- Ordre des Cératobasidiales**
  - Famille des Cératobasidiacées**
- Ordre des Polyporales**
  - Famille des Athélicées**
  - Famille des Ganodermatacées**
  - Famille des Méruliacées**

**Tableau 2-6 (suite 1) :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Basidiomycota*.

**- CLASSE DES UREDINOMYCÈTES**

**- Ordre des Urédinales**

- Famille des Mélampsoracées**
- Famille des Phakosporacées**
- Famille des Phragmidiacées**
- Famille des Pucciniacées**
- Famille des Uropyxidacées**

**Tableau 2-6 (suite 2) :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes dans le phylum des *Basidiomycota*.

**- CLASSE DES USTILAGINOMYCÈTES**

**- Ordre des Entylomatales**

**- Famille des Entylomatacées**

**- Ordre des Exobasidiales**

**- Famille des Exobasidiacées**

**- Ordre des Tillétiales**

**- Famille des Tillétiacées**

**- Ordre des Urocystales**

**- Famille des Urocystacées**

**- Ordre des Ustilaginales**

**- Famille des Glomosporiacées**

**- Famille des Ustilaginacées**

## 2) Ordre des Cératobasidiales

L'ordre des **Cératobasidiales** contient plus de 30 espèces décrites dans une seule famille, les **Cératobasidiacées**. Certaines de ces espèces sont des phytopathogènes.

**Famille des Cératobasidiacées** : la famille des Cératobasidiacées renferme certaines espèces phytopathogènes qui appartiennent aux genres *Ceratobasidium* et *Thanatephorus*. Les anamorphes sont des **Agonomycètes** dans le genre *Rhizoctonia*.

Exemples :

- *Ceratobasidium cerealis* (anamorphe : *Rhizoctonia cerealis*) : parasite des céréales,
- *Ceratobasidium oryzae-sativae* (anamorphe : *Rhizoctonia oryzae-sativae*) : parasite du riz,
- *Thanatephorus cucumeris* (anamorphe : *Rhizoctonia solani*) : agent du rhizoctone de nombreuses espèces végétales.

## 3) Ordre des Polyporales

L'ordre des **Polyporales** contient plus de 2250 espèces décrites. Certaines d'entre elles sont des phytopathogènes et appartiennent aux familles des **Athéliacées**, des **Ganodermatacées** et des **Méruliacées**.

**Famille des Athéliacées** : La famille des Athéliacées renferme certaines espèces phytopathogènes dans le genre *Athelia*. Leurs anamorphes sont des **Agonomycètes** dans le genre *Sclerotium*.

Exemple :

- *Athelia rolfsii* (anamorphe : *Sclerotium rolfsii*) : parasite de nombreuses espèces végétales.

**Famille des Ganodermatacées** : Cette famille contient certaines espèces phytopathogènes appartenant au genre *Ganoderma*.

Exemple :

- *Ganoderma philipii* : agent de la pourriture racinaire du caféier et du théier.

**Famille des Méruliacées** : la famille des Méruliacées renferme certaines espèces dans le genre *Chondrosterium*.

Exemple :

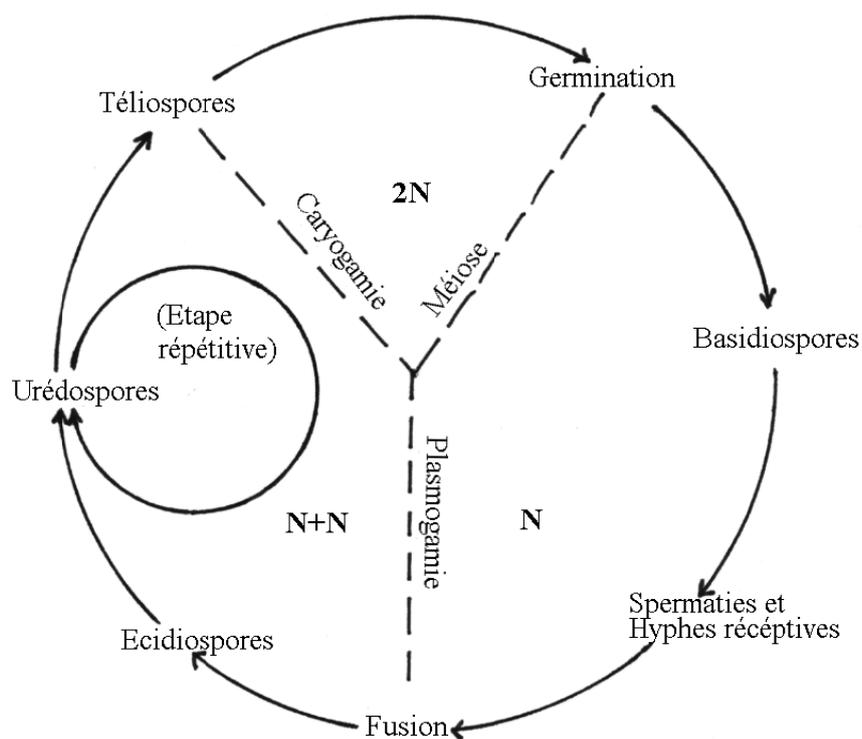
- *Chondrosterium purpureum* : agent du plomb des arbres fruitiers.

## CLASSE DES URÉDINOMYCÈTES

La classe des **Urédinomyètes** contient plus de 8050 espèces décrites. La plupart d'entre elles est formée des agents des rouilles et appartiennent à l'ordre des **Urédinales**.

### Ordre des Urédinales

L'ordre des **Urédinales** renferme près de 6930 espèces. Leurs mycéliums manquent d'anses d'anastomose et sont en général intercellulaires, fréquemment avec des haustories. Un grand nombre d'espèces se développe comme des parasites obligatoires de plantes provoquant des maladies importantes appelées rouilles. Les agents des rouilles peuvent avoir jusqu'à cinq stades fréquemment numérotés de 0 à IV (Figure 2-11). **0 : Spermatis** qui sont des gamètes monocaryotiques produites dans des **spermogonies**. **I : Ecidiospores** qui sont des spores dicaryotiques unicellulaires, typiquement en chaînes, à paroi mince et verruqueuse. Elles sont produites dans les **écidies**. **II : Urédospores** qui sont produites dans les **urédies**. Les urédospores typiques sont des spores dicaryotiques unicellulaires ayant une paroi pigmentée rugueuse montrant deux ou plusieurs pores germinatifs. **III : Télisporés** (ou téléospores) qui sont produites par les **téliés**. Elles peuvent être considérées comme le stade téléomorphiques, tandis que les écidiospores et les urédospores peuvent être considérées comme les anamorphes. Typiquement, les télisporés sont des spores de conservation uni- ou multicellulaires ayant une paroi épaisse est diversement ornementée. **IV : Basidiosporés** (ou sporédies) qui sont des spores généralement haploïdes, unicellulaires, à paroi mince, de courte vie, produites sur les **basides** et libérées à partir des **stérigmates**. Un champignon agent de la rouille est **autoécique** si son cycle biologique a lieu sur une seule plante hôte (ou groupe de plante hôtes étroitement liées). Il peut être **hétéroécique** si ses stades 0 et I prennent place sur une sorte de plante hôte (hôte secondaire) et les stades II et III sur une autre sorte de plante hôte (hôte principal). La rouille est **macrocyclique** si tous les cinq stades de spores du champignon ont lieu durant son cycle biologique. Elle est **microcyclique** si seulement quelques stades de spores parmi les cinq ont lieu. Les familles les plus importantes sont les **Mélampsoracées**, les **Phakosporacées**, les **Phragmidiacées**, les **Pucciniacées** et les **Uropyxidacées**.



**Figure 2-11 :** Cycle biologique général des Urédinales.

**Famille des Mélampsoracées :** Cette famille contient des phytopathogènes ayant des écidiospores en chaîne (*Caeoma*), des urédospores pédicellées et des téliosporas unicellulaires sessiles. Ils appartiennent majoritairement au genre *Melampsora*.

Exemple :

- *Melampsora lini* : agent de la rouille du lin.

**Famille des Phakosporacées :** La famille des Phakosporacées renferme des espèces phytopathogènes avec des écidiospores en chaîne (*Aecidium* ou *Caeoma*) ou pédicellées (*Uraecium*), des urédospores pédicellées et des téliosporas unicellulaires sessiles. Les genres les plus importants sont *Cerotelium* et *Phakospora*.

Exemples :

- *Cerotelium fici* : agent de la rouille du figuier,
- *Phakospora envitis* : agent de la rouille de la vigne,
- *Phakospora gossypii* : agent de la rouille du cotonnier,
- *Phakospora pachyrhisi* : agent de la rouille du soja.

**Famille des Phragmidiacées :** La famille des Phragmidiacées renferme des phytopathogènes ayant des écidiospores en chaîne (*Caeoma*) ou pédicellées (*Uraecium*), des urédospores pédicellées et des téliosporas pédicellées multicellulaires. Ils appartiennent principalement aux genres *Gymnoconia* et *Phragmidium*.

Exemples :

- *Gymnoconia nitens* : agent de la rouille orangée du mûrier,
- *Phragmidium mucronatum* : agent de la rouille du rosier,
- *Phragmidium rubi-idea* : agent de la rouille du framboisier,
- *Phragmidium violaceum* : agent de la rouille foliaire du mûrier.

**Famille des Pucciniacées :** Cette famille renferme des phytopathogènes avec des écidiospores en chaîne (*Aecidium*, plus rarement *Caeoma*) ou pédicellées (*Uraecium*), des urédospores pédicellées et des téliosporas uni- ou bicellulaires pédicellées. Les genres les plus importants sont *Gymnosporangium*, *Hemileia*, *Puccinia* et *Uromyces*.

Exemples :

- *Gymnosporangium clavipes* : agent de la rouille du cognassier (stades 0 et I sur pommier et stade IV sur *Juniperus*),
- *Gymnosporangium fuscum* : agent de la rouille du poirier (stade IV sur *Juniperus*),
- *Gymnosporangium juniperi-virginiana* : agent de la rouille américaine du pommier (stade IV sur *Juniperus*).

- *Gymnosporangium tremelloides* : agent de la rouille européenne du pommier (stade IV sur *Juniperus*),
- *Hemileia vastatrix* : agent de la rouille du caféier,
- *Puccinia arachidis* : agent de la rouille de l'arachide,
- *Puccinia chrysanthemi* : agent de la rouille du chrysanthème,
- *Puccinia coronata* : agent de la rouille couronnée de l'avoine (stades 0 et I sur *Rhamnus*),
- *Puccinia graminis* : agent de la rouille noire ou des tiges du blé (stades 0 et I sur *Berberis*),
- *Puccinia helianthi* : agent de la rouille du tournesol,
- *Puccinia hordei* : agent de la rouille brune, naine ou des feuilles de l'orge (stades 0 et I sur *Ornithogalum*),
- *Puccinia leveillei* : agent de la rouille du géranium,
- *Puccinia kuehnii* : agent de la rouille de la canne à sucre,
- *Puccinia malvacearum* : agent de la rouille des malvacées,
- *Puccinia pittieriana* : agent de la rouille des solanacées,
- *Puccinia polysora* : agent de la rouille du maïs,
- *Puccinia recondita* : agent de la rouille brune ou des feuilles du blé (stades 0 et I sur *Anchusa*),
- *Puccinia striiformis* : agent de la rouille jaune ou striée du blé,
- *Uromyces appendiculatus* : agent de la rouille du haricot,
- *Uromyces batae* : agent de la rouille de la betterave,
- *Uromyces ciceris-arietini* : agent de la rouille du pois chiche,
- *Uromyces gladioli* : agent de la rouille du glaïeul,
- *Uromyces musae* : agent de la rouille du bananier,
- *Uromyces pisi-sativi* : agent de la rouille du pois (stades 0 et I sur *Euphorbia*),
- *Uromyces trifolii-repentis* : agent de la rouille du trèfle,
- *Uromyces viciae-fabae* : agent de la rouille de la fève.

**Famille des Uropyxidacées** : La famille des Uropyxidacées renferme des phytopathogènes ayant des écidiospores pédicellées (*Uraecium*), des urédospores pédicellées et des téliospores bi- ou multicellulaires pédicellées. Ils appartiennent principalement au genre *Tranzschelia*.

Exemple :

- *Tranzschelia pruni-spinosae* : agent de la rouille des arbres fruitiers à noyau (stades 0 et I sur *Anemone*).

## CLASSE DES USTILAGINOMYCÈTES

La classe des **Ustilaginomycètes** renferme plus de 1460 espèces décrites. La plupart d'entre elles est formée des agents de charbons et appartiennent aux ordres des **Entylomatales**, des **Exobasidiales**, des **Tillétiales**, des **Urocystales** et des **Ustilaginales**.

### 1) Ordre Entylomatales

L'ordre des **Entylomatales** contient environ 160 espèces décrites. Certaines d'entre elles sont des agents de charbons et appartiennent à une seule famille des **Entylomatacées**.

**Famille des Entylomatacées** : Cette famille renferme des phytopathogènes qui appartiennent majoritairement au genre *Entyloma*.

Exemple :

- *Entyloma oryzae* : agent du charbon foliaire du riz.

### 2) Ordre des Exobasidiales

L'ordre des **Exobasidiales** renferme plus de 80 espèces décrites. Certaines d'entre elles sont des parasites de plantes provoquant parfois des galles. Elles appartiennent essentiellement à la famille des **Exobasidiacées**.

**Famille des Exobasidiacées** : La famille des Exobasidiacées contient des phytopathogènes appartenant principalement au genre *Exobasidium*.

Exemples :

- *Exobasidium japonicum* : agent de la galle foliaire de l'azalée,

- *Exobasidium vexans* : agent de la cloque du théier.

### 3) Ordre des Tillétiales

L'ordre des **Tillétiales** renferme près de 180 espèces décrites qui causent essentiellement un type de charbon appelé carie. Elles appartiennent à une seule famille des **Tillétiacées**.

**Famille des Tillétiacées** : Cette famille contient des phytopathogènes appartenant majoritairement au genre *Tilletia*.

Exemples :

- *Tilletia controversa* : agent de la carie naine des céréales,

- *Tilletia horrida* : agent de la carie du riz,

- *Tilletia indica* : agent de la carie de Karnal sur le blé,

- *Tilletia laevis* : agent de la carie commune du blé,
- *Tilletia tritici* : agent de la carie commune du blé.

#### 4) Ordre des Urocystales

L'ordre des **Urocystales** renferme près de 30 espèces décrites. Plusieurs d'entre elles sont des agents de charbons et appartiennent principalement à la famille des **Urocystacées**.

**Famille des Urocystacées** : La famille des Urocystacées contient des phytopathogènes appartenant essentiellement au genre *Urocystis*.

Exemples :

- *Urocystis agropyri* : agent du charbon foliaire des céréales,
- *Urocystis cepulae* : agent du charbon de l'oignon,
- *Urocystis gladiolicola* : agent du charbon du glaïeul,
- *Urocystis occulta* : agent du charbon du seigle.

#### 5) Ordre des Ustilaginales

L'ordre des **Ustilaginales** renferme plus de 670 espèces décrites dont plusieurs provoquent des charbons. Elles appartiennent majoritairement aux familles des **Glomosporiacées** et des **Ustilaginacées**.

**Famille des Glomosporiacées** : La famille des Glomosporiacées contient certains parasites de plantes qui appartiennent principalement au genre *Thecaphora*.

Exemples :

- *Thecaphora frezzii* : agent du charbon de l'arachide,
- *Thecaphora solani* : agent du charbon de la pomme de terre.

**Famille des Ustilaginacées** : La famille des Ustilaginacées renferme beaucoup d'espèces phytopathogènes appartenant essentiellement aux genres *Moesziomyces*, *Sporisorium* et *Ustilago*.

Exemples :

- *Moesziomyces bullatus* : agent du charbon du millet,
- *Sporisorium cruentum* : agent du charbon nu du sorgho,
- *Sporisorium sorghi* : agent du charbon couvert du sorgho,
- *Ustilago hypodytes* : agent du charbon des graminées,
- *Ustilago levis* : agent du charbon couvert de l'avoine,
- *Ustilago maydis* : agent du charbon du maïs,
- *Ustilago scitaminea* : agent du charbon de la canne à sucre,
- *Ustilago segetum* : agent du charbon couvert de l'orge,
- *Ustilago segetum* var. *avenae* : agent du charbon nu de l'avoine,

- *Ustilago segetum* var. *nuda* : agent du charbon nu de l'orge,
- *Ustilago segetum* var. *tritici* : agent du charbon nu du blé,
- *Ustilago striiformis* : agent du charbon strié des graminées.

-----

## 2.11 – DEUTÉROMYCÈTES OU CHAMPIGNONS ANAMORPHIQUES

Les **Deutéromycètes** ou **Champignons Anamorphiques** forment un groupe hétérogène d'environ 20000 espèces décrites qui sont capables de se reproduire asexuellement par l'intermédiaire de la production de spores mitotiques qui ne nécessite pas de méiose (**anamorphes**). Parmi ces espèces, nombreuses sont corrélées avec des stades fongiques qui se reproduisent sexuellement par l'intermédiaire de la production de spores méiotiques (**téléomorphes**). Ces téléomorphes sont généralement des espèces d'*Ascomycota* et rarement des espèces de *Basidiomycota*. Pour plusieurs autres anamorphes, cependant, les téléomorphes restent inconnues. Certains de ces anamorphes semblent avoir perdu la sexualité. Ces champignons pourraient avoir suivi des voies évolutives indépendantes de leurs holomorphes. Pour cette raison, les anamorphes ont été désignés par **Champignons Imparfais** (sans sexualité), **Champignons Mitosporés** (spores mitotiques), **Deutéromycètes** (membres de classe secondaire), etc...

Bien que beaucoup de connexions de stades anamorphe/téléomorphe aient été établies durant le dernier siècle, nombreux anamorphes restent non reliés. L'établissement des connexions a été basé sur l'observation du cycle biologique, de la morphologie et de la structure telle que la paroi cellulaire et les cloisons. Ainsi, il n'était pas si facile d'établir une relation anamorphe-téléomorphe quand les critères utilisés sont absents ou insuffisamment clairs. Actuellement, il devient possible, moyennant le séquençage de l'ADN, de placer les anamorphes restant avec les groupes de téléomorphes à partir desquels ils ont une fois dérivé.

Le **Thalle** des Deutéromycètes est typiquement bien développé, cloisonné, avec des hyphes ramifiées qui ressemblent à ceux de leurs proches parents sexués (*Ascomycota* ou *Basidiomycota*). En plus du thalle mycélien, certaines espèces fongiques anamorphiques sont unicellulaires (levures).

La **reproduction asexuée** des Deutéromycètes est un phénomène fréquent qui permet aux anamorphes de se reproduire activement et de se disséminer rapidement aussi longtemps que les conditions de l'environnement restent favorables. La reproduction asexuée conduit à la production de spores

qui sont en majorité désignées par conidies. Ainsi, les conidies sont produites directement à partir du thalle préexistant ou par l'intermédiaire de cellules conidiogènes portées ou non par des hyphes spécialisées appelées conidiophores. En dehors des **Agonomycètes** qui colonisent leur environnement par simple multiplication végétative, la plupart des Deutéromycètes produit des conidies (**Hyphomycètes** et **Coelomycètes**).

### 1) Cellules conidiogènes

Les **cellules conidiogènes** sont les cellules hyphales dans/à partir desquelles les conidies se forment directement. Ces cellules conidiogènes peuvent être morphologiquement similaires aux cellules des hyphes somatiques ou peuvent être assez différentes en apparence.

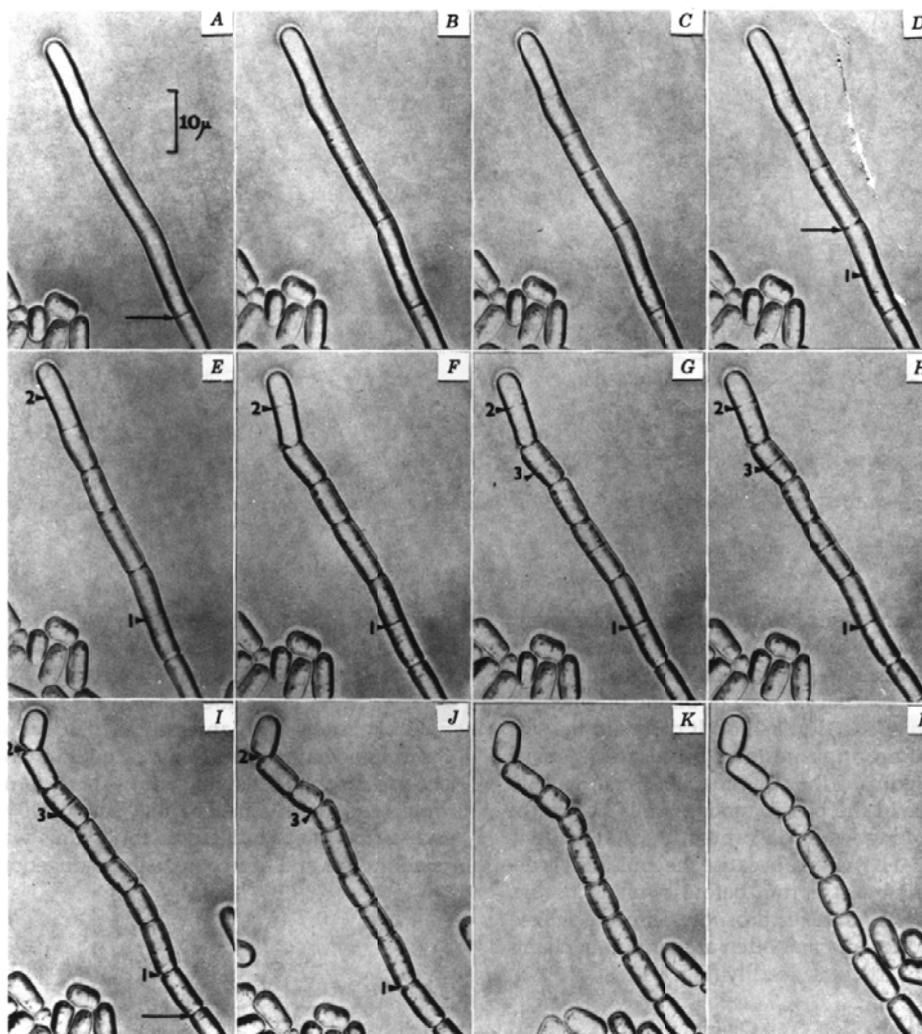
### 2) Conidiophores

Les **conidiophores** sont des hyphes spécialisées, simples ou ramifiées qui portent une ou plusieurs cellules conidiogènes. Ces dernières peuvent être intégrées dans les conidiophores ou différenciées à partir d'eux.

### 3) Conidies

Les **conidies** sont des spores produites asexuellement. Elles ont diverses tailles, formes, couleurs et nombres de cellules. Elles peuvent être produites directement sur le thalle ou dans/sur des conidiomes. La plupart des conidies germe par un tube germinatif pour produire un mycélium et ainsi, éventuellement, des conidies de nouveau. Ce processus est désigné par **conidiation macrocyclique** contrairement à la **conidiation microcyclique** où les conidies germent et produisent directement des conidies.

Les conidies peuvent prendre origine directement à partir du thalle préexistant (ontogénie thallique). La conidie est délimitée par une cloison avant que son gonflement n'ait lieu. Ce type de conidies est appelée **thalloconidies** ou **conidies thalliques** (Figure 2-12). Plus fréquemment, les conidies produites *de novo* prennent origine à partir de cellules conidiogènes (ontogénie blastique). La conidie s'allonge et gonfle avant d'être séparée par une cloison. Elle prend d'habitude origine au niveau d'un point étroit sur la cellule conidiogène. Ces conidies sont appelées **blastoconidies** ou **conidies blastiques**.



**Figure 2-12** : Séquence en lapse de temps illustrant le mode thallic de la conidiogenèse chez *Geotrichum candidum* (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Les conidies et les cellules conidiogènes des anamorphes d'*Ascomycota* ont généralement deux couches dans leurs parois cellulaires qui peuvent être continues ou non. Quand les couches de la paroi à la fois dans la cellule conidiogène et la conidie sont continues, cette conidie est dite **hologène**. Si la couche externe de la paroi de la conidie est continue avec seulement la couche interne de la paroi de la cellule conidiogène, la conidie est désignée par **entérogène**. La conidie est appelée **endogène** quand les couches de la paroi ne sont continues avec aucune partie des couches de la paroi de la cellule conidiogène.

L'identification des types de conidies est basée sur l'étude du mode de conidiation qui nécessite généralement la microscopie électronique pour des observations séquentielles ou pour des observations simultanées de plusieurs stades de développement. Ceci a conduit à la caractérisation de nombreuses différentes thalloconidies et blastoconidies (Figure 2-13).

### **Thalloconidies**

**Arthrospores** : Elles se forment après cloisonnement et fragmentation d'une hyphe préexistante. Le cloisonnement a d'habitude lieu après que les hyphes arrêtent de croître. Les cloisons apparaissent dans l'ordre acropète, basipète ou aléatoire.

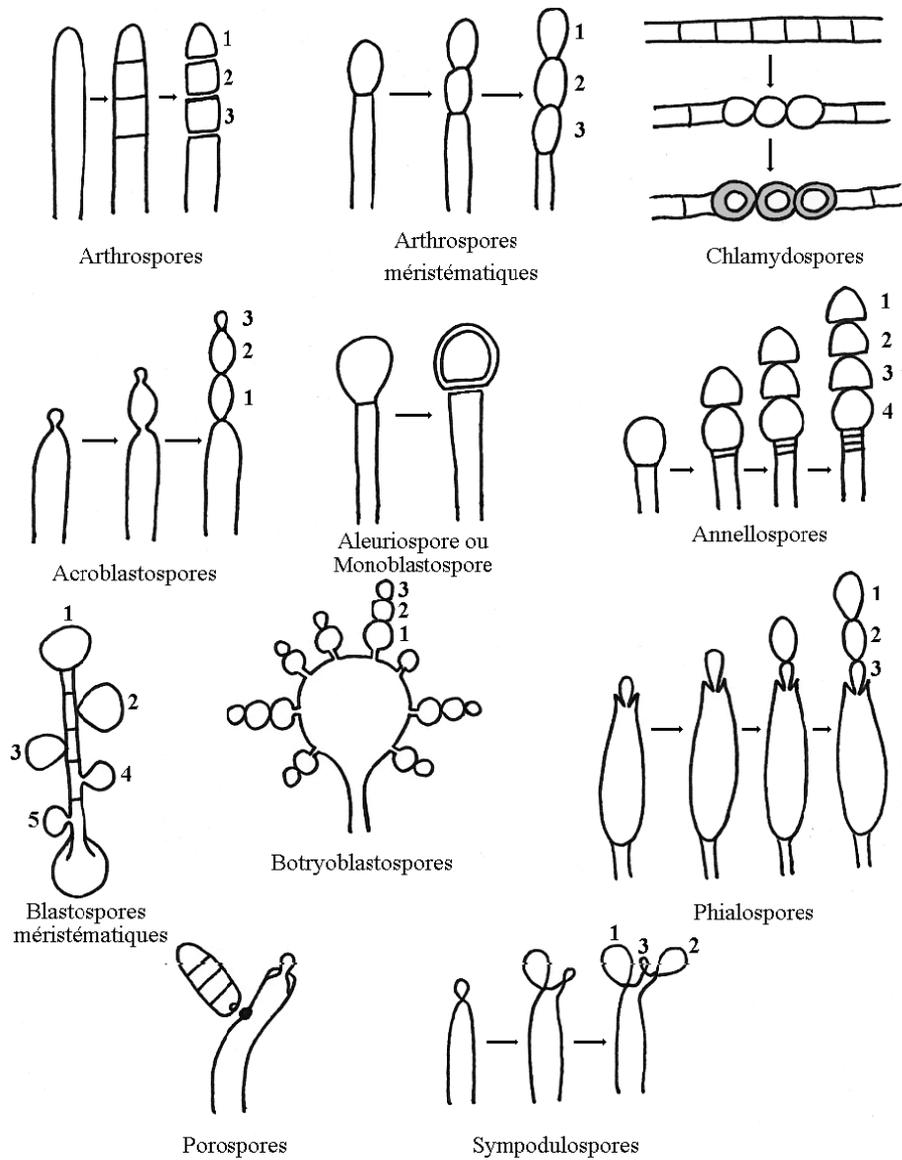
**Chlamydospores** : Ce sont des spores de conservation qui se forment chez nombreux groupes fongiques en plus des Deutéromycètes. Typiquement, elles sont des cellules hyphales (ou parfois des cellules de conidies) où le cytoplasme se condense et la paroi devient bombée et épaisse.

**Méristème-arthrospores** : Elles résultent de la transformation basipède d'une hyphe en conidies. Un renflement apical a lieu avant le cloisonnement. Ceci peut être considéré comme un type de conidies intermédiaire entre thalloconidies et blastoconidies.

### **Blastoconidies**

**Acroblastospores** : Elles se forment quand une nouvelle conidie (parfois deux ou plusieurs conidies) est produite par la conidie antérieure, de façon à ce qu'une chaîne acropète se développe avec la plus jeune conidie à l'extrémité supérieure.

**Aleuriospores et monoblastospores** : Elles se forment par renflement de l'extrémité supérieure de la cellule-mère, suivi d'un cloisonnement basal et d'habitude un épaissement de la paroi. Elles sont désignées par aleuriospores chez les Hyphomycètes et monoblastospores chez les Coelomycètes.



**Figure 2-13** : Principaux types de conidies chez les Deutéromycètes (ou Champignons Anamorphiques).

**Annelospores** : Elles sont caractérisées par des repousses répétitives de la cellule conidiogène, aboutissant à un allongement de cette cellule et une formation de cicatrices sur son extrémité supérieure. Deux subdivisions d'annelospores sont distinguées. Elles sont des **annelospores holoblastiques** avec les repousses des conidiophores généralement peu nombreuses et espacées (**annellophores**) ou **annelospores entéroblastiques** avec des cols de conidiophores phialidiques s'allongeant légèrement par dépôt de substance pariétale durant la scission de chaque conidie (**annellides**).

**Botryoblastospores** : Elles sont produites simultanément sur une tête fertile qui est renflée ou longue. Elles restent solitaires ou se développent en chaînes acropètes.

**Meristème-blastospores** : Elles sont produites par un filament conidiogène (conidiophore) qui est formé d'une manière entéroblastique par une cellule conidiogène basale et globuleuse.

**Phialospores** : Elles sont produites répétitivement à l'extrémité supérieure d'une cellule conidiogène appelée **phialide**. Le point méristématique à l'extrémité supérieure de la phialide, ou rarement à l'intérieur de son col (**endophialide**), est normalement fixe. Les conidies qui ont une production basipède sont de plus en plus jeunes en portant du haut vers le bas.

**Sympodulospores** : Il y a une repousse subapicale de la cellule conidiogène et production d'un nouveau point méristématique ; le processus se répète aboutissant à la production d'un bouquet de conidies solitaires sur une cellule conidiogène avec une extrémité supérieure plus ou moins renflée ou longue.

En plus de cette classification moderne des types de conidies basée sur les événements conidiogènes, il y a une classification plus ancienne de Saccardo qui reste utilisée par les phytopathologistes car elle est plus facile, plus pratique et ne nécessite généralement pas de microscopie électronique.

#### 4) Conidiomes

Les **conidiomes** sont formés par des hyphes agrégées appelées **plectenchyme**. Ce dernier a diverses textures et peut être divisé en deux groupes : **prosenchyme** avec les hyphes facilement discernables et

**pseudoparenchyme** avec les hyphes non discernables. Les conidiophores peuvent être groupés sur la surface d'un conidiome formant un réceptacle : **corémie**, **spodochie** ou **acervule** (Figure 2-14). Ils peuvent être groupés à l'intérieur d'un conidiome, plus ou moins fermé, ayant sa propre paroi : **pycnide**, **pseudopycnide**, **pycnothyrie** (ou **thyriopycnide**) ou **cupule** (Figure 2-14).

**Acervule** : C'est un conidiome pseudoparenchymateux peu développé et couvert par le tissu de la plante hôte. Seule la partie supérieure du conidiome renferme des cellules conidiogènes. L'acervule peut être subcuticulaire, intraépidermique, sous-épidermique ou sous-péridermique. Il libère les conidies après déchirement du tissu de la plante hôte.

**Corémie** : Elle est d'habitude formée d'un groupe de conidiophores compacts réunis en un faisceau érigé. Elle porte des conidies souvent à l'apex et parfois latéralement.

**Cupule** : C'est un conidiome ayant la forme d'un disque, d'habitude superficiel, et largement ouvert à maturité.

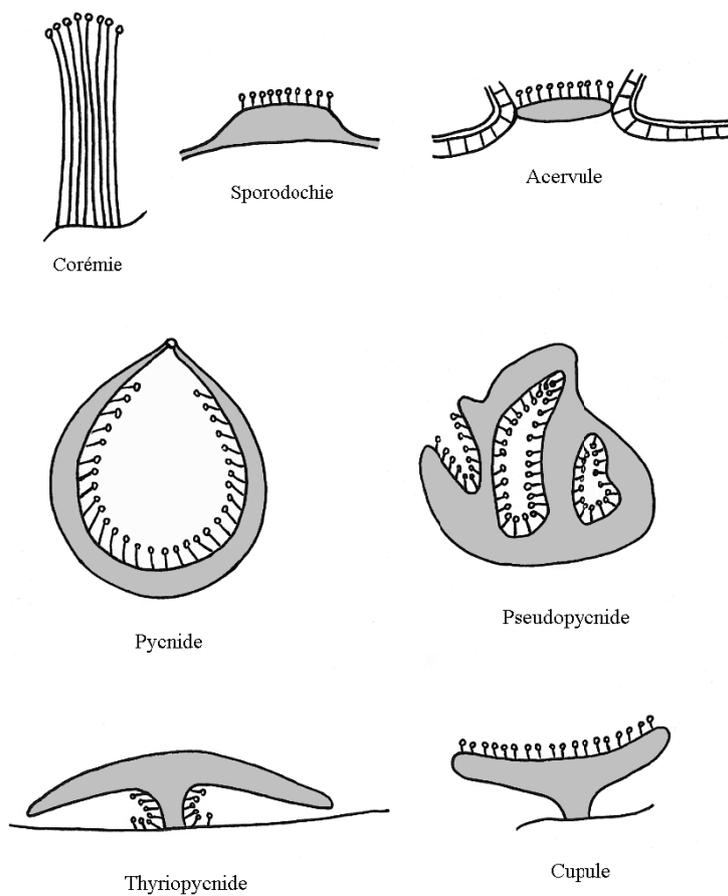
**Pseudopycnide** : C'est une masse compacte d'un plectenchyme fongique, bien développée et ayant diverses formes (plate, hémisphérique, méandrique, ...). Elle a une paroi épaisse et peut être uni- ou multiloculaire. Les conidies sont libérées par un ostiole, une fente ou une déchirure irrégulière.

**Pycnide** : C'est un conidiome globuleux à lagéniforme, uniloculaire et avec une paroi d'habitude mince. Il peut être fermé ou avoir un ostiole circulaire à l'apex.

**Pycnothyrie** : C'est un conidiome avec la forme d'un bouclier plat ayant une structure radiale. Il peut être porté ou non par une tige centrale.

**Sporodochie** : C'est un groupe compact de conidiophores courts qui forment un coussinet pustuliforme convexe.

Les Deutéromycètes sont un groupe hétérogène. Leur classification est artificielle, non liée à aucune phylogénie, mais basée seulement sur les caractéristiques des conidies, des conidiophores et des conidiomes. L'ancienne classification de Saccardo reste, cependant, un système pratique qui est largement utilisé par les phytopathologistes.



**Figure 2-14** : Principaux types de conidiomes chez les Deutéromycètes (ou Champignons Anamorphiques).

La systématique suivante des Deutéromycètes est une synthèse des classifications ancienne et récente. Cependant, la nomenclature habituelle (classe, ordre et famille) n'est pas utilisée pour montrer clairement que les Deutéromycètes ne forment pas un phylum homogène. Dans la classification ci-dessous, les subdivisions morphologiques (conidiomes, conidiophores et conidies) sont utilisées en phytopathologie, souvent moyennant la microscopie photonique, tandis que les subdivisions plus détaillées (ontogénie des conidies) nécessitent d'habitude l'utilisation de la microscopie électronique. Les Deutéromycètes sont présentés ici comme formant trois groupes au lieu de classes. Ces groupes sont les **Agonomycètes**, les **Hyphomycètes** et les **Coelomycètes** et sont subdivisés en sous-groupes (Tableau 2-7).

## GROUPE DES AGONOMYCÈTES

Le groupe des **Agonomycètes** contient environ 200 espèces décrites. Celles-ci ne produisent pas de conidies vraies, mais certains genres peuvent produire des propagules telles que les sclérotés et les chlamydo-spores. Elles se développent essentiellement moyennant la multiplication végétative. Pour cette raison, les Agonomycètes ont été appelés **mycéliums stériles** ou **champignons stériles**. Ils renferment un seul sous-groupe, les **Agonomycétales**.

### Sous-groupe des Agonomycétales

Certains phytopathogènes importants des **Agonomycétales**, tels que *Rhizoctonia* et *Sclerotium*, sont des anamorphes d'*Ascomycota* ou de *Basidiomycota*.

Exemples :

- *Rhizoctonia cerealis* (téléomorphe : *Ceratobasidium cerealis*) : parasite des céréales,
- *Rhizoctonia fragariae* : agent de la pourriture racinaire du fraise,
- *Rhizoctonia oryzae-sativae* (téléomorphe : *Ceratobasidium oryzae-sativae*) : parasite du riz,
- *Rhizoctonia solani* (téléomorphe : *Thanatephorus cucumeris*) : agent du rhizoctone de nombreuses espèces végétales,
- *Rhizoctonia zea* : agent de la pourriture du maïs,
- *Sclerotium cepivorum* : agent de la pourriture blanche de l'oignon,
- *Sclerotium coffeicolum* : agent des taches foliaires du caféier,
- *Sclerotium compactum* (téléomorphe : *Sclerotinia sclerotiorum*) : agent de la sclérotiniose de nombreuses espèces végétales,

**Tableau 2-7 :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes chez les Deutéromycètes.

**- DEUTÉROMYCÈTES OU CHAMPIGNONS ANAMORPHIQUES**

**- GROUPE DES AGONOMYCÈTES**

**- Sous-groupe des Agonomycétales**

**- GROUPE DES HYPHOMYCÈTES**

**- Sous-groupe des Hyphomycétales**

**- Espèces acroblastosporées**

**- Espèces aleuriosporées**

**- Espèces annellosporées**

**- Espèces arthrosporées**

**- Espèces botryoblastosporées**

**- Espèces méristème-arthrosporées**

**- Espèces phialosporées**

**- Espèces porosporées**

**- Espèces sympodulosporées**

**- Sous-groupe des Stilbellales**

**- Espèces sympodulosporées**

**- Sous-groupe des Tuberculariales**

**- Espèces phialosporées**

**Tableau 2-7 (suite) :** Classification des principaux groupes de champignons phytopathogènes chez les Deutéromycètes.

**- GROUPE DES COELOMYCÈTES**

**- Sous-groupe des Mélanconiales**

- Espèces annellosporées

- Espèces phialosporées

- Espèces sympodulosporées

**- Sous-groupe des Sphaeropsidales**

- Espèces annellosporées

- Espèces monobalstosporées

- Espèces phialosporées

- Espèces sympodulosporées

- *Sclerotium oryzae* : agent de la brûlure du riz,
- *Sclerotium rolfsii* (téléomorphe : *Athelia rolfsii*) : parasite de nombreuses espèces végétales,
- *Sclerotium tuliparum* : agent de la pourriture grise de la tulipe.

## GROUPE DES HYPHOMYCÈTES

Le groupe des **Hyphomycètes** renferme environ 9000 espèces décrites. Ces dernières sont d'habitude séparées en trois sous-groupes, basés sur l'agrégation ou non des conidiophores. Ces sous-groupes sont les **Hyphomycétales** (conidiophores séparés), les **Stilbellales** (conidiomes corémiens) et les **Tuberculariales** (conidiomes spordochiens). Leurs téléomorphes sont des *Ascomycota*.

### 1) Sous-groupe des Hyphomycétales

Les **Hyphomycétales**, appelées aussi **Hyphales** ou **Moniliales**, forment la plus grande partie des Hyphomycètes. Elles sont caractérisées par des conidiophores séparés et non organisés. Nombreuses espèces sont des phytopathogènes.

**Espèces acroblastosporées** : Exemples :

- *Cladosporium allii-cepae* (téléomorphe : *Mycosphaerella allii-cepae*) : agent de la cladosporiose de l'oignon,
- *Cladosporium carophilum* (téléomorphe : *Venturia carpophila*) : agent de la tavelure des arbres fruitiers à noyau,
- *Cladosporium cucumerinum* : agent de la cladosporiose des cucurbitacées,
- *Cladosporium vignae* : agent de la cladosporiose du niébé,
- *Fulvia fulva* : agent de la cladosporiose de la tomate,
- *Monilia cinerea* (téléomorphe : *Monilinia laxa*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,
- *Monilia fructicola* (téléomorphe : *Monilinia fructicola*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,
- *Monilia fructigena* (téléomorphe : *Monilinia fructigena*) : agent de la moniliose des arbres fruitiers à noyau,
- *Monilia mali* : agent de la brûlure foliaire du pommier,
- *Ramularia beticola* : agent de la ramulariose de la betterave,
- *Ramularia brunnea* (téléomorphe : *Mycosphaerella fragariae*) : agent des taches foliaires du fraisier,
- *Ramularia vallisumbrosae* : agent de la moisissure blanche du narcisse.

**Espèces aleuriosporées** : Exemple :

- *Thielaviopsis basicola* : agent de la pourriture racinaire du tabac.

**Espèces annellosporées** : Exemples :

- *Spilocoaea oleaginea* : agent de l'œil du paon de l'olivier,
- *Spilocoaea pomi* (téléomorphe : *Venturia inaequalis*) : agent de la tavelure du pommier.

**Espèces arthrosporées** : Exemples :

- *Geotrichum candidum* (téléomorphe : *Galactomyces* sp.) : agent de la pourriture acide des agrumes (Figure 2-12),
- *Mauginiella scaettae* : agent de la pourriture de l'inflorescence du palmier dattier.

**Espèces botryoblastosporées** : Exemples :

- *Botrytis byssoidae* (téléomorphe : *Botryotinia allii*) : agent de la moisissure du collet de l'oignon,
- *Botrytis cinerea* (téléomorphe : *Botryotinia fuckeliana*) : agent de la moisissure grise des tissus charnus ou sénescents de nombreuses espèces végétales,
- *Botrytis convoluta* (téléomorphe : *Botryotinia convoluta*) : agent de la moisissure des rhizomes de l'iris,
- *Botrytis fabae* (téléomorphe : *Botryotinia fabae*) : agent des taches brunes de la fève,
- *Botrytis gladiarum* (téléomorphe : *Botryotinia draytonii*) : agent de la moisissure du cœur du glaïeul,
- *Botrytis globosa* (téléomorphe : *Botryotinia globosa*) : agent des taches foliaires de l'ail,
- *Botrytis narcissicola* (téléomorphe : *Botryotinia narcissicola*) : agent de la moisissure du narcisse,
- *Botrytis tulipae* : agent du feu de la tulipe.

**Espèces méristème-arthrosporées** : Exemples :

- *Oidiopsis taurica* (téléomorphe : *Leveillula taurica*) : agent de l'oïdium de près de 700 espèces végétales,
- *Oidium begoniae* (yéleomorphe : *Microsphaera begoniae*) : agent de l'oïdium du bégonia,
- *Oidium erysiphoides* (téléomorphe : *Erysiphe betae*) : agent de l'oïdium de la betterave,

- *Oidium farinosum* (téléomorphe : *Podosphaera leucotricha*) : agent de l'oïdium des arbres fruitiers à pépins,
- *Oidium leucoconium* (téléomorphe : *Sphaerotheca pannosa*) : agent de l'oïdium du rosier,
- *Oidium lycopersicum* : agent de l'oïdium de la tomate,
- *Oidium monilioides* (téléomorphe : *Blumeria graminis*) : agent de l'oïdium des céréales,
- *Oidium passerinii* (téléomorphe : *Podosphaera tridactyla*) : agent de l'oïdium des arbres fruitiers à noyau,
- *Oidium tuckeri* (téléomorphe : *Uncinula necator*) : agent de l'oïdium de la vigne,
- *Ovulariopsis moricola* (téléomorphe : *Phyllactinia moricola*) : agent de l'oïdium du mûrier.

**Espèces phialosporées** : Exemples :

- *Acremonium typhinum* (téléomorphe : *Epichloë typhina*) : agent de la quenouille des graminées,
- *Aspergillus flavus* : parasite des semences stockées,
- *Aspergillus niger* : parasite de nombreuses espèces végétales,
- *Chalara paradoxa* (téléomorphe : *Ceratocystis paradoxa*) : agent de la pourriture du cœur du palmier dattier,
- *Penicillium digitatum* : agent de la moisissure verte des fruits des agrumes,
- *Penicillium expansum* : agent de la moisissure bleue des fruits du pommier,
- *Penicillium italicum* : agent de la moisissure bleue des fruits des agrumes,
- *Verticillium alboatrum* : agent du flétrissement de nombreuses espèces végétales,
- *Verticillium dahliae* : agent du flétrissement de plusieurs espèces végétales,
- *Verticillium theobromae* : agent du bout de cigare du bananier.

**Espèces porosporées** : Exemples :

- *Alternaria alternata* : agent de l'alternariose de nombreuses espèces végétales,
- *Alternaria bataticola* : agent des taches foliaires de la patate douce,
- *Alternaria brassicae* : agent des taches grises des crucifères,
- *Alternaria brassicicola* : agent des taches noires des crucifères,
- *Alternaria cichorii* : agent des taches foliaires de la chicorée,
- *Alternaria citri* : agent de la pourriture noire des fruits des agrumes,
- *Alternaria cucumerina* : agent des taches foliaires des cucurbitacées,
- *Alternaria dauci* : agent des taches foliaires de la carotte,
- *Alternaria helianthi* : agent de la brûlure du tournesol,
- *Alternaria longipes* : agent des taches brunes du tabac,

- *Alternaria linicola* : agent des taches foliaires du citronnier,
- *Alternaria macrospora* : agent des taches foliaires du cotonnier,
- *Alternaria solani* : agent de l'alternariose des solanacées,
- *Bipolaris maydis* (téléomorphe : *Cochliobolus heterostrophus*) : agent des taches foliaires du maïs,
- *Bipolaris oryzae* (téléomorphe : *Cochliobolus miyabeanus*) : agent des taches brunes du riz,
- *Bipolaris sacchari* : parasite de la canne à sucre,
- *Bipolaris sorokiniana* (téléomorphe : *Cochliobolus sativus*) : agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Bipolaris victoriae* (téléomorphe : *Cochliobolus victoriae*) : agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Bipolaris zeicola* (téléomorphe : *Cochliobolus carbonum*) : agent des taches foliaires du maïs,
- *Curvularia tuberculata* (téléomorphe : *Cochliobolus tuberculatus*) : agent des taches foliaires de nombreuses espèces végétales,
- *Drechslera avenacea* (téléomorphe : *Pyrenophora chaetomioides*) : agent des taches foliaires (helminthosporiose) de l'avoine,
- *Drechslera graminea* (téléomorphe : *Pyrenophora graminea*) : agent des feuilles striées (helminthosporiose) de l'orge,
- *Drechslera teres* (téléomorphe : *Pyrenophora teres*) : agent de la rayure réticulée (helminthosporiose) de l'orge,
- *Drechslera tritici-repentis* (téléomorphe : *Pyrenophora tritici-repentis*) : agent des taches jaunes ou bronzées (helminthosporiose) du blé,
- *Fusicladium cerasi* (téléomorphe : *Venturia cerasi*) : agent de la tavelure du cerisier,
- *Fusicladium pyrorum* (téléomorphe : *Venturia pyrina*) : agent de la tavelure du poirier,
- *Helminthosporium solani* : agent de la gale argentée de la pomme de terre,
- *Stemphylium alfalfae* (téléomorphe : *Pleospora alfalfae*) : parasite de la luzerne,
- *Stemphylium herbarum* (téléomorphe : *Pleospora herbarum*) : parasite de diverses espèces végétales,
- *Stemphylium lycopersici* : agent des taches foliaires de la tomate,
- *Stemphylium solani* : agent des taches foliaires grises de la tomate.

**Espèces sympodulosporées** : Exemples :

- *Cercospora apii* : agent de la brûlure précoce du céleri,
- *Cercospora arachidicola* (téléomorphe : *Mycosphaerella arachidis*) : agent de la cercosporiose de l'arachide,
- *Cercospora beticola* : agent de la cercosporiose de la betterave,

- *Cercospora brachypus* (téléomorphe : *Mycosphaerella angulata*) : agent des taches angulaires de la vigne,
- *Cercospora capsici* : agent de la cercosporiose du piment,
- *Cercospora carotae* : agent de la cercosporiose de la carotte,
- *Cercospora citrullina* : agent de la cercosporiose des cucurbitacées,
- *Cercospora cafeicola* : agent de la cercosporiose du caféier,
- *Cercospora nicotianae* : agent de la cercosporiose du tabac,
- *Cercospora sesami* (téléomorphe : *Mycosphaerella sesamicola*) : agent de la cercosporiose du sésame,
- *Cercospora vitis* : agent de la cercosporiose de la vigne,
- *Cercospora zonata* : agent de la cercosporiose de la fève,
- *Cercosporidium personatum* (téléomorphe : *Mycosphaerella berkeleyi*) : agent des taches foliaires tardives de l'arachide,
- *Pseudocercospora herpotrichoides* (téléomorphe : *Mollisia yallundae*) : agent du piétin-verse des céréales,
- *Pyricularia oryzae* (téléomorphe : *Magnaporthe grisea*) : agent de la pyriculariose du riz,
- *Rhynchosporium secalis* : agent de la rhynchosporiose de l'orge.

## 2) Sous-groupe des Stilbellales

Les **Stilbellales**, appelées aussi **Corémiales**, sont caractérisées par des conidiophores qui sont réunis en **Corémie**. Quelques espèces sont phytopathogènes.

**Espèces sympodulosporées** : Exemples :

- *Dematophora necatrix* (téléomorphe : *Rosellinia necatrix*) : agent de la pourriture blanche des arbres fruitiers,
- *Graphium ulmi* (téléomorphe : *Ophiostoma ulmi*) : agent de la maladie hollandaise ou thylose de l'orme.
- *Pseudocercospora cruenta* (téléomorphe : *Mycosphaerella cruenta*) : agent des taches foliaires du niébé,
- *Pseudocercospora musea* (téléomorphe : *Mycosphaerella musicola*) : agent des taches foliaires du bananier,
- *Pseudocercospora timorensis* : agent des taches foliaires de la patate douce.

## 3) Sous-groupes des Tuberculariales

Les **Tuberculariales** sont caractérisées par des conidiophores organisés en **sporodochies**. Plusieurs d'entre elles sont des espèces phytopathogènes.

**Espèces phialosporées** : Exemples :

- *Cylindrocarpon destructans* (téléomorphe : *Nectria radicola*) : agent de la pourriture racinaire de nombreuses espèces végétales,
- *Cylindrocarpon mali* (téléomorphe : *Nectria galligena*) : agent du chancre du pommier,
- *Endoconidium temulentum* (téléomorphe : *Gloeotinia granigena*) : parasite des semences des graminées,
- *Fusarium avenaceum* (téléomorphe : *Gibberella avenacea*) : agent de la fonte des semis des céréales,
- *Fusarium culmorum* : agent de la fusariose de beaucoup d'espèces végétales,
- *Fusarium equiseti* (téléomorphe : *Gibberella intricans*) : parasite des plantules des céréales,
- *Fusarium graminearum* (téléomorphe : *Gibberella zeae*) : agent de la fusariose des graminées,
- *Fusarium moniliforme* (téléomorphe : *Gibberella fujikuroi*) : agent de la fusariose des céréales,
- *Fusarium oxysporum* : parasite vasculaire d'un grand nombre d'espèces végétales,
- *Fusarium solani* (téléomorphe : *Nectria haematococca*) : agent de la pourriture racinaire de nombreuses espèces végétales,
- *Fusarium stilboides* (téléomorphe : *Gibberella stilboides*) : agent de la fusariose des agrumes,
- *Fusarium xylarioides* (téléomorphe : *Gibberella xylarioides*) : agent du flétrissement du caféier,
- *Sphacelia segetum* (téléomorphe : *Claviceps purpurea*) : agent de l'ergot du seigle,
- *Sphacelia sorghi* (téléomorphe : *Claviceps sorghi*) : agent de l'ergot du sorgho,
- *Tubercularia vulgaris* (téléomorphe : *Nectria cinnabarina*) : parasite des arbres fruitiers.

**GROUPE DES COELOMYCÈTES**

Les groupes des **Coelomycètes** renferment environ 7000 espèces décrites. Celles-ci sont d'habitude séparées en deux ou trois sous-groupes, basés sur le type de conidiome. Ces sous-groupes sont les **Mélanconiales** (conidiome en acervule ou cupule), les **Pycnothyriales** (conidiome en pycnothyrie) et les **Sphaeropsidales** (conidiome en pycnide ou pseudopycnide). Leurs téléomorphes sont des *Ascomycota*. Le sous-groupe

des Pycnothyriales ne semble pas contenir d'espèces phytopathogènes importantes et ne sera pas développé ici.

### 1) Sous-groupe des Mélanconiales

Les **Mélanconiales** sont caractérisées par la production de conidies et de coniophores sur/dans des conidiomes qui sont des **acervules** ou des **cupules**. Plusieurs espèces sont des phytopathogènes.

#### **Espèces annellosporées** : Exemples :

- *Coryneum beijerinckii* : agent de la criblure de l'amandier,
- *Cryptosporiopsis citri* : agent des taches foliaires des agrumes,
- *Marssonina coronaria* (téléomorphe : *Diplocarpon mali*) : agent des taches foliaires du pommier,
- *Marssonina fragariae* (téléomorphe : *Diplocarpon earlianum*) : agent des brûlures foliaires du fraisier,
- *Marssonina rosae* (téléomorphe : *Diplocarpon rosae*) : agent des taches noires du rosier,
- *Melanconium fuliginum* : agent de la pourriture amère de la vigne.

#### **Espèces phialosporées** : Exemples :

- *Colletotrichum coccodes* : agent de l'anthracnose des solanacées,
- *Colletotrichum destructivum* (téléomorphe : *Glomerella glycines*) : agent de l'anthracnose du soja,
- *Colletotrichum falcatum* (téléomorphe : *Glomerella tucumanensis*) : agent de l'anthracnose de la canne à sucre,
- *Colletotrichum fragariae* : agent de l'anthracnose du fraise,
- *Colletotrichum gloeosporioides* (téléomorphe : *Glomerella cingulata*) : agent de l'anthracnose de nombreuses espèces végétales,
- *Colletotrichum gossypii* (téléomorphe : *Glomerella gossypii*) : agent de l'anthracnose du coton,
- *Colletotrichum graminicola* (téléomorphe : *Glomerella graminicola*) : agent de l'anthracnose du sorgho,
- *Colletotrichum lagenarium* (téléomorphe : *Glomerella lagenarium*) : agent de l'anthracnose des cucurbitacées,
- *Colletotrichum lindemuthianum* (téléomorphe : *Glomerella lindemuthianum*) : agent de l'anthracnose du haricot,
- *Cylindrosporium concentricum* (téléomorphe : *Pyrenopeziza brassicae*) : agent des taches foliaires des crucifères,
- *Sphaceloma ampelinum* (téléomorphe : *Elsinoë ampelina*) : agent de l'anthracnose de la vigne,
- *Sphaceloma arachidis* : agent de la gale de l'arachide,

- *Sphaceloma batatas* (téléomorphe : *Elsinoë batatas*) : agent de la gale de la patate douce,
- *Sphaceloma fawcettii* (téléomorphe : *Elsinoë fawcettii*) : agent de la gale des agrumes,
- *Sphaceloma necator* (téléomorphe : *Elsinoë veneta*) : agent de l'anthracnose du framboisier,
- *Sphaceloma rosarum* (téléomorphe : *Elsinoë rosarum*) : agent de la gale du rosier.

**Espèces sympodulosporées** : Exemple :

- *Libertella blepharis* (téléomorphe : *Eutypa armeniacea*) : agent du chancre des arbres fruitiers.

## 2) Sous-groupes des Sphaeropsidales

Les **Sphaeropsidales**, appelées aussi **Phomales**, sont caractérisées par la production de conidies et conidiophores dans des conidiomes qui sont des **pycnides** et des **pseudopycnides**. Nombreuses espèces sont des phytopathogènes.

**Espèces annellosporées** : Exemples :

- *Coniothyrium fuckelii* (téléomorphe : *Leptosphaeria coniothyrium*) : agent du chancre du rosier,
- *Fusicoccum aesculi* (téléomorphe : *Botryosphaeria dothidea*) : agent de la pourriture du kiwi,
- *Fusicoccum amygdali* : agent du chancre du pêcher,
- *Sphaeropsis malorum* (téléomorphe : *Botryosphaeria obtusa*) : agent du chancre des arbres fruitiers à pépins,
- *Sphaeropsis tumefaciens* : agent des noeuds des agrumes,
- *Stagonospora nodorum* (téléomorphe : *Phaeosphaeria nodorum*) : agent de la « septoriose » des épis du blé,
- *Stagonospora taiwanensis* (téléomorphe : *Leptosphaeria taiwanensis*) : agent des brûlures foliaires de la canne à sucre.

**Espèces monobalstosporées** : Exemples :

- *Diplodia mutila* (téléomorphe : *Botryosphaeria stevensii*) : parasite de la vigne,
- *Phyllosticta ampellicida* (téléomorphe : *Guignardia bidwellii*) : agent de la pourriture noire de la vigne,
- *Phyllosticta citricarpa* (téléomorphe : *Guignardia citricarpa*) : agent des taches noires des agrumes,

- *Phyllosticta musarum* (téléomorphe : *Guignardia musae*) : agent des taches foliaires du bananier,
- *Phyllosticta solitaria* : agent des taches du pommier.

**Espèces phialosporées** : Exemples :

- *Ascochyta avenae* : agent de l'anthracnose de l'avoine,
- *Ascochyta fabae* (téléomorphe : *Didymella fabae*) : agent de l'anthracnose de la fève,
- *Ascochyta hordei* : agent de l'anthracnose de l'orge,
- *Ascochyta lentis* : agent de l'anthracnose de la lentille,
- *Ascochyta phaseolorum* : agent de l'anthracnose du haricot,
- *Ascochyta pinodes* (téléomorphe : *Mycosphaerella pinodes*) : agent de l'anthracnose du pois,
- *Ascochyta pisi* : agent de l'anthracnose du pois,
- *Ascochyta rabiei* (téléomorphe : *Didymella rabiei*) : agent de l'anthracnose du pois chiche,
- *Ascochyta tarda* : agent de l'anthracnose du caféier,
- *Ascochyta tritici* : agent de l'anthracnose du blé,
- *Cytospora cincta* (téléomorphe : *Leucostoma cincta*) : agent du chancre des arbres fruitiers à noyau,
- *Phoma apiicola* : agent de la pourriture racinaire du céleri,
- *Phoma betae* (téléomorphe : *Pleospora betae*) : agent de la phomose de la betterave,
- *Phoma caricae-papayae* (téléomorphe : *Mycosphaerella caricae*) : parasite du papayer,
- *Phoma lingam* (téléomorphe : *Leptosphaeria maculans*) : parasite des crucifères,
- *Phoma lycopersici* (téléomorphe : *Didymella lycopersici*) : agent de la phomose de la tomate,
- *Phoma medicaginis* : agent de la jambe noire de la luzerne,
- *Phoma pinodella* : agent de la jambe noire du pois,
- *Phoma tracheiphila* : agent du *mal secco* des agrumes,
- *Phoma zae-maydis* (téléomorphe : *Mycosphaerella zae-maydis*) : agent de la phomose du maïs,
- *Phomopsis asparagi* : agent de la brûlure des tiges de l'asperge,
- *Phomopsis citri* (téléomorphe : *Diaporthe citri*) : agent de la mélanose des agrumes,
- *Phomopsis cucurbitae* : agent de la pourriture noire du concombre,
- *Phomopsis oryzae-sativae* : agent de la pourriture du collet du riz,
- *Phomopsis phaseoli* (téléomorphe : *Diaporthe phaseolorum*) : agent de la pourriture du soja,

- *Phomopsis viticola* : agent des taches foliaires de la vigne,
- *Pyrenochaeta lycopersici* : agent des taches brunes de la tomate,
- *Pyrenochaeta oryzae* : agent des taches des gaines du riz.

**Espèces sympodulosporées** : Exemples :

- *Septoria apiicola* : agent de la septoriose du céleri,
- *Septoria avenae* (téléomorphe : *Leptosphaeria avenaria*) : agent de la septoriose de l'avoine,
- *Septoria cucurbitacearum* : agent de la septoriose des cucurbitacées,
- *Septoria helianthi* : agent de la septoriose du tournesol,
- *Septoria lactucae* : agent de la septoriose de la laitue,
- *Septoria lycopersici* : agent de septoriose de la tomate,
- *Septoria pyricola* (téléomorphe : *Mycosphaerella pyri*) : agent de la septoriose du poirier,
- *Septoria tritici* (téléomorphe : *Mycosphaerella graminicola*) : agent de la septoriose foliaire du blé,
- *Septoria vignae* : agent de la septoriose du niébé.

-----

