

## QUATRIEME PARTIE :

### *MALADIES*

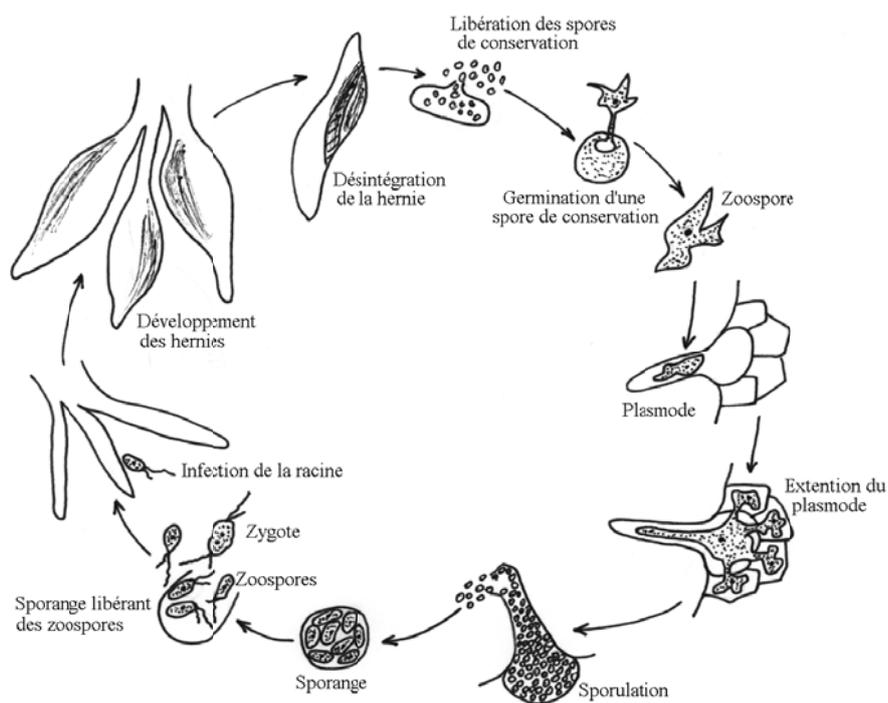
4.1-MALADIES CAUSÉES PAR LES PLASMODIOPHOROMYCÈTES ...	365
4.2-MALADIES CAUSÉES PAR LES OOMYCÈTES .....	367
4.3-MALADIES CAUSÉES PAR LES CHYTRIDIOMYCÈTES .....	379
4.4-MALADIES CAUSÉES PAR LES ZYGOMYCÈTES .....	383
4.5-MALADIES CAUSÉES PAR LES <i>ASCOMYCOTA</i> ET LEURS ANAMORPHES (DEUTÉROMYCÈTES) .....	385
4.6-MALADIES CAUSÉES PAR LES <i>BASIDIOMYCOTA</i> ET LEURS ANAMORPHES (DEUTÉROMYCÈTES) .....	427



## 4.1 - MALADIES CAUSÉES PAR LES PLASMODIOPHOROMYCÈTES

Parmi les maladies causées par les **Plasmodiophoromycètes**, la plus étudiée est la **Hernie du chou**. Elle entraîne un flétrissement des plantes et une faible production. Les symptômes caractéristiques apparaissent comme des racines effilées sur lesquelles se forment des renflements sphériques ou en forme de massue (hernies). L'agent causal est *Plasmodiophora brassicae*. Une seule zoospore produite à partir des spores de conservation pénètre dans les poils racinaires et se développe en plasmode qui évolue ultérieurement en sporange libérant des zoospores secondaires. Ces dernières peuvent fusionner par paires pour produire des zygotes qui peuvent causer de nouvelles infections et produire de nouveaux plasmodes. Quand les plasmodes s'installent dans les cellules racinaires, celles-ci deviennent stimulées, augmentent de taille et se divisent anormalement aboutissant à des phénomènes d'hypertrophie et d'hyperplasie. Les plasmodes se développent alors en spores de conservation libérées par les cellules désintégrées (Figure 4-1).

---



**Figure 4-1** : Cycle de la maladie de la hernie du chou causée par *Plasmiodiophora brassicae* (d'après Agrios, 1997).

## 4.2 - MALADIES CAUSÉES PAR LES OOMYCÈTES

Les **Oomycètes** causent différentes maladies telles que la « rouille » blanche, le mildiou, la pourriture racinaire, la brûlure, etc... Certaines d'entre elles sont très destructives (mildiou) tandis que d'autres sont moins graves (« rouille » blanche).

### 1) Les maladies du mildiou

Les maladies du mildiou sont causées par les Péronosporacées (Photos 4-1 à 4-6), les Sclérosporacées, les Verrucalvacées et certaines Pythiacées (Photos 4-7 et 4-8). Elles peuvent entraîner des pertes importantes dans la production des cultures en des périodes courtes de temps. Cette importance dépend de la présence d'un film d'eau sur les tissus des plantes et d'une humidité relative élevée dans l'air durant des périodes froides ou douces. Les symptômes sont des brûlures qui apparaissent et se propagent rapidement dans les tissus jeunes et verts des feuilles, des tiges et des fruits.

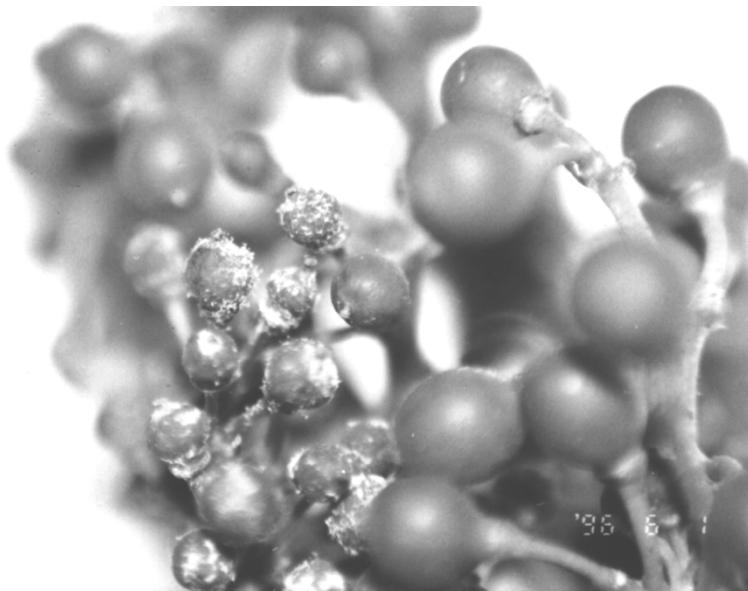
Les champignons causant le mildiou produisent des sporanges sur des sporangiophores qui se ramifient de façon distinctive pour chaque genre fongique. Dans la plupart des cas, les sporanges germent soit par la production de zoospores, soit à une température plus élevée et moins d'humidité, par la production de tubes germinatifs comme des conidies. Cependant, les membres des genres *Peronospora* et *Pseudoperonospora*, et probablement aussi *Bremia*, ne semblent jamais former des zoospores. Dans ces cas, les sporanges semblent toujours germer moyennant des tubes germinatifs et pour cette raison, ils ont été appelés conidies. Les oospores germent d'habitude par des tubes germinatifs, mais dans certains cas, elles peuvent produire un sporange qui libère des zoospores.

#### Mildiou de la vigne

Cette maladie affecte les feuilles, les fruits et les jeunes rameaux (Photo 4-1 et 4-2). Elle est caractérisée par l'apparition, sur la face supérieure des feuilles, de petites taches jaunes, irrégulières, et de l'autre côté des taches, des sporangiophores du champignon se développant vers le bas. Ensuite, les zones foliaires infectées meurent, tournent au brun et les



**Photo 4-1** : Symptômes sur feuille (face inférieure) du mildiou de la vigne causé par *Plasmopara viticola*.



**Photo 4-2** : Symptômes sur grains de raisin du mildiou de la vigne causé par *Plasmopara viticola*.



**Photo 4-3** : Sporangies et sporangiophores de *Plasmopara viticola*, agent du mildiou de la vigne (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-4** : Conidies et conidiophores de *Peronospora schachtii*, agent du mildiou de la betterave (Grossissement : 40 X).

sporangiophores deviennent gris foncé. Ces taches s'étendent d'habitude et deviennent coalescentes pour former de larges zones mortes sur la feuille. Au début de leur croissance, les pousses et les jeunes rameaux attaqués deviennent tordus et couverts de sporangiophores. Quand les fruits sont infectés au début de leur croissance, ils se couvrent de sporangiophores et deviennent sujets d'une moisissure grise. Si l'infection a lieu quand les fruits sont à des stades avancés de croissance, les sporangiophores n'émergent pas et le champignon se développe intérieurement. Les baies deviennent brunes et pourrissent rapidement.

Le champignon est *Plasmopara viticola* (Photo 4-3) qui se développe dans les espaces intercellulaires des tissus infectés et produit des haustories globuleuses qui croissent à l'intérieur des cellules. Ce champignon se conserve l'hiver sous forme d'oospores dans les tissus morts ou comme mycélium dans les rameaux infectés qui ne sont pas tués. Les oospores germent durant des périodes pluvieuses, produisent un sporange qui libère des zoospores. Ces dernières infectent les plantes hôtes et leurs mycéliums se développent et produisent des sporangiophores qui émergent à travers les stomates. Les sporanges véhiculés par la pluie et le vent et déposés sur des plantes hôtes saines germent et libèrent des zoospores qui provoquent des infections secondaires. Ainsi, le cycle de la maladie se répète aussi longtemps que les conditions environnementales sont favorables. Il dure de 5 à 18 jours, en fonction de la température, l'humidité et la sensibilité variétale. A la fin de la saison de végétation, le champignon se reproduit sexuellement et produit des oospores (Figure 4-2).

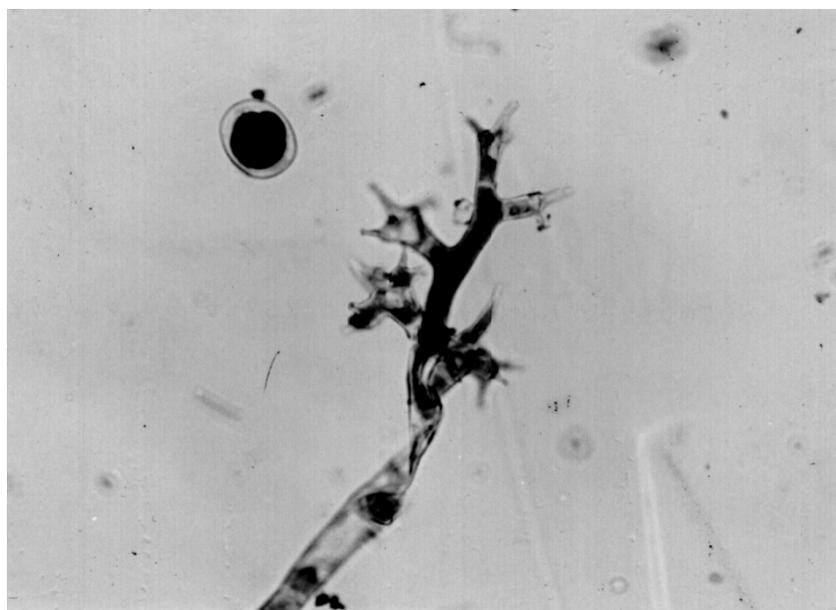
## 2) Maladies à *Phytophthora*

Les espèces de *Phytophthora* provoquent une grande variété de maladies sur un grand nombre d'hôtes, y compris les plantes à la fois herbacées et ligneuses. L'espèce la plus connue est *Phytophthora infestans* qui provoque le mildiou de la pomme de terre (Photos 4-7 et 4-8), mais plusieurs autres espèces peuvent aussi causer des maladies destructives sur différentes plantes hôtes.

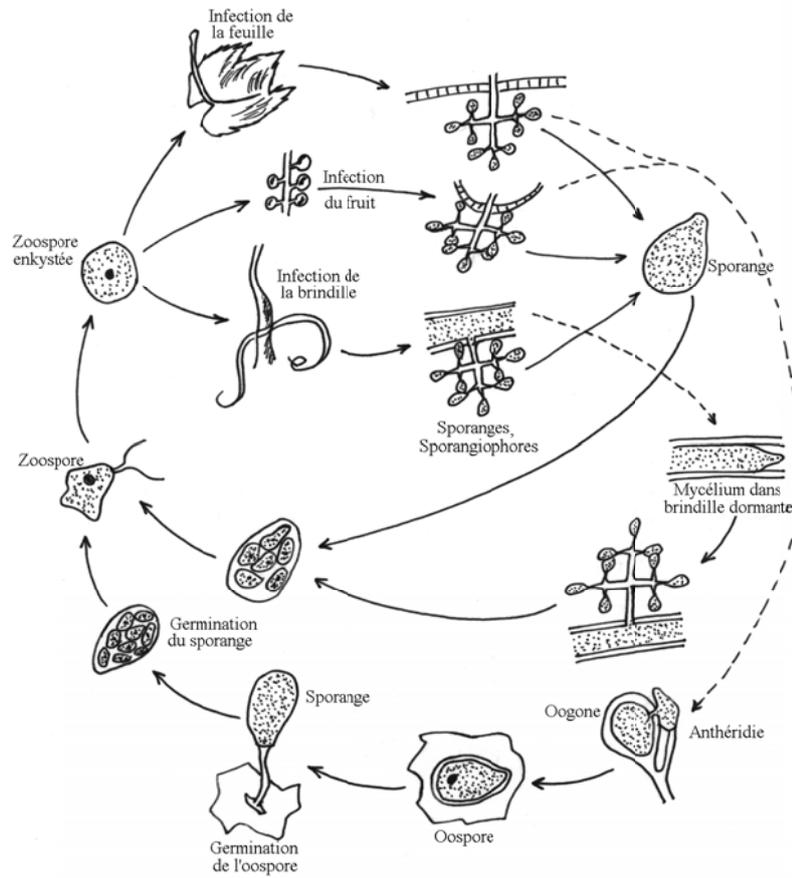
Des espèces comme *Phytophthora cactorum*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora* et *P. fragariae* provoquent essentiellement des pourritures des racines et de la base des tiges, mais aussi des brûlures de branches et pourritures de fruits de plusieurs plantes ligneuses et herbacées. Plusieurs autres espèces, telles que *P. capsici* et *P. parasitica*, causent des pourritures de tiges et de fruits de nombreuses plantes herbacées et quelques plantes ligneuses.



**Photo 4-5 :** Symptômes sur feuilles du mildiou du tournesol causé par *Plasmopara halstedii*.



**Photo 4-6 :** Sporange et sporangiophores de *Plasmopara halstedii*, agent du mildiou du tournesol (Grossissement : 40 X).



**Figure 4-2 :** Cycle de la maladie du mildiou de la vigne causé par *Plasmopara viticola* (d'après Agrios, 1997).

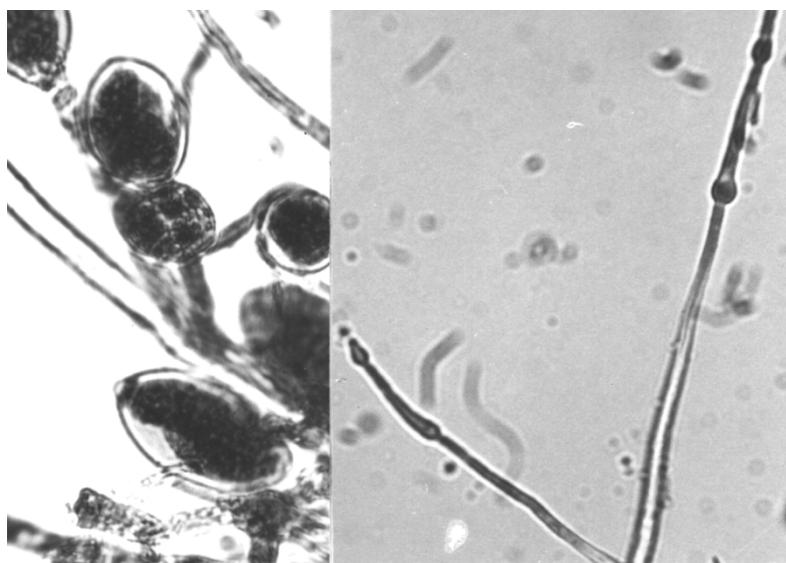
### **Mildiou de la pomme de terre**

Sous un temps humide, des taches imbibées d'eau se forment aux bords des feuilles inférieures de la pomme de terre, puis elles s'étendent rapidement pour former des zones de brûlures brunes (Photo 4-7). Sur les faces inférieures des feuilles une croissance cotonneuse blanche du champignon apparaît au bord des lésions. Si les conditions humides persistent, toutes les parties aériennes tendres des plantes deviennent brûlées et pourries. Si le temps devient sec durant le développement de la maladie, les lésions existantes arrêtent leur extension, tournent au noir, s'enroulent et fanent. La croissance fongique n'apparaît pas sur les faces inférieures des feuilles. Quand ils sont affectés, les tubercules montrent des taches violettes à brunes qui s'étendent dans la chair. Plus tard, ces zones pourries deviennent dures, sèches et creuses. Sous des conditions humides, la pourriture continue à se développer après la récolte des tubercules.

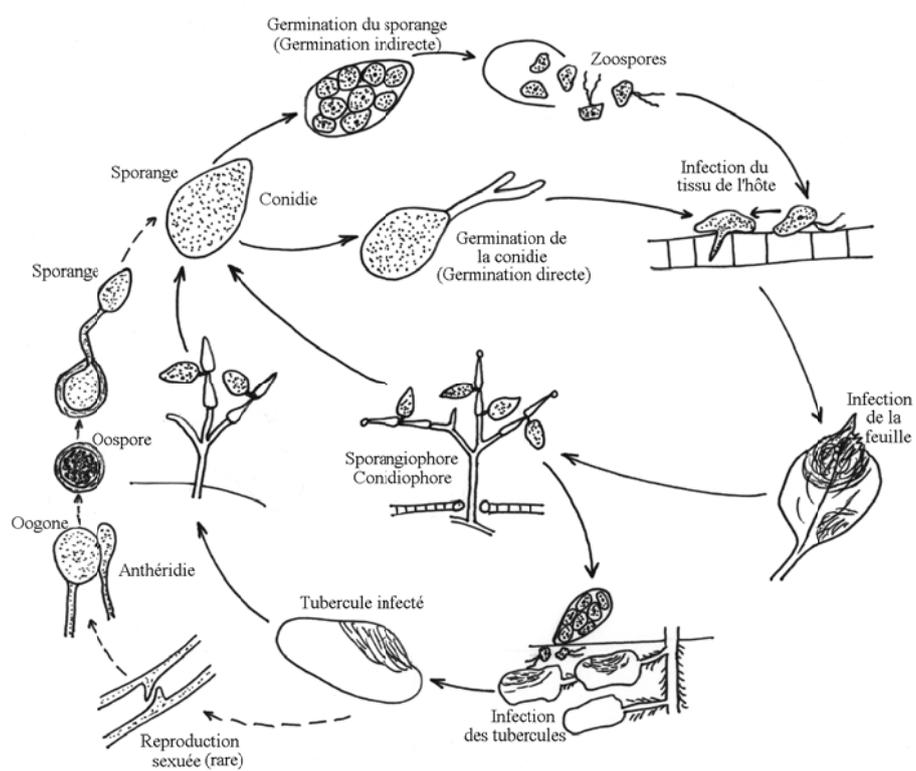
Malgré son apparence, le mildiou de la pomme de terre est appelé en anglais brûlure tardive. Il est causé par l'espèce fongique *Phytophthora infestans* (Photo 4-8). Le champignon se conserve pendant l'hiver comme un mycélium dans les tubercules infectés de pomme de terre. Ce mycélium se propage dans les pousses en détruisant les cellules et atteint les parties aériennes des plantes. Ensuite, il produit des sporangiophores qui émergent à travers les stomates et produisent des sporanges. Il peut aussi produire des sporangiophores et des sporanges directement sur les tubercules infectés. Si les sporanges mûrs et disséminés se déposent sur des plantes humides de pomme de terre, ils germent et causent de nouvelles infections. Ils peuvent germer directement ou par l'intermédiaire de la production de zoospores capables de se déplacer dans l'eau. Le tube germinatif pénètre directement ou entre à travers les stomates et le mycélium se développe entre les cellules en envoyant dedans des haustories. Il se développe continuellement dans le tissu frais tandis que les vieilles cellules infectées meurent. Quelques jours plus tard, de nouveaux sporangiosphores émergent à partir des stomates produisant un grand nombre de sporanges capables de causer de nouvelles infections. Quatre jours sont suffisants pour produire une nouvelle génération de sporanges quand le temps est froid et humide. En plus des sporanges disséminés sur les parties aériennes des plantes, les sporanges sont lessivés vers le sol à partir des feuilles. Les zoospores qui émergent, germent et pénètrent dans les tubercules à travers les lenticelles et les blessures. Les tubercules deviennent alors infectés, contenant le mycélium capable de se conserver pendant l'hiver jusqu'à la saison de végétation suivante. Dans certaines situations rares, le champignon peut se conserver pendant l'hiver sous forme d'oospores résultant de la reproduction sexuée de deux types sexuels dans le tissu infecté de la plante hôte (Figure 4-3).



**Photo 4-7 :** Symptômes sur feuilles du mildiou de la pomme de terre causé par *Phytophthora infestans*.



**Photo 4-8 :** Sporangies/conidies et sporangiophores/conidiophores de *Phytophthora infestans*, agent du mildiou de la pomme de terre (Grossissement : 40 X).



**Figure 4-3 :** Cycle de la maladie du mildiou (ou brûlure tardive) de la pomme de terre causé par *Phytophthora infestans* (d'après Agrios, 1997).

### **3) Maladies à *Pythium***

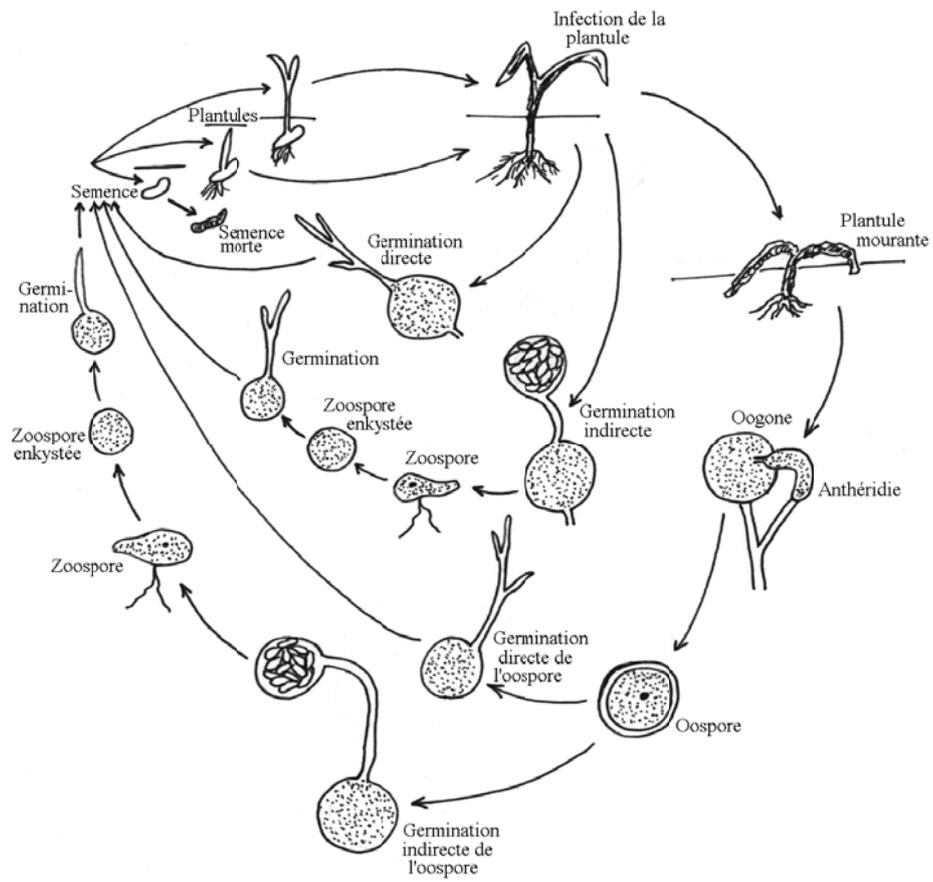
Les espèces de *Pythium* sont des organismes telluriques qui causent les plus importantes maladies de pré- et post-émergence des plantes (pourriture des semences, fonte des semis et pourriture racinaire). Les dégâts les plus importants sont provoqués pendant la germination des semences avant ou après l'émergence. Généralement, une faible germination ou une faible émergence des plantules est le résultat des infections de la fonte des semis au stade pré-émergence. Les infections de post-émergence conduisent à la pourriture racinaire, le retard de croissance et la réduction de la production. Certaines espèces de *Pythium* attaquent les organes charnus de nombreuses plantes.

#### **Fonte des semis des plantes**

Cette maladie peut attaquer les semences avant même le démarrage de la germination. Ces semences n'arrivent pas à germer, tournent au brun et finalement se désintègrent. Les plantules peuvent être attaquées avant leur émergence ; l'infection se développe rapidement, les cellules attaquées se désintègrent et les plantules meurent. Si les plantules ont déjà émergé, le champignon attaque les racines et parfois les tiges. Les zones attaquées se détruisent et les parties aériennes non infectées tombent sur le sol. Le champignon continue d'attaquer les plantules tombées qui finissent par faner et mourir.

Les maladies de la fonte des semis sont provoquées par des espèces de *Pythium* telles que *P. debaryanum*. Le mycélium et le tube germinatif des zoospores et des sporanges pénètrent directement dans les tissus des semences et des plantules des plantes hôtes. Ensuite, le champignon se développe entre et à travers les cellules et secrète différentes enzymes qui causent une macération des tissus et une désintégration des cellules. Sur les tissus morts, le champignon développe des sporangiophores portant des sporanges capables de germer directement ou indirectement et réinfecter d'autres plantules. Pour se conserver, le champignon produit, par l'intermédiaire de la reproduction sexuée, des oospores capables de causer ultérieurement de nouvelles infections (Figure 4-4).

-----



**Figure 4-4 :** Cycle de la maladie de la fonte des semis et du dépérissement des semences causés par *Pythium debaryanum* (d'après Agrios, 1997).



## 4.3 - MALADIES CAUSÉES PAR LES CHYTRIDIOMYCÈTES

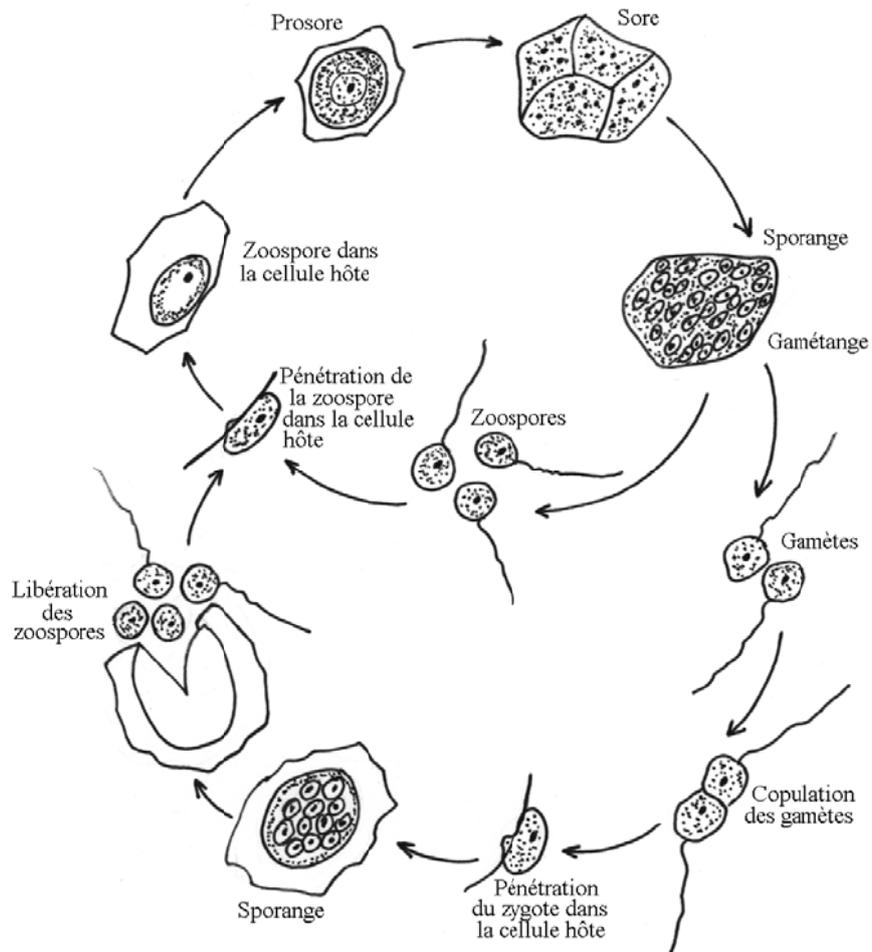
Les **Chytridiomycètes** renferment des phytopathogènes telluriques tels que des espèces d'*Olpidium*, de *Physoderma*, de *Synchytrium* et d'*Urophlyctis*. Ils causent différentes maladies sur de nombreuses plantes et infectent généralement des parties souterraines des plantes hôtes. Les taches brunes du maïs, la tumeur marbrée de la luzerne et de la betterave (Photos 4-9 et 4-10), la galle verruqueuse de la pomme de terre et de la fève sont parmi les maladies importantes causées par les Chytridiomycètes.

### **Galle verruqueuse de la pomme de terre**

Cette maladie transforme les tubercules de pomme de terre en masses inutiles de tissus verruqueux à cause d'une augmentation de la taille cellulaire (hypertrophie) accompagnée d'un accroissement du nombre de cellules (hyperplasie). La maladie de la galle verruqueuse de la pomme de terre est causée par *Synchytrium endobioticum*. Ses zoospores mobiles libérées des sporanges se déplacent dans l'eau, pénètrent dans les racines de la plante hôte et se développent à l'intérieur des cellules (parasite endocellulaire). Ensuite, chaque zoospore évolue en sore contenant des sporanges capables de libérer de nouvelles zoospores qui infectent de nouvelles plantes hôtes. Pour se conserver, les zoospores libérées des sporanges (ou gamétanges) fusionnent par paires, pénètrent dans la plante hôte et évolue en sporange de conservation capable de libérer ultérieurement de nouvelles zoospores (Figure 4-5).

-----





**Figure 4-5 :** Cycle de la maladie de la galle verruqueuse de la pomme de terre causée par *Synchytrium endobioticum* (d'après Alexopoulos *et al.*, 1996).



## 4.4 - MALADIES CAUSÉES PAR LES ZYGOMYCÈTES

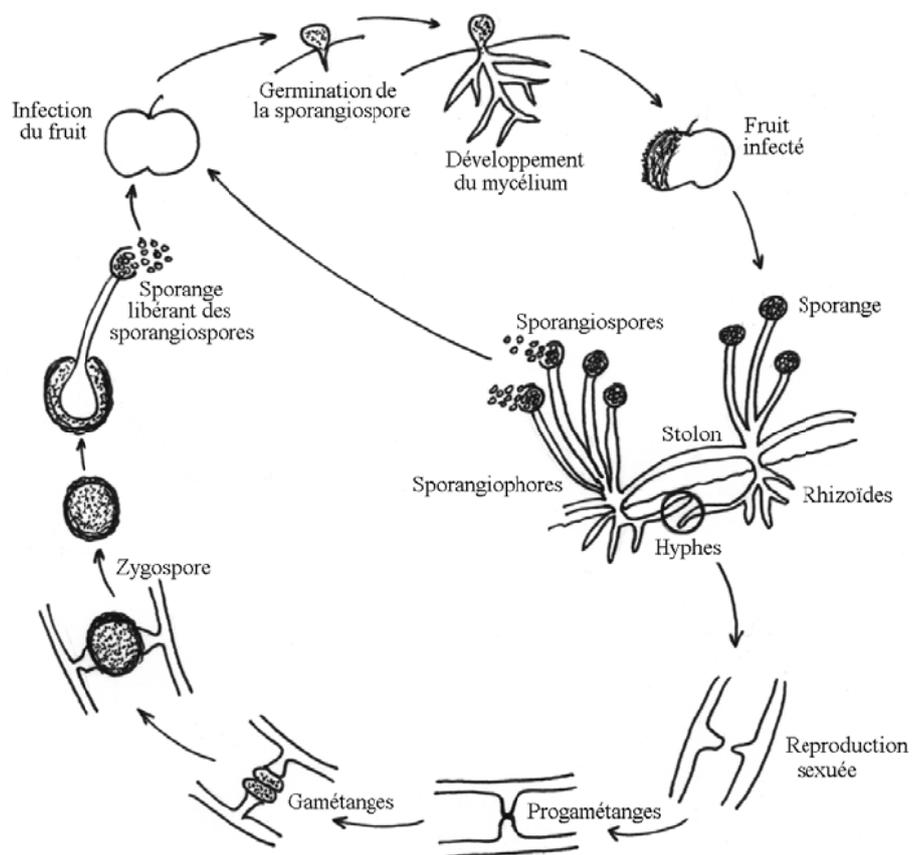
Les **Zygomycètes** sont des parasites de faiblesse de certaines plantes et produits végétaux sur lesquels ils provoquent des pourritures ou des moisissures molles. Les espèces qui sont pathogènes appartiennent aux genres *Choanephora*, *Rhizopus* et *Mucor*.

### **Moisissure à *Rhizopus* des fruits**

Beaucoup de moisissures molles de fruits charnus (fraise, cucurbitacées, pêche, cerise, etc...) sont causées par des espèces de *Rhizopus*. Les zones infectées apparaissent au début imbibées d'eau, ensuite elles deviennent molles et pourries. Les hyphes du champignon croissent à l'extérieur des zones pourries et les couvrent par des touffes grises de sporangiophores et sporanges.

Les sporangiospores de *Rhizopus* spp. en contact avec les fruits charnus, germent et produisent des enzymes qui dégradent la paroi cellulaire. Ceci aboutit à une perte de cohésion entre les cellules et un développement d'une moisissure molle. Sur le tissu pourri, le pathogène fongique développe les sporangiophores et les sporanges qui libèrent les sporangiospores capables de réinfecter d'autres fruits. Pour se conserver, deux types sexuels produisent une zygospore par l'intermédiaire de la reproduction sexuée. Après conservation dans le tissu en décomposition, les zygosporos développent des sporangiophores et des sporanges qui libèrent de nouvelles sporangiospores (Figure 4-6).

-----



**Figure 4-6 :** Cycle de la maladie de la pourriture molle des fruits et légumes causée par *Rhizopus* spp. (d'après Agrios, 1997).

## **4.5 - MALADIES CAUSÉES PAR LES ASCOMYCOTA ET LEURS ANAMORPHES (DEUTÉROMYCÈTES)**

Les champignons *Ascomycota* (ayant des anamorphes ou non) et les **Deutéromycètes** (ayant des téléomorphes ou non) provoquent le plus grand nombre de maladies des plantes à travers le monde. Les maladies dues à ces deux grands groupes fongiques ne peuvent pas être séparées car la majorité de ces maladies est causée par des espèces qui appartiennent aux *Ascomycota* (comme téléomorphes) aussi bien qu'aux Deutéromycètes (comme des anamorphes).

### **SACCHAROMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES**

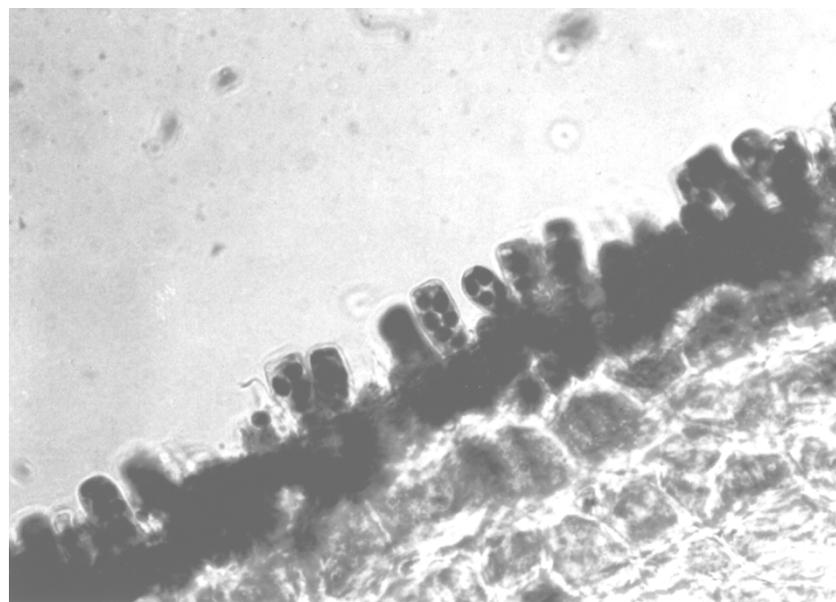
Les **Saccharomycètes** renferment quelques phytopathogènes tels que *Galactomyces* sp. (anamorphe : *Geotrichum candidum*), l'agent causal de la pourriture acide des agrumes et *Spermophthora gossypii* qui provoque la stigmatomycose du coton.

### **TAPHRINOMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES**

Les **Taphrinomycètes** renferment de nombreuses espèces pathogènes qui sont responsables de la déformation d'organes de plantes telles que la cloque foliaire, l'enroulement foliaire, les pochettes des fruits et le balai de sorcière. La plupart de ces maladies est causée par des espèces de *Taphrina* (anamorphe : *Lalaria*) parmi lesquelles la cloque du pêcher est la mieux connue (Photos 4-11 et 4-12).



**Photo 4-11** : Symptômes sur feuilles de la cloque du pêcher causée par *Taphrina deformans*.



**Photo 4-12** : Asques contenant des ascospores de *Taphrina deformans*, agent de la cloque du pêcher (Grossissement : 40 X).

### **Cloque du pêcher**

Cette maladie est caractérisée par la production par les plantes infectées de feuilles qui sont totalement ou partiellement enroulées, déformées et épaissies (Photo 4-11). Ces feuilles infectées apparaissent d'abord rougeâtre ou violâtre, puis deviennent jaune rougeâtre ou gris poudreux. Plus tard, elles tournent au jaune puis au brun foncé et tombent. Les fleurs et les jeunes fruits tombent aussi après être attaqués. Les rameaux de l'année en cours peuvent aussi être affectés ; ils gonflent, rabougrissent et meurent durant l'été.

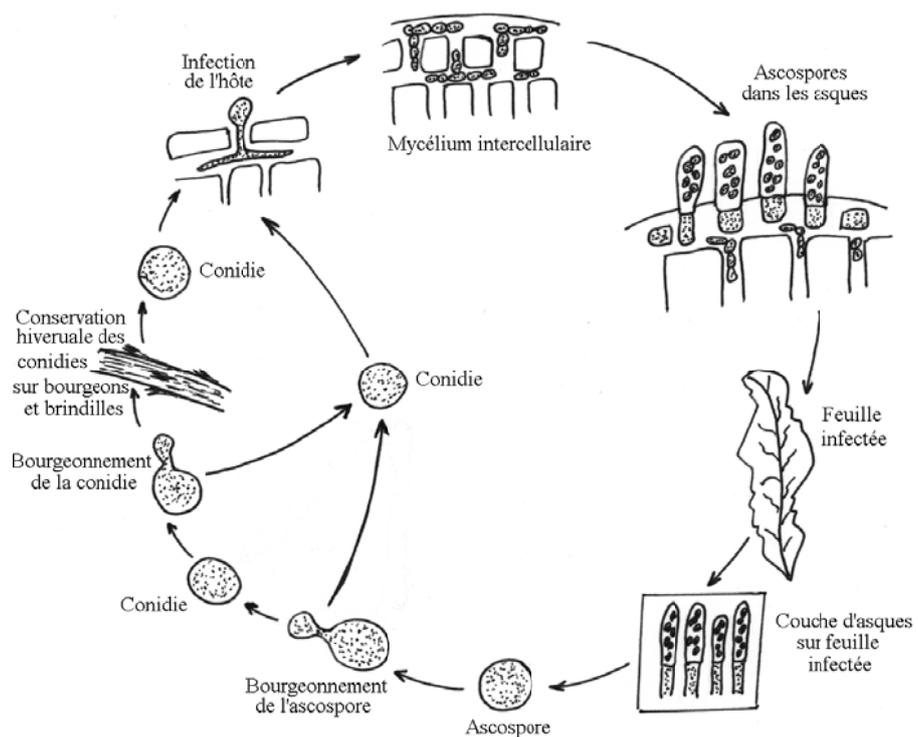
L'agent causal *Taphrina deformans* produit des conidies, à partir d'ascospores et de conidies en bourgeonnement, qui germent et pénètrent dans les organes des plantes hôtes directement ou par l'intermédiaire des stomates. Ensuite, le mycélium croît entre les cellules et envahit les tissus où il induit un agrandissement et une division cellulaire excessive, aboutissant au développement des symptômes caractéristiques. Plus tard, le champignon produit des ascospores dans des asques qui émergent à l'extérieur en exerçant une pression et en déchirant la cuticule (Photo 4-12). Quand ils deviennent aériens, les asques libèrent les ascospores qui vont être véhiculées par l'air vers des tissus sains pour bourgeonner de nouvelles conidies. La conservation du champignon pendant l'hiver a lieu dans les écailles sous forme de conidies à paroi épaisse et probablement sous forme d'ascospores (Figure 4-7).

## **ERYSIPHOMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES**

Les **Erysiphomycètes** affectent presque tous les types de plantes auxquelles ils causent probablement la maladie la plus communément connue, facilement reconnaissable appelée oïdium. Plusieurs espèces sont capables d'induire cette maladie sur diverses plantes hôtes. Ces espèces appartiennent à différents genres tels que *Blumeria*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* et *Uncinula* (Photos 4-13 à 4-22).

### **Oïdium de l'orge**

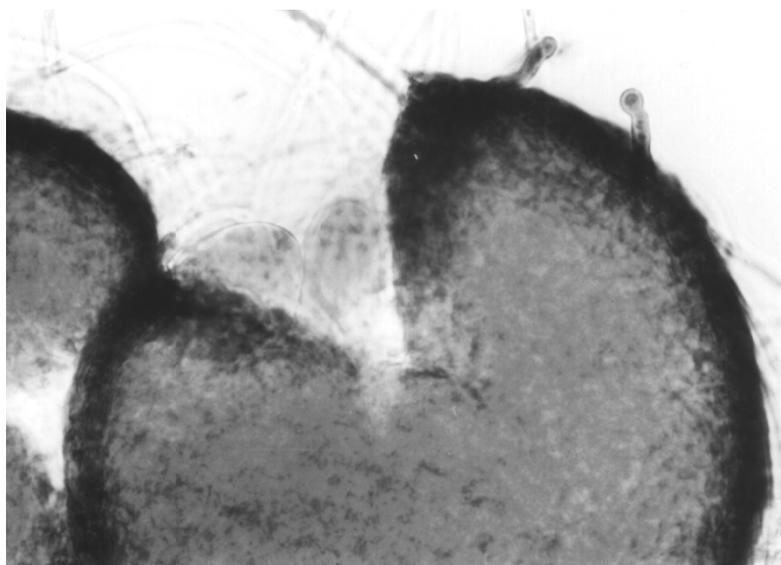
Comme sur les autres plantes hôtes, l'oïdium de l'orge apparaît sous forme de croissance fongique cotonneuse gris blanc sur de petites zones isolées sur la feuille (Photo 4-13). Ensuite, ces taches s'étendent jusqu'à ce que les feuilles deviennent complètement couvertes. Le champignon qui est un ectoparasite se développe seulement sur la surface des tissus foliaires. Plus tard, des corps globuleux bruns à noirs qui sont les cléistothèces, se forment dans le mycélium, sur la surface de la plante hôte (Photo 4-14).



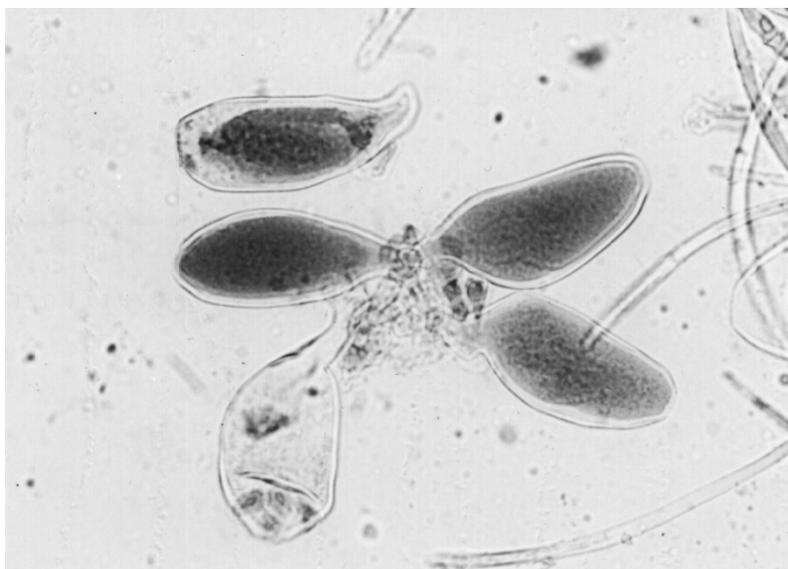
**Figure 4-7** : Cycle de la maladie de la cloque du pêcher causée par *Taphrina deformans*.







**Photo 4-17 :** Cléistothèce écrasé montrant des extrémités d'asques de *Blumeria graminis* (anamorphe : *Oidium monilioides*), agent de l'oïdium de l'orge (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-18 :** Asques immatures de *Blumeria graminis* (anamorphe : *Oidium monilioides*), agent de l'oïdium de l'orge (Grossissement : 40 X).

L'oïdium de l'orge est causé par *Blumeria graminis* (anamorph : *Oidium monilioides*) qui infecte la plante hôte par des conidies. Après être véhiculées par l'air, les conidies se déposent sur l'organe de la plante hôte, germent et développent un mycélium superficiel. En même temps, une courte hyphes fine se développe directement dans les cellules épidermiques et forme une haustorie avec laquelle le champignon absorbe les substances nutritives. A partir du mycélium, les conidiophores se développent et libèrent de nouvelles conidies capables d'induire de nouvelles infections (Photo 4-15). Plus tard, la reproduction sexuée du champignon aboutit à la production des cléistothèces contenant des ascospores à l'intérieur des asques (Photos 4-16 à 4-18). Le champignon se conserve sous forme de cléistothèces ou de mycélium. L'induction de l'infection primaire pendant la saison de végétation suivante est due au développement du mycélium en conservation ou à la germination des ascospores libérées à partir des asques qui sont déchargés à partir des cléistothèces (Figure 4-8).

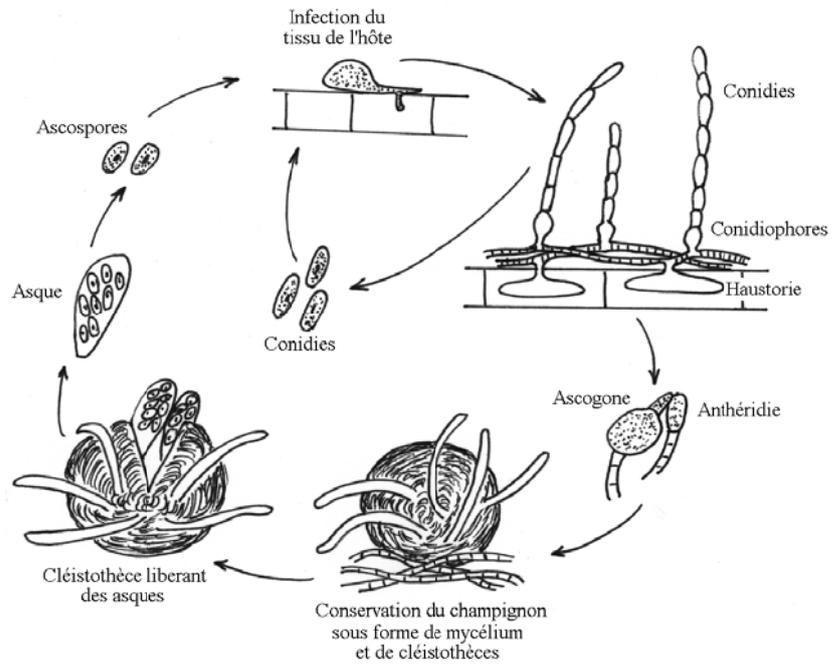
## PLECTOMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES

Les **Plectomycètes** renferment quelques parasites de faiblesse, tels que *Meliola citri* qui cause la fumagine des agrumes. Ce type de maladies forme une croissance mycélienne superficielle noire sur les parties aériennes vertes des plantes hôtes.

## PYRENOMYCÈTES, DISCOMYCÈTES, LOCULOASCOMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES

### 1) Pourriture du pied

Plusieurs maladies de pourriture du pied (pourritures des racines et des bases des tiges) sont causées par des espèces de **Pyrenomycètes** et **Discomycètes** (*Gaeumannomyces*, *Gibberella*, *Sclerotinia*, etc...) et leurs anamorphes tels que les espèces de *Fusarium* (Photo 4-23). Ces champignons qui sont transmis par le sol attaquent beaucoup de cultures maraîchères, de cultures ornementales, de grandes cultures et même d'arbres. Ce sont des parasites non obligatoires qui vivent en association avec la matière organique morte dans le sol quand ils sont en stade saprobique.



**Figure 4-8 :** Cycle de la maladie de l'oidium de l'orge causé par *Blumeria graminis* (anamorphe : *Oidium monilioides*).





**Piétin-échaudage du blé**

Cette maladie apparaît pendant le début de la saison de végétation, comme des taches au champ, où les plantules sont jaunâtres et peu développées ou plus tard les plantes sont rabougries et chétives produisant peu de talles. Plus tard dans la saison, les plantes malades mûrissent prématurément et produisent des épis renfermant des épillets blancs et stériles. Une pourriture sèche brun noir s'étend à partir des racines vers la base des tiges. Les plantes attaquées sont facilement enlevées du sol car la plupart des racines a été détruite par la maladie et les quelques racines restantes sont courtes, brun noir et fragiles.

Le piétin-échaudage du blé est causé par *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* qui est une espèce de Pyrénomycètes dans l'ordre des Diaporthales. Elle se conserve dans les racines et les bases des tiges infectées des débris de la plante hôte. La plupart des infections est causée par le mycélium qui se met en contact avec les racines des plantes en croissance. Il envahit les racines et s'étend vers le collet et la base de la tige. Quand le blé est conduit en monoculture, le piétin-échaudage s'accroît d'abord durant quelques années, puis diminue et se stabilise à un niveau faible.

**Pourriture racinaire et échaudage des céréales**

Durant les jeunes stades des plantes, la maladie apparaît comme une pourriture corticale brune qui devient plus ou moins prononcée dans la partie basale au fur et à mesure que la plante croît. Plus tard, durant le stade épiaison, les épillets deviennent infectés et apparaissent d'abord imbibés d'eau, ensuite perdent leur chlorophylle pour devenir d'une couleur de paille. Cette infection se propage à plusieurs épillets ou à travers tout l'épi. Les grains infectés sont d'habitude ratatinés, pâles et non viables. Les grains malades peuvent contenir des mycotoxines qui sont toxiques pour l'homme et les animaux.

La pourriture racinaire et l'échaudage des céréales peuvent être causées par *Gibberella zeae* (anamorphe : *Fusarium graminearum*) qui est une espèce de Pyrénomycètes dans l'ordre des Hypocréales. Elle se conserve dans les débris des plantes hôtes dans le sol ou sur les semences. Pendant la saison de végétation, elle attaque les plantes provoquant une pourriture racinaire. Plus tard, les conidies produites par le mycélium sur la partie basale des plantes sont véhiculées par l'air et déposées sur les épillets durant la période de floraison ou de remplissage des grains provoquant l'échaudage de l'épi.

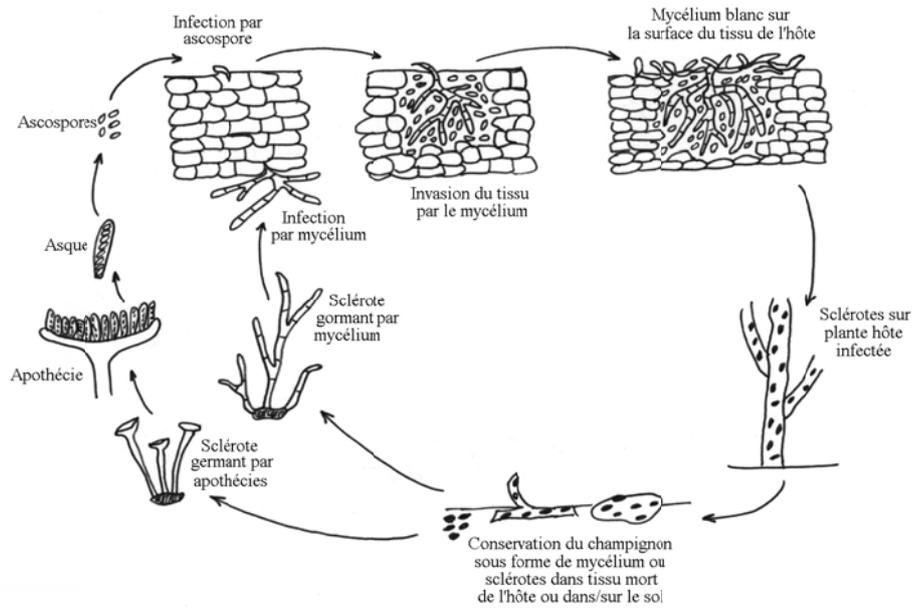
**Pourriture à *Fusarium* des racines et de la base des tiges**

*Fusarium solani* (téléomorphe : *Nectria haematococca*) et d'autres espèces de *Fusarium* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Tuberculariales) provoquent la pourriture des semences et des plantules (fonte des semis), des racines, du collet et des bases des tiges. Ils peuvent aussi être la cause de pourritures des bulbes ou des tubercules. Plusieurs types de cultures maraîchères, de cultures florales et de grandes cultures peuvent être attaqués. Les racines et les bases des tiges infectées montrent une coloration rose à rouge qui devient par la suite plus foncée et plus large. Les petites racines secondaires meurent tandis que des craquelures longitudinales apparaissent le long de la racine principale. Les plantes infectées tardent souvent dans leur croissance, tournent au jaune, flétrissent et peuvent mourir. Cette maladie devient généralement plus sévère quand elle est associée à un autre stress tel que les basses températures, les herbicides, les sols compactés, les sols secs, les sols trop humides, etc...

**Sclérotiniose**

Nombreuses plantes, particulièrement les cultures maraîchères et florales, peuvent être attaquées par des espèces de *Sclerotinia*, spécialement *S. sclerotiorum* et *S. minor*, qui sont des Discomycètes dans l'ordre des Hélotiales. En fonction de la plante hôte et des conditions environnementales, la maladie développe différents symptômes et acquiert différents noms : pourriture cotonneuse, moisissure blanche, pourriture molle humide, pourriture de la tige, pourriture du collet, etc... Le symptôme le plus commun de la sclérotiniose est le développement sur les parties infectées de la plante d'une croissance mycélienne blanche en forme de duvet. Juste après, des scléroties apparaissent dans le mycélium. Ils sont d'abord blancs puis deviennent noirs et durs à l'extérieur.

Dans le cas de *S. sclerotiorum* (anamorphe : *Sclerotium compactum*), les ascospores qui sont déchargées à partir des asques dans les apothécies formées sur les scléroties, germent et attaquent la plante hôte. Sous des conditions humides, des brins de mycélium se développent directement à partir des scléroties et infectent la plante hôte. L'infection se propage quand le mycélium envahit rapidement les tissus succulents et les cellules se détruisent. Le mycélium cotonneux blanc se développe à la surface du tissu envahi et les scléroties se forment. Ces scléroties vont permettre au champignon de se conserver durant les conditions défavorables jusqu'à la saison de végétation suivante où ils vont produire des apothécies ou germer directement par des hyphes (Figure 4-9).



**Figure 4-9 :** Cycle de la maladie de la sclérotiniose des légumes et fleurs causée par *Sclerotinia sclerotiorum* (anamorphe : *Sclerotium compactum*).



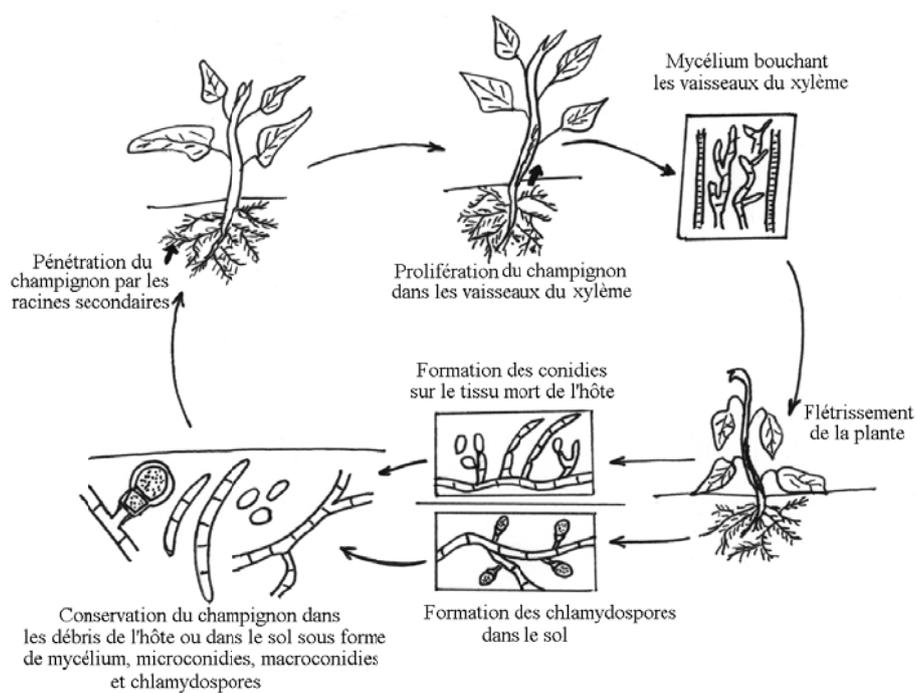
## 2) Flétrissement vasculaire

Certaines espèces fongiques, telles qu'appartenant aux genres *Fusarium* et *Verticillium* (**Deutéromycètes**), se développent à l'intérieur des vaisseaux du xylème, entraînant la maladie du flétrissement (Photos 4-23 et 4-24). Cette maladie se caractérise par un flétrissement, un brunissement et la mort des feuilles et des pousses succulentes suivie par la mort de toute la plante hôte. Les espèces de *Fusarium* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Tuberculariales) et de *Verticillium* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphomycétales) provoquent le flétrissement vasculaire des cultures maraîchères, des cultures ornementales, des grandes cultures et des arbres fruitiers. L'espèce de *Fusarium* qui cause le plus de flétrissement est *F. oxysporum* tandis que pour *Verticillium*, ce sont les espèces *V. alboatrum* et *V. dahliae*.

### Flétrissement à *Fusarium* de la tomate

Cette maladie est généralement caractérisée par l'apparition de nervures claires et d'épinastie foliaire suivie par un rabougrissement des plantes, un jaunissement des feuilles inférieures, un flétrissement des autres feuilles et des jeunes tiges, une défoliation, des nécroses marginales de certaines feuilles et finalement la mort de la plante. Dans les coupes au niveau de la base de la tige des plantes infectées, un anneau brun est visible dans les zones des faisceaux vasculaires.

Le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* infecte les plantes de tomate par l'intermédiaire du mycélium ou des conidies et des chlamydozoospores en germination dans le sol. Les hyphes fongiques pénètrent dans les extrémités des racines directement ou par l'intermédiaire des blessures, avancent à travers le cortex racinaire et atteignent les vaisseaux du xylème à l'intérieur desquels le mycélium va se développer, proliférer, se ramifier et produire des microconidies qui vont se détacher et être véhiculées vers le haut dans le flux de la sève. Les microconidies germent et produisent de nouveaux mycéliums dans les vaisseaux du xylème. Ceci entraîne l'encrassement des vaisseaux par le mycélium, les spores, les gels, les gommes et les tyloses aboutissant à une rupture de l'économie d'eau de la plante infectée. Les feuilles transpirent plus d'eau qu'elles en reçoivent à partir des racines entraînant la fermeture des stomates, le flétrissement et la mort de ces feuilles et finalement la mort du reste de la plante. Ensuite, le champignon envahit tous les tissus, atteint la surface de la plante morte où il sporule abondamment en produisant des microconidies et macroconidies. Le champignon peut être disséminé à de nouvelles plantes par l'intermédiaire de



**Figure 4-10 :** Cycle de la maladie du flétrissement de la tomate causé par *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

ces conidies véhiculées par le vent, l'eau et d'autres vecteurs ou il peut être disséminé avec les chlamydospores et les fragments mycéliens dans le sol moyennant l'eau et les équipements contaminés de la ferme. Il se conserve dans le sol ou les débris infectés de la plante hôte (Figure 4-10).

### 3) Maladies foliaires

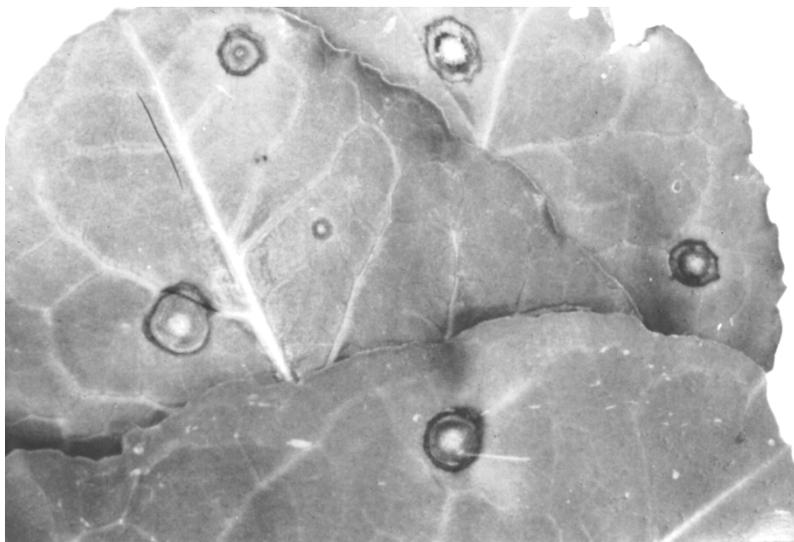
Généralement, les maladies essentiellement foliaires ne sont pas limitées aux feuilles, mais peuvent aussi affecter les fleurs, les jeunes tiges, les fruits et même les racines. Ces maladies foliaires sont généralement causées par des **Loculoascomycètes** (*Cochliobolus*, *Elsinoë*, *Guignardia*, *Mycosphaerella*, *Pyrenophora*) et des anamorphes (*Alternaria*, *Ascochyta*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Drechslera*, *Fulvia*, *Phoma*, *Pyricularia*, *Rhynchosporium*, *Septoria*). Elles sont moins fréquemment dues aux **Pyrénomycètes** (*Glomerella*) et aux **Discomycètes** (*Diplocarpon*) (Photos 4-25 à 4-44).

#### Maladies à *Cochliobolus*

*Cochliobolus*, qui est un Loculoascomycète dans l'ordre des Pléosporales, cause différentes maladies telles que les taches foliaires du maïs, les taches brunes du riz et le piétin-helminthoporiose des céréales. Parmi ces maladies, l'une des plus étudiées est celle des taches foliaires du maïs causée par *Cochliobolus heterostrophus* (anamorphe : *Bipolaris maydis*). Cette maladie est caractérisée par de petites lésions bronzées qui peuvent être si nombreuses qu'elles couvrent presque la totalité de la feuille. Le champignon peut aussi attaquer les tiges, les gaines foliaires et les épis. Les plantules développées à partir de semences infectées peuvent flétrir et mourir en quelques semaines après le semis. Sous des conditions favorables, les ascospores ou les conidies attaquent et infectent la plante. Sur les zones infectées détruites et mortes, le champignon produit des conidies qui sont libérées sur d'autres parties de la plante ou sont véhiculées par le vent et les éclaboussures de la pluie à d'autres plantes. Le champignon se conserve d'habitude comme mycélium dans les débris des plantes hôtes ou rarement comme pseudothèces après la reproduction sexuée. Ces pseudothèces contenant des ascospores dans des asques, produisent curieusement des conidiophores et des conidies.







**Photo 4-29 :** Symptômes sur feuille de la phomose de la betterave causée par *Phoma betae* (téléomorphe : *Pleospora betae*).



**Photo 4-30 :** Conidies de *Drechslera teres* (téléomorphe : *Pyrenophora teres*), agent de la rayure réticulée (ou helminthosporiose) de l'orge (Grossissement : 20 X).

**Maladies à *Guignardia***

Les maladies causées par *Guignardia* (Loculoascomycètes, dans l'ordre des Dothidéales) sont diverses : taches noires des agrumes, taches fruitières du bananier, pourriture noire de la vigne... Cette dernière est causée par *Guignardia bidwellii* (anamorphe : *Phyllosticta ampellicida*) montrant d'abord des taches nécrotiques rouges sur les feuilles. Ensuite, les taches s'étendent, deviennent brunes à gris bronzé et leurs marges apparaissent comme une ligne noire. Plus tard, à l'intérieur des taches, les pycnides de l'anamorphe apparaissent comme des points noirs. Les taches se forment aussi sur les baies. Elles sont d'abord blanches entourées par une marge noire, puis, les pycnides apparaissent près du centre. Ensuite rapidement, toute la baie pourrit et se rétrécit. L'infection primaire est causée par les ascospores et les conidies tandis que les infections secondaires sont dues aux conidies libérées à partir des pycnides. Le champignon se conserve pendant l'hiver sous forme de pseudothèces ou de pycnides.

**Maladies à *Mycosphaerella***

Nombreuses maladies sont causées sur diverses plantes par des espèces de *Mycosphaerella* qui sont des Loculoascomycètes dans l'ordre des Mycosphaerellales. L'une des maladies les plus connues est la maladie des taches foliaires du bananier due à *Mycosphaerella musicola* (anamorphe : *Pseudocercospora musae*). D'abord, de petites taches jaune clair apparaissent parallèlement aux nervures foliaires, puis, elles deviennent longues et tournent au brun avec un centre gris clair. Plus tard, ces taches s'étendent et le tissu qui les entoure tourne au jaune et meurt. Enfin, les taches adjacentes deviennent coalescentes pour former des zones mortes sur la feuille. La totalité des feuilles peut mourir en quelques semaines quand l'infection est sévère aboutissant au fait que les fruits ne croissent pas et ne mûrissent pas. Les infections peuvent avoir lieu par l'intermédiaire des conidies ou des ascospores libérées à partir des pseudothèces qui sont produits après un stade de spermaties.

**Maladies à *Pyrenophora***

La plupart des espèces de *Pyrenophora* (Loculoascomycètes, dans l'ordre des Pléosporales) attaque les céréales, en particulier l'orge. Un exemple de ces maladies est la rayure réticulée (helminthosporiose) de l'orge causée par *Pyrenophora teres* (anamorphe : *Drechslera teres*) (Photo 4-30). Différents symptômes peuvent avoir lieu, des petites taches irrégulières brunes aux taches longues, rectangulaires. Quand les feuilles sont fortement attaquées, les taches rectangulaires augmentent de taille, deviennent coalescentes et forment un type de réseau dont les lignes sont facilement observées à travers la lumière.



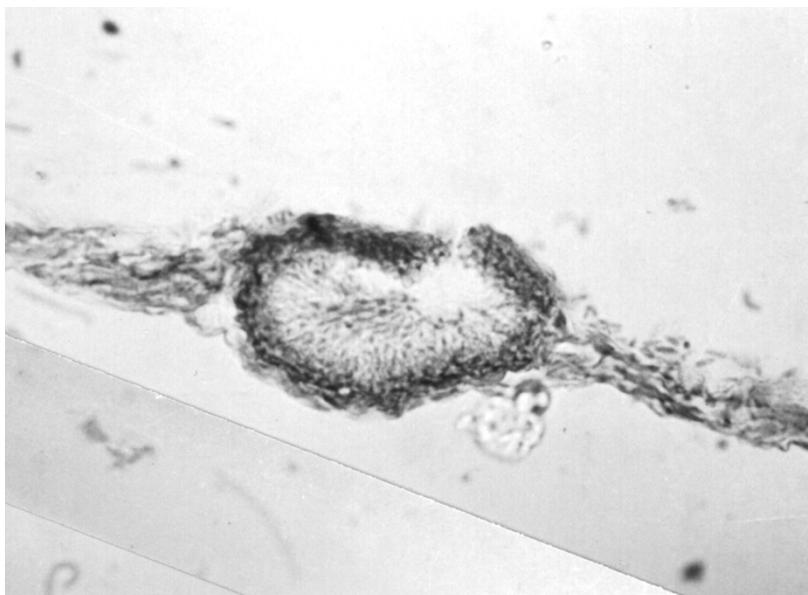
**Photo 4-31** : Pycnides dans le tissu infecté formées par *Ascochyta tritici*, agent de l'anthraxose du blé (Grossissement : 10 X).



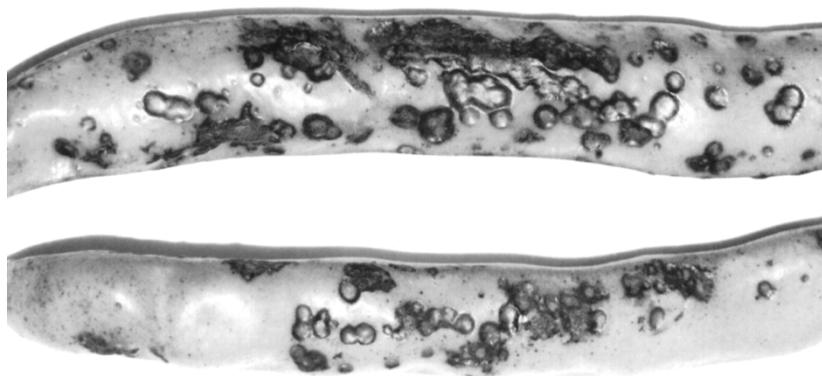
**Photo 4-32** : Conidies d'*Ascochyta tritici*, agent de l'anthraxose du blé (Grossissement : 40 X).



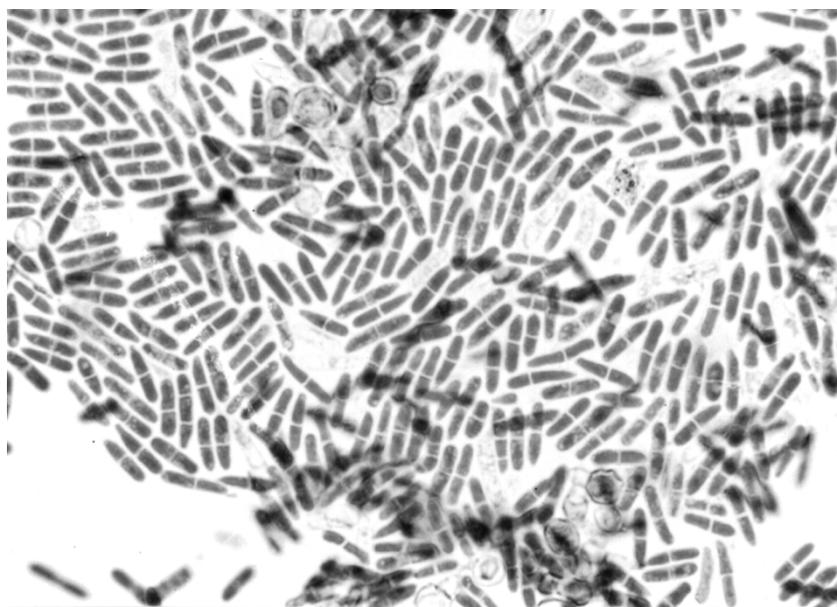
**Photo 4-33** : Symptômes sur gousse de l'anthracnose du pois causée par *Ascochyta pisi*.



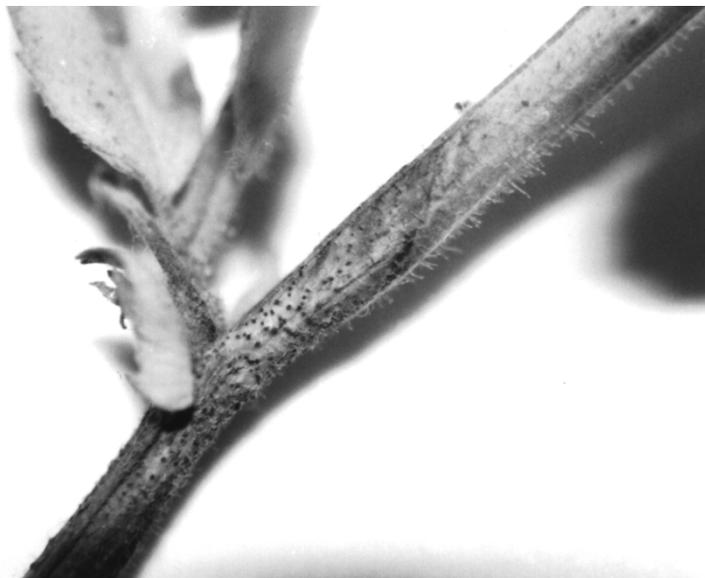
**Photo 4-34** : Coupe d'une pycnide dans le tissu infecté formée par *Ascochyta pisi*, agent de l'anthracnose du pois (Grossissement : 10 X).



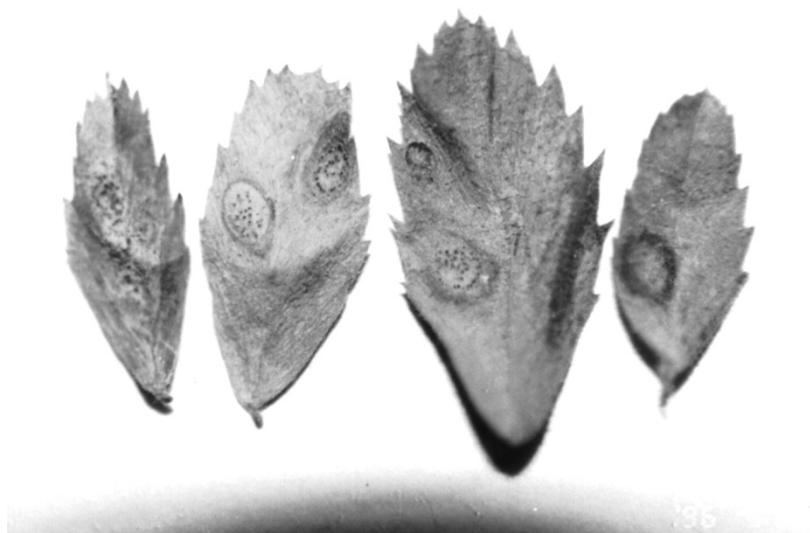
**Photo 4-35** : Symptômes sur gousses de l'antracnose de la fève causée par *Ascochyta fabae* (téléomorphe : *Didymella fabae*).



**Photo 4-36** : Conidies d'*Ascochyta fabae* (téléomorphe : *Didymella fabae*), agent de l'antracnose de la fève (Grossissement : 40 X).



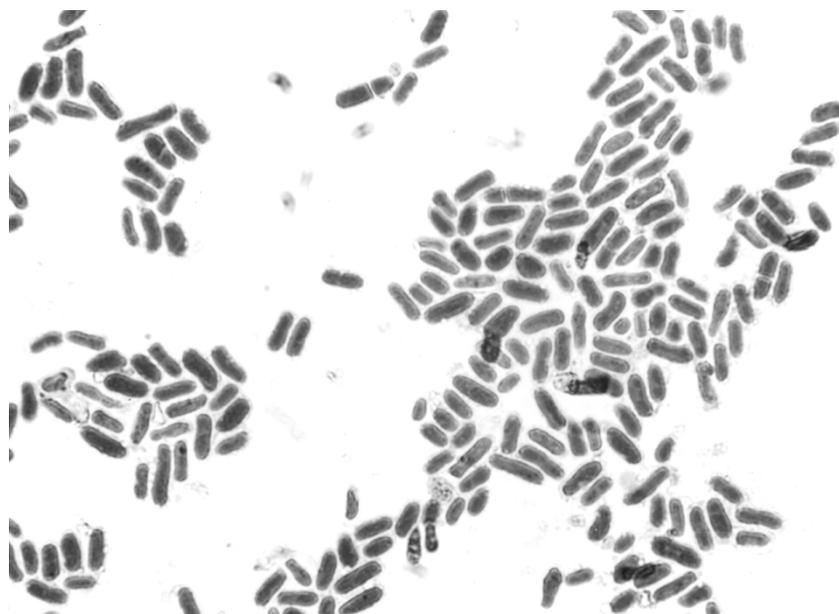
**Photo 4-37 :** Symptômes sur tige de l'anthracnose du pois chiche causée par *Ascochyta rabiei* (téléomorphe : *Didymella rabiei*).



**Photo 4-38 :** Symptômes sur feuilles de l'anthracnose du pois chiche causée par *Ascochyta rabiei* (téléomorphe : *Didymella rabiei*).



**Photo 4-39 :** Symptômes sur gousses de l'anthracnose du pois chiche causée par *Ascochyta rabiei* (téléomorphe : *Didymella rabiei*).



**Photo 4-40 :** Conidies d'*Ascochyta rabiei* (téléomorphe : *Didymella rabiei*), agent de l'anthracnose du pois chiche (Grossissement : 40 X).

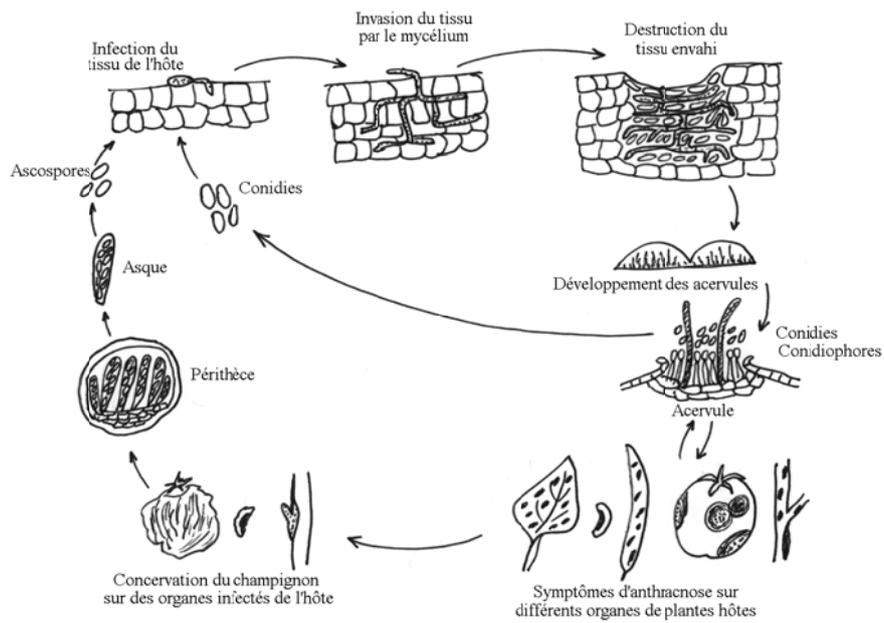
### **Anthracnose**

En plus des feuilles, les maladies de l'anthracnose (y compris celles provoquées par le genre *Ascochyta*) attaquent les tiges et les fruits. Elles causent généralement des taches foncées ou des lésions creuses. Elles se ressemblent au niveau des symptômes et sont toutes désignées par le terme anthracnose en français, tandis qu'en anglais, le terme anthracnose est limité aux maladies causées par les anamorphes appartenant seulement aux Mélanconiales (Deutéromycètes, Coelomycètes). Certaines espèces d'*Ascochyta* (Sphaeropsidales, dans les Coelomycètes) n'ont pas de téléomorphes connues (Photos 4-31 à 4-34) tandis que d'autres ont des téléomorphes *Didymella* ou *Mycosphaerella* (Photos 4-35 à 4-40). Les autres espèces anamorphiques qui causent l'anthracnose appartiennent principalement aux genres *Colletotrichum*, *Marssonina* et *Sphaceloma* (Mélanconiales). Quand ils existent, les genres téléomorphiques sont respectivement *Glomerella*, *Diplocarpon* et *Elsinoë*.

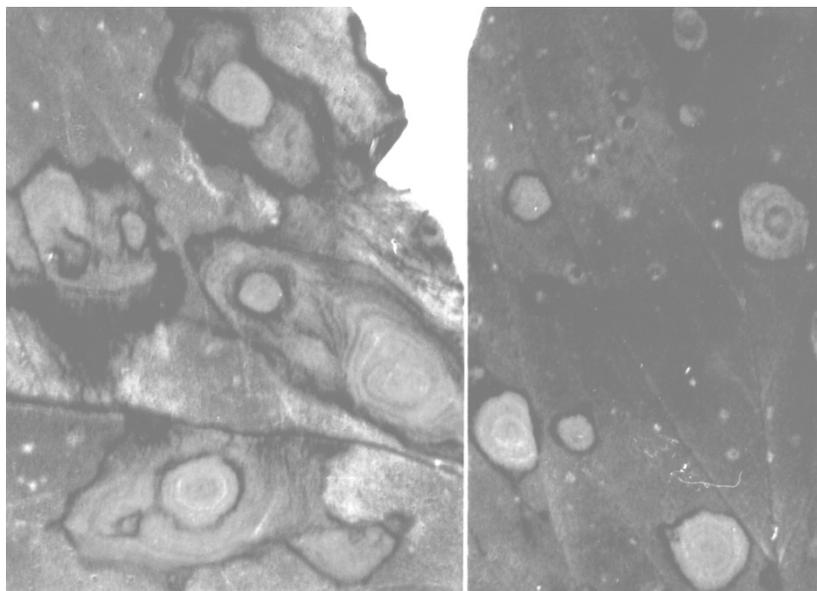
Nombreuses plantes sont infectées par différentes espèces de *Colletotrichum*. Un exemple est celui de *Colletotrichum gloeosporioides* (téléomorphe : *Glomerella cingulata*) qui attaque diverses espèces de plantes. L'infection primaire est causée par les ascospores et les conidies tandis que les infections secondaires sont dues aux conidies. Généralement, les tissus envahis se détruisent, meurent et peuvent former des zones creuses. Ensuite, les acervules se développent et libèrent les conidies qui infectent de nouvelles plantes après dissémination par la pluie et le vent. Le champignon se conserve dans les organes et les débris des plantes infectées sous forme de mycélium, de conidies ou d'ascospores dans les asques produits dans les périthèces après reproduction sexuée (Figure 4-11).

### **Alternarioses**

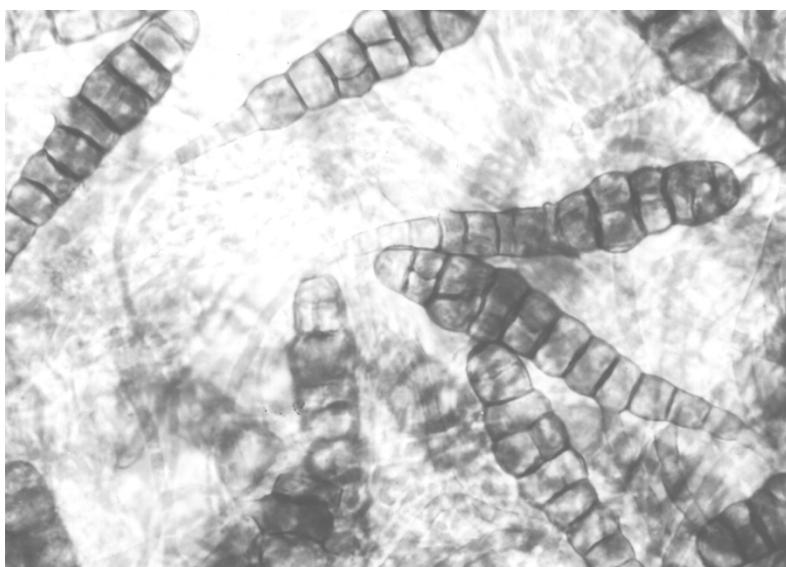
Les maladies causées par *Alternaria* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphomycétales) affectent essentiellement les feuilles (Photos 4-41 et 4-42), mais elles peuvent provoquer aussi la fonte des semis, la pourriture des tiges et la pourriture des tubercules et des fruits. Des exemples de ces maladies sont l'alternariose (ou brûlure précoce) de la pomme de terre, la brûlure des crucifères, les taches foliaires et fruitières de la courge, la pourriture du cœur du pommier et la pourriture des fruits des agrumes. Typiquement, les taches foliaires sont brun foncé à noires, d'habitude nombreuses, s'étalant et se développant en cercles concentriques. Les feuilles fortement infectées tournent au jaune, deviennent sénescentes et se dessèchent ou tombent. Ces maladies commencent généralement par les conidies ou le mycélium qui infectent les plantes hôtes. Le mycélium ou les conidies en



**Figure 4-11** : Cycle de la maladie de l'anthracnose de diverses plantes causée par *Glomerella cingulata* (anamorphe : *Colletotrichum gloeosporioides*).



**Photo 4-41** : Symptômes sur feuilles de l'alternariose de la fève causée par *Alternaria alternata*.



**Photo 4-42** : Conidies d'*Alternaria solani*, agent de l'altrenariose de la tomate (Grossissement : 20 X).

germination pénètrent dans le tissu sensible directement ou à travers les blessures. Ensuite rapidement, de nouvelles conidies sont produites et disséminées par le vent et les éclaboussures de pluie pour attaquer de nouvelles plantes. Après la saison de végétation, le champignon se conserve sous forme de conidies ou mycélium dans les débris infectés (Figure 4-12).

### **Cercosporioses**

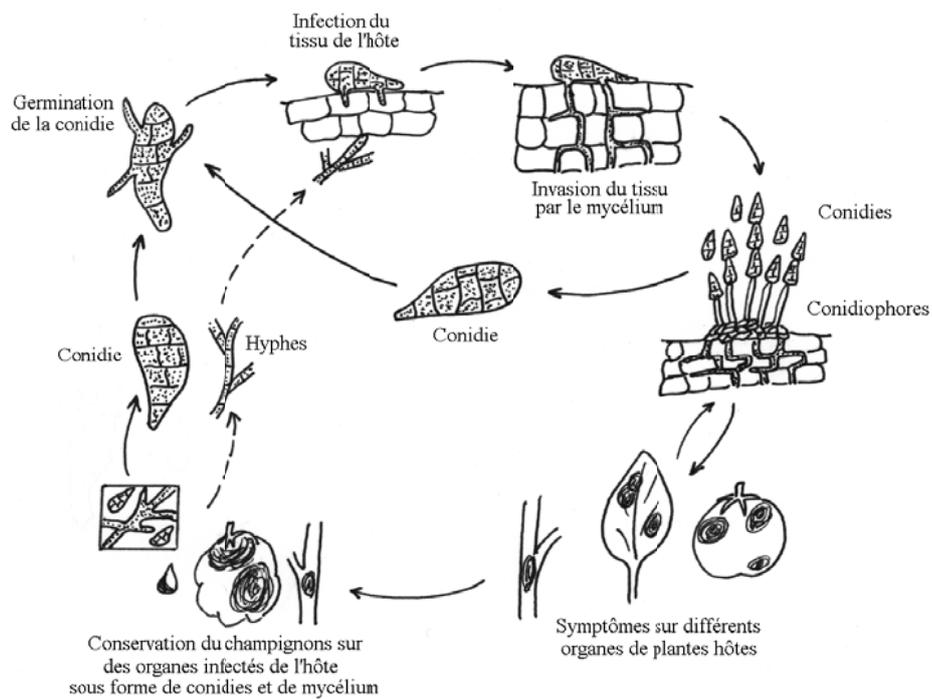
Ces maladies sont généralement caractérisées par des taches foliaires qui peuvent être brunes, petites, à peu près circulaires avec une bordure rouge violet, ou irrégulièrement circulaires à angulaires avec ou sans une bordure distincte. Plus tard, les centres des taches deviennent gris cendre, minces et peuvent se détacher laissant un trou irrégulier. Sous des conditions favorables, les taches deviennent nombreuses, coalescentes et forment de larges zones brûlées. Certaines espèces de *Cercospora* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphomycétales) ont leurs téléomorphes dans le genre *Mycosphaerella*.

### **Pyriculariose du riz**

Cette maladie du riz est causée par *Pyricularia oryzae* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphomycétales) dont le téléomorphe est *Magnaporthe grisea*. Les symptômes sur les feuilles sont d'habitude des lésions en forme de diamant, blanches à grises avec une bordure foncée entourée par un halo jaune. Ces lésions peuvent s'étendre, devenir coalescente et tuer toutes les feuilles. La base des feuilles, les nœuds des tiges et occasionnellement les entre-nœuds peuvent aussi être affectés par le champignon. Au stade épiaison, le champignon peut attaquer le nœud en dessous de la panicule. Les grains ne se remplissent pas ou se remplissent partiellement.

### **Septorioses**

La plupart des maladies causées par *Septoria* (Deutéromycètes, Coelomycètes, Sphaeropsidales) affecte les cultures maraîchères et les céréales. Quand ils existent, les téléomorphes de *Septoria* appartiennent au genre *Mycosphaerella*. Sur les cultures maraîchères, les taches foliaires commencent comme des petits points jaunâtres qui par la suite s'étendent, tournent au brun pâle ou gris jaunâtre et finalement au brun foncé. Ces taches sont d'habitude entourées par une zone jaune étroite. Les feuilles fortement infectées tournent au jaune et peuvent tomber et mourir. A l'intérieur des taches apparaissent des points foncés qui sont les pycnides de l'anamorphe. Sur les céréales, *Septoria tritici* (téléomorphe : *Mycosphaerella graminicola*) provoque des taches foliaires qui apparaissent vert clair à jaunes ou brunes, et ensuite rapidement, elles deviennent plus foncées et s'étendent



**Figure 4-12 :** Cycle de la maladie de l'alternariose des solanacées causée par *Alternaria* sp.

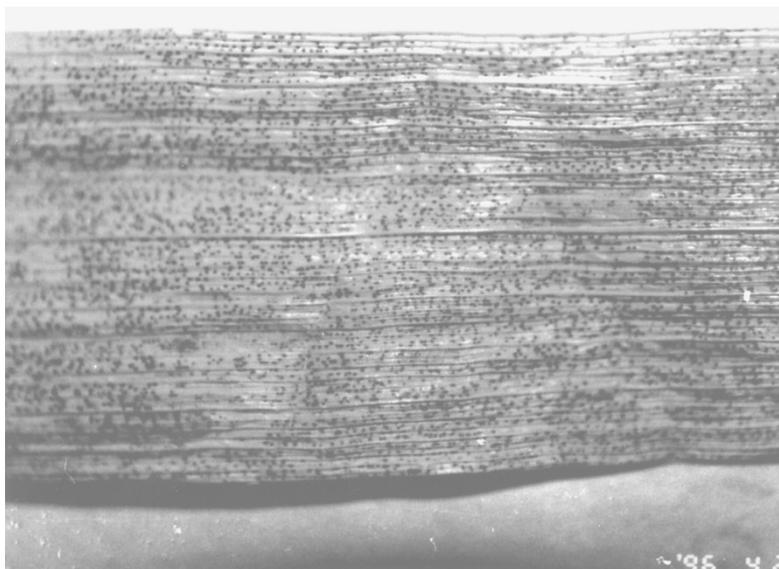
vite pour former de grandes taches irrégulières. Sous des conditions favorables, ces taches deviennent coalescentes et couvrent la totalité du limbe et de la gaine. Elles sont ensuite envahies par des pycnides brunes de l'anamorphe qui apparaissent comme des points (Photo 4-43). La maladie démarre par les conidies libérées à partir des pycnides (Photo 4-44) ou, si le téléomorphe existe, par les ascospores libérées à partir des asques produits par les pseudothèces. Les infections secondaires sont causées par les conidies disséminées par les éclaboussures de pluie durant la saison de végétation. Le champignon se conserve dans les débris infectés sous forme de pycnides ou pseudothèces (Figure 4-13).

#### 4) Chancres

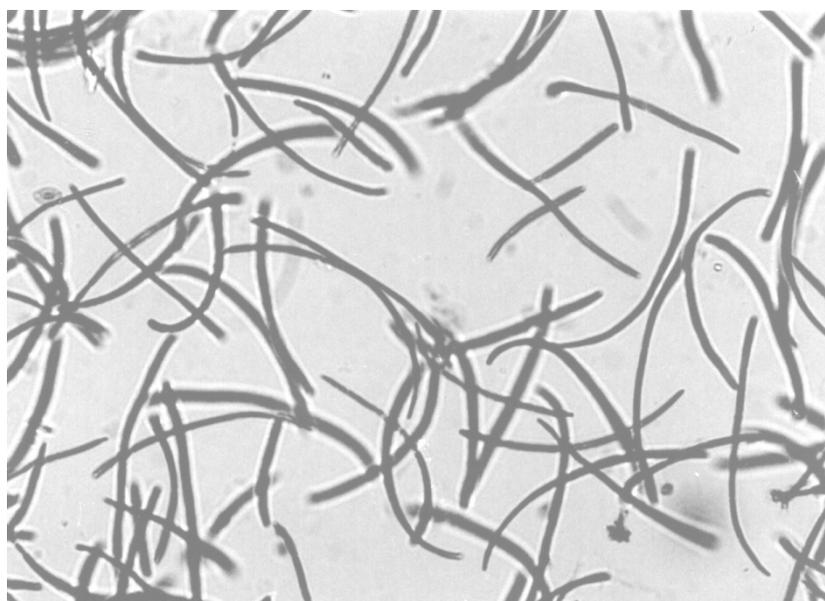
Beaucoup d'espèces fongiques, d'habitude des **Pyrénomycètes**, provoquent des chancres qui sont des blessures localisées ou des zones mortes sur l'écorce des rameaux, des branches et des troncs des plantes ligneuses qui sont souvent creuses en dessous de la surface de l'écorce. Dans certains cas, immédiatement près du chancre, les tissus sains peuvent croître en épaisseur et apparaissent plus élevés que la surface normale du rameau, branche ou tronc.

##### **Chancre à *Nectria***

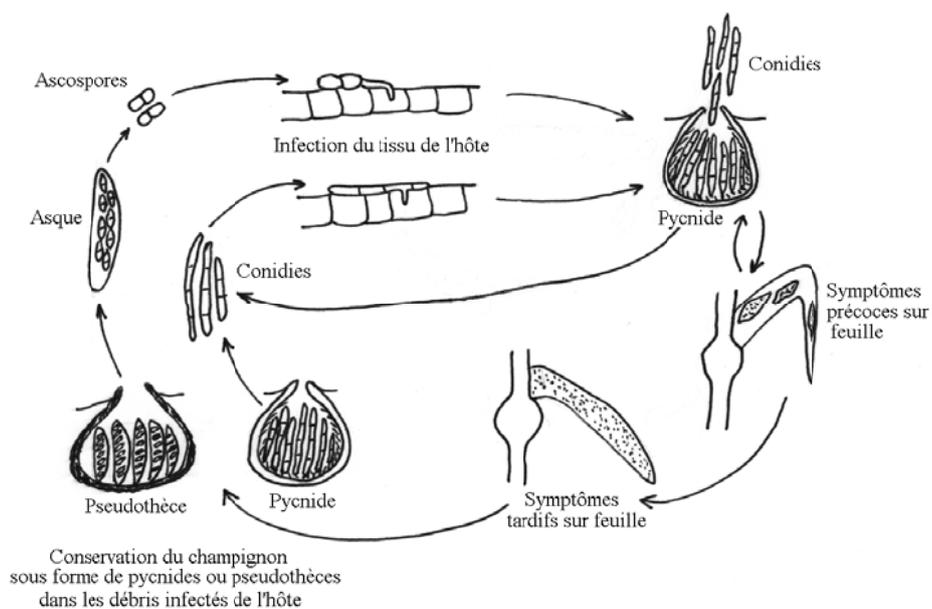
Cette maladie qui affecte les arbres fruitiers à pépins peut être causée par *Nectria galligena* (anamorphe : *Cylindrocarpon mali*). Le téléomorphe appartient à l'ordre des Hypocréales dans les Pyrénomycètes. Généralement, les chancres se développent autour des cicatrices et les blessures dans l'écorce. Ils sont d'abord petits, circulaires bruns, puis ils deviennent par la suite creux foncé et leurs bords s'élèvent au dessus et autour de l'écorce saine. Sous des conditions favorables à la plante, le champignon croît lentement et l'hôte produit des cales de tissu au tour du chancre. Par contre, lorsque les conditions favorisent le champignon, l'invasion de l'hôte est rapide. Les ascospores et le mycélium infectent la plante au début du printemps. Ensuite, les conidies sont produites dans les sporodochies, durant la saison de végétation et disséminées par le vent, la pluie et probablement les insectes pour infecter de nouvelles plantes et causer des chancres. Le champignon peut se conserver pendant l'hiver sous forme de mycélium dans le chancre ou de périthèces dans le bois mort.



**Photo 4-43 :** Symptômes sur feuille de la septoriose foliaire du blé au stade final montrant les pycnides de l'agent causal *Septoria tritici* (téléomorphe : *Mycosphaerella graminicola*).



**Photo 4-44 :** Conidies de *Septoria tritici* (téléomorphe : *Mycosphaerella graminicola*), agent de la septoriose foliaire du blé (Grossissement : 40 X).



**Figure 4-13 :** Cycle de la maladie de la septoriose foliaire du blé causée par *Septoria tritici* (téléomorphe : *Myosphaerella graminicola*).

### **Chancre à *Leucostoma***

Cette maladie est causée sur les arbres fruitiers à noyau par *Leucostoma cincta* qui est un Pyrénomycète, dans l'ordre des Diaporthales. Son anamorphe est *Cytospora cincta*. Quand ils sont infectés, les rameaux et les petites branches peuvent mourir sans montrer de chancres. Sur les troncs et les grandes branches, les chancres apparaissent d'abord sous forme de bois mourant d'une façon graduelle et circulaire, puis deviennent bruns, creux et d'habitude entourés par des cales de tissu élevé. La première infection est due au mycélium, conidies ou ascospores. Pendant la saison de végétation, les infections secondaires sont causées par des conidies dispersées par des éclaboussures de pluie et probablement des insectes. La conservation du champignon pendant l'hiver a lieu sous forme de périthèces, pseudopycnides ou mycélium.

## **5) Maladies des fruits**

Plusieurs pathogènes fongiques attaquent les fruits sur lesquels ils causent la plupart de leurs dégâts. Ils affectent aussi d'autres parties des plantes. Ils appartiennent aux **Pyrénomycètes**, **Discomycètes** ou **Loculoascomycètes** et leurs anamorphes.

### **Ergot des céréales**

Cette maladie affecte communément le seigle et le millet, moins fréquemment le blé et rarement l'orge et l'avoine. Elle apparaît d'abord comme des gouttelettes crémeuses d'un liquide collant exsudant à partir des jeunes fleurons et épis infectés. Ensuite rapidement, les gouttelettes sont remplacées par une masse fongique dure, violet noir, en forme de corne, qui a quelques millimètres de diamètre et jusqu'à 5 cm de longueur. Ce sont les sclérotés ou ergots du champignon pathogène. Ils peuvent contenir des poisons pour l'homme et les animaux.

L'espèce la plus connue qui cause l'ergot des céréales est *Claviceps purpurea* (Pyrénomycètes, dans l'ordre des Hypocréales). L'anamorphe est *Sphacelia segetum*. Pendant la période d'épiaison des céréales, les sclérotés du champignon sur le sol germent, produisent des périthèces, libèrent des asques qui déchargent des ascospores. Ces dernières sont alors véhiculées par le vent et les insectes aux jeunes fleurs ouvertes où elles germent et infectent les ovaires. Quelques jours plus tard, l'anamorphe produit des sporodochies (gouttelettes crémeuses) à partir desquelles les conidies sont véhiculées par les insectes ou dispersées par les éclaboussures de pluie aux

fleurs saines qu'elles infectent. Ceci aboutit à l'infection des ovaires de la plante et le développement des sclérotés qui permettent au champignon de se conserver jusqu'à l'épiaison de la culture suivante.

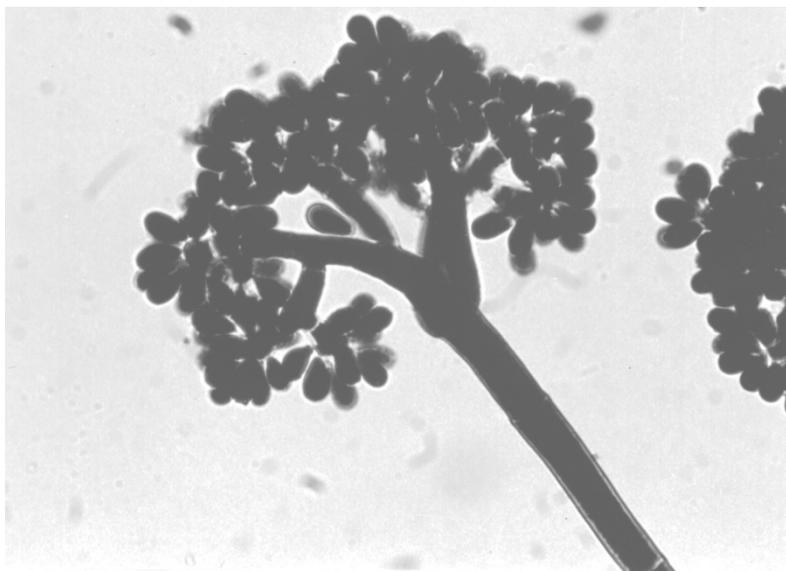
### **Maladies à *Botrytis***

Ces maladies sont très communes surtout sur les fruits charnus et les tissus sénescents de nombreuses espèces végétales. L'une des espèces les plus répandues est *Botrytis cinerea* (Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphomycétales) pour laquelle le téléomorphe est *Botryotinia fuckeliana*. Elle produit une moisissure grise caractéristique sur les tissus affectés qui deviennent couverts par un mycélium gris abondant et de longs conidiophores ramifiés portant des conidies (Photo 4-45). Elle produit aussi des sclérotés. Sous des conditions humides, le champignon développe sur des plantes infectées un mycélium et produit des conidies qui sont facilement disséminées par le vent à de nouvelles plantes. Il se conserve dans le sol sous forme de mycélium dans les débris des plantes en décomposition ou sous forme de sclérotés (Figure 4-14).

### **Moniliose des arbres fruitiers à noyau**

Les symptômes de cette maladie apparaissent sur les boutons floraux, les fleurs et leurs tiges. Quand ils sont infectés, ces organes deviennent couverts par des conidies gris brun du champignon, ensuite ils flétrissent et se dessèchent. De petits chancres peuvent se développer sur les rameaux autour des pétioles des fleurs et parfois provoque une brûlure de ces rameaux. Sur fruits, les symptômes sont de petites taches circulaires brunes sur lesquelles des touffes de conidies de couleur cendre apparaissent après émergence à travers la cuticule. Juste après, des zones pourries se forment et s'étendent jusqu'à ce que tout le fruit devient complètement pourri, se dessèche pour donner une momie et reste accroché sur l'arbre ou tombe sur le sol.

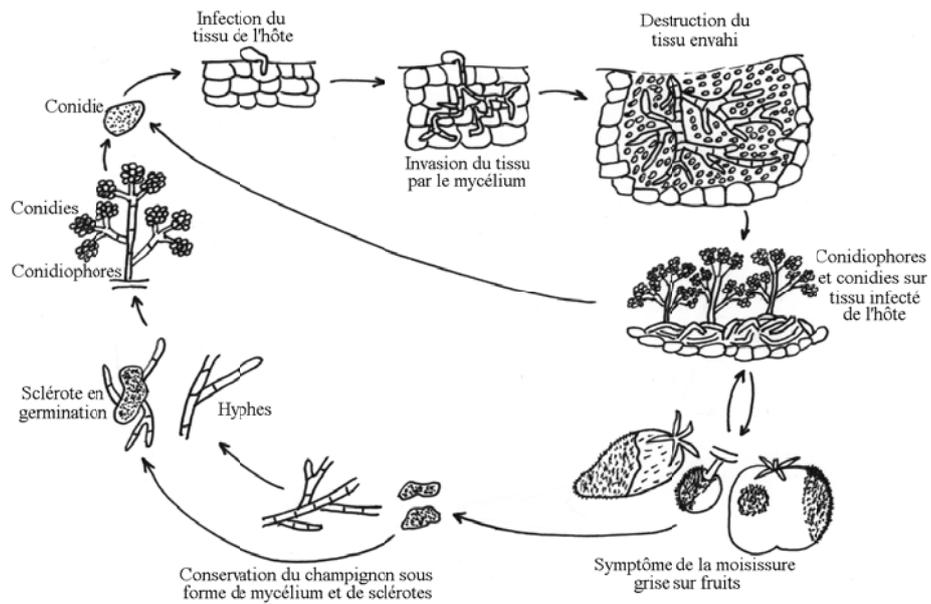
Trois espèces de *Monilinia* (anamorphe : *Monilia*) peuvent causer cette maladie : *Monilinia fructicola*, *M. fructigena* et *M. laxa* (Discomycètes, dans l'ordre des Héliotales) qui ont respectivement les anamorphes *Monilia fructicola*, *M. fructigena* et *M. cinerea*. L'infection initiale est causée par les ascospores libérées des asques produits dans les apothécies ou par les conidies produites par le mycélium dans les fruits momifiés. Elles attaquent les boutons floraux et les fleurs avec leurs tiges et rameaux. De nouvelles conidies sont produites et infectent de nouveaux les mêmes organes sains et plus tard les fruits. Elles sont disséminées par le vent, l'eau de pluie et les insectes. A la fin de la saison de végétation, le champignon se conserve dans les fruits momifiés accrochés sur l'arbre ou couverts par le sol. Après la



**Photo 4-45 :** Conidies et conidiophores de *Botrytis cinerea* (téléomorphe : *Botryotinia fuckeliana*), agent de la moisissure grise de nombreuses espèces végétales (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-46 :** Conidies de *Spilocaea pomi* (téléomorphe : *Venturia inaequalis*), agent de la tavelure du pommier (Grossissement : 40 X).



**Figure 4-14 :** Cycle de la maladie de la moisissure grise de diverses plantes causée par *Botrytis* sp.

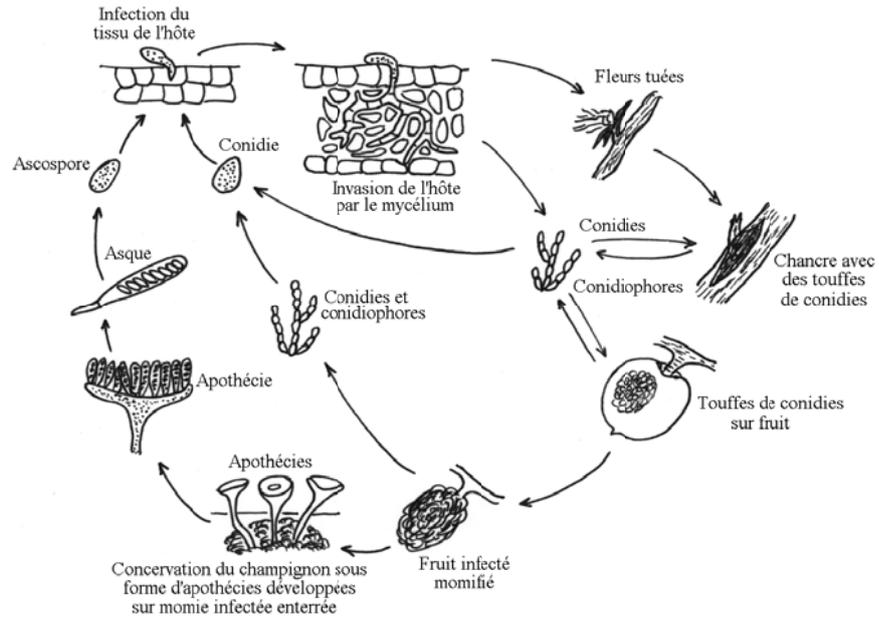
période de conservation, le champignon produit des conidies à partir des momies infectées sur l'arbre et développe des apothécies à partir des momies infectées dans le sol (Figure 4-15).

### **Tavelure des arbres fruitiers à pépins**

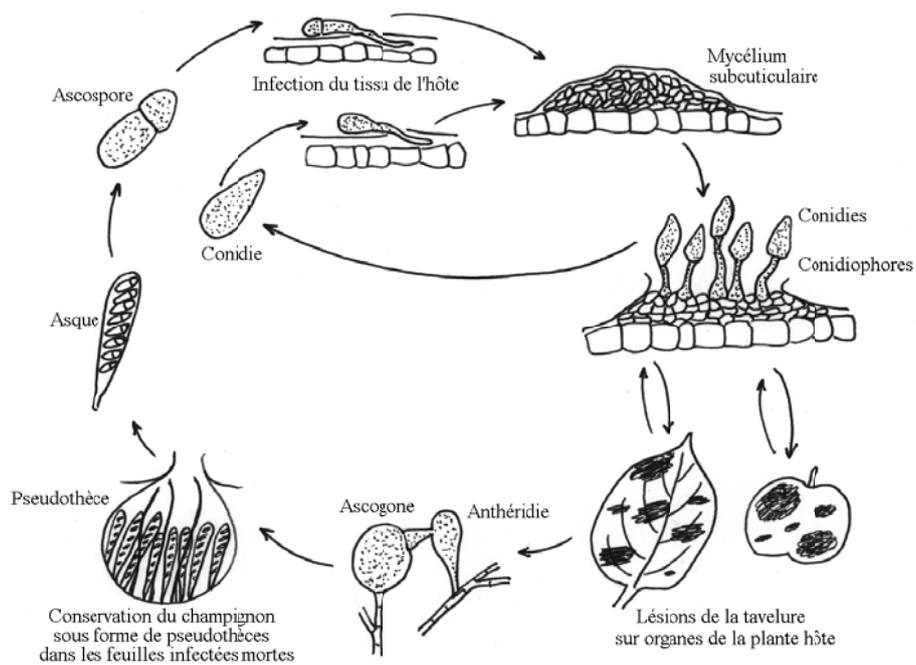
La tavelure est considérée comme la maladie la plus importante du pommier, bien qu'elle peut affecter quelques autres arbres fruitiers à pépin. Elle est caractérisée par des taches irrégulières de couleur olive qui apparaissent sur les feuilles et les bourgeons floraux. Plus tard, les taches deviennent des lésions noir métallique. Sur fruits, la maladie développe une gale sous forme de lésions circulaires, d'abord vert olive, puis deviennent plus foncées. La cuticule rompt à la bordure des lésions.

La tavelure du pommier est causée par *Venturia inaequalis* (Loculoascomycètes, dans l'ordre des Pléosporales) dont l'anamorphe est *Spilocaea pomi* (Photo 4-46). Au début de la saison de végétation, les ascospores libérées à partir des asques dans les pseudothèces causent l'infection initiale. Le mycélium se développe entre la cuticule et la paroi supérieure des cellules épidermiques. Ensuite, il produit de nombreuses conidies qui provoquent les infections secondaires. Quand la saison de végétation se termine, les feuilles tombent sur le sol. Dans celles qui sont infectées, deux individus du champignon se reproduisent sexuellement pour produire des pseudothèces pour la conservation (Figure 4-16).

-----



**Figure 4-15 :** Cycle de la maladie de la moniliose (pourriture brune) des arbres fruitiers à noyau causée par *Monilinia* spp. (anamorphe : *Monilia* spp.) (d'après Agrios, 1997).



**Figure 4-16 :** Cycle de la maladie de la tavelure du pommier causée par *Venturia inaequalis* (anamorphe : *Spilocaea pomi*) (d'après Agrios, 1997).

## 4.6 - MALADIES CAUSÉES PAR LES *BASIDIOMYCOTA* ET LEURS ANAMORPHES (DEUTEROMYCÈTES)

Les *Basidiomycota* sont majoritairement des champignons à chair (classe des **Basidiomycètes**) qui sont soit saprobes soit des agents de dépérissement du bois y compris les pourritures des racines et des troncs des arbres. Certains des *Basidiomycota* ont leurs anamorphes dans les **Agonomycètes (Deutéromycètes)**. Les *Basidiomycota* renferment aussi deux très importantes et destructives classes de phytopathogènes qui causent des maladies des rouilles (classe des **Urédinomycètes**) et des charbons (classe des **Ustilaginomycètes**) sur de nombreuses plantes.

### BASIDIOMYCÈTES ET LEURS ANAMORPHES

Les plantes cultivées sont généralement affectées par trois genres de **Basidiomycètes** : *Armillaria*, *Athelia* (anamorphe : *Sclerotium*) et *Thanatephorus* (anamorphe : *Rhizoctonia*). Ces champignons causent d'habitude des pourritures des racines et des troncs des arbres.

#### **Pourriture à *Armillaria***

Cette maladie affecte généralement les arbres forestiers, mais peut aussi attaquer les arbres fruitiers, la vigne et même des plantes telles que la pomme de terre et le fraisier. L'espèce la plus commune est *Armillaria mellea* (Basidiomycètes, dans l'ordre des Agaricales). Elle cause la pourriture racinaire (pourridié) des arbres entraînant une croissance réduite, des feuilles petites et jaunes, le dessèchement des rameaux et des branches et la mort graduelle ou soudaine de l'arbre. Le mycélium fongique peut s'étendre dans le phloème et le cambium de la base du tronc, mais le signe le plus caractéristique de la maladie est la formation de rhizomorphes rouge brun à noirs qui forment un réseau ramifié autour des racines. A la base des arbres morts ou mourants, quelques à plusieurs structures fongiques macroscopiques de couleur miel se développent à partir des troncs ou sur le sol près des racines infectées. Ce sont les structures sporulantes du champignon.

Ce champignon pathogène se conserve sous forme de mycélium ou de rhizomorphes dans les arbres malades ou dans les racines en dépérissement. Durant son activité, *A. mellea* se transmet d'un à arbre à un autre par l'intermédiaire des rhizomorphes ou par contact direct des racines. La dissémination du champignon peut aussi avoir lieu par les basidiospores ou des fragments de rhizomorphes.

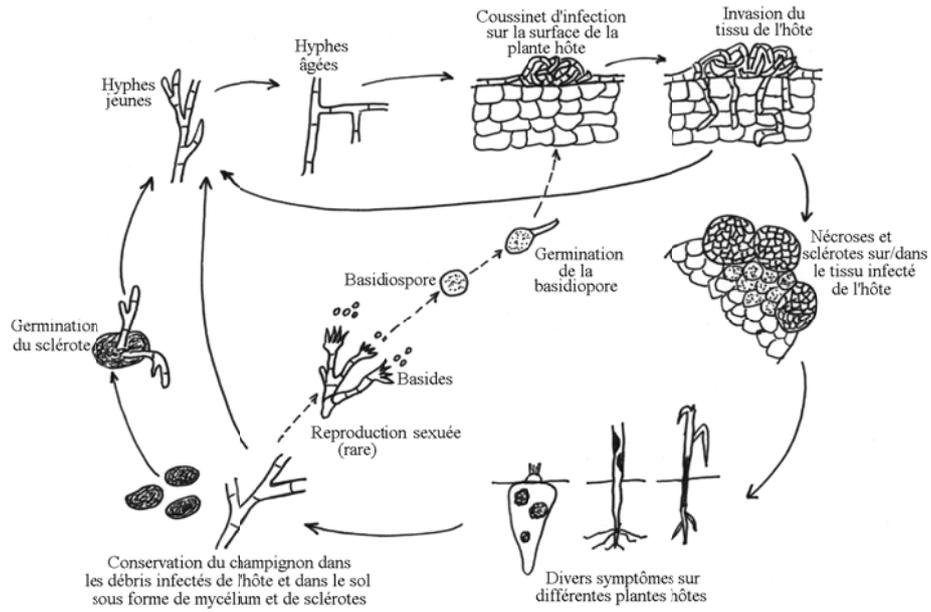
### **Maladies à *Sclerotium***

Les espèces de *Sclerotium* attaquent nombreuses plantes annuelles sur lesquelles elles peuvent causer de grandes pertes. L'une des espèces les plus communes est *Sclerotium rolfsii* (Deutéromycètes, Agonomycètes, Agonomycétales) dont le téléomorphe est *Athelia rolfsii*. Elle cause la pourriture des racines, des tiges et d'autres organes. L'infection commence d'habitude sur les tiges succulentes comme une lésion brun foncé juste en dessous du niveau du sol. Ensuite, les feuilles tournent au jaune ou flétrissent et peuvent mourir à partir de l'extrémité vers le bas. En même temps, le champignon croît vers le haut dans la plante et couvre les lésions des tiges avec une masse de mycélium cotonneux blanc. Le champignon se dirige aussi vers le bas et détruit le système racinaire. Sur tous les tissus infectés et dans le sol, le champignon produit de nombreux petits sclérotés ronds de taille uniforme qui sont au début blanc puis deviennent brun foncé à noirs à maturité.

Ce pathogène se conserve essentiellement sous forme de sclérotés qui sont disséminés par l'eau courante, les outils contaminés et d'autres vecteurs. Il attaque les tissus de la plante hôte directement après les avoir désintégré par des enzymes telles que les pectinases, les cellulases et d'autres. Il avance d'une plante à une autre en produisant un mycélium et des sclérotés.

### **Rhizoctone**

Cette maladie est due à des espèces de *Rhizoctonia* qui affectent la plupart des plantes annuelles et de nombreuses plantes pérennes. Les symptômes les plus communs que ces espèces causent sont la fonte des semis, la pourriture racinaire, la pourriture et le chancre des tiges. L'espèce la plus importante est *Rhizoctonia solani* (Deutéromycètes, Agonomycètes, Agonomycétales) dont le téléomorphe est *Thanatephorus cucumeris*. Elle attaque plusieurs espèces végétales et cause différents symptômes. Par exemple, elle peut provoquer sur certaines plantes des zones pourries de couleur brune, qui peuvent être superficielles ou s'étendre à l'intérieur, au milieu de la racine ou de la tige. Les tissus pourrissant se décomposent d'habitude et se dessèchent, formant une zone creuse remplie de morceaux secs de la plante mélangés avec le mycélium et les sclérotés du champignon.



**Figure 4-17 :** Cycle de la maladie du rhizoctone sur diverses plantes causé par *Rhizoctonia solani* (téléomorphe : *Thanatephorus cucumeris*) (d'après Agrios, 1997).

Le pathogène se conserve sous forme de mycélium ou de sclérotés dans le sol ou dans les débris infectés de la plante. Il se propage par la pluie, l'irrigation, les outils contaminés et d'autres vecteurs. Il avance d'une plante à une autre par la production de mycélium et de sclérotés. Rarement, le téléomorphe se développe et produit des basidiospores capables d'infecter les plantes hôtes (Figure 4-17).

## URÉDINOMYCÈTES

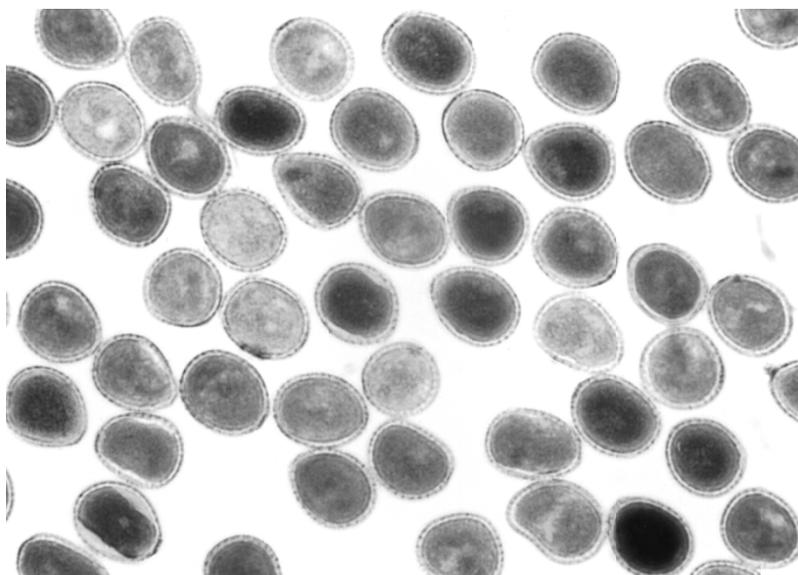
Les **Urédinomyètes** causent l'un des types de maladies des plantes les plus destructifs, les **rouilles**. Les champignons agents des rouilles attaquent la plupart des espèces végétales sur lesquelles ils forment de nombreuses pustules brunes, orangées, jaunes ou même de couleur blanche qui rompent l'épiderme (Photos 4-47 à 4-60). Les espèces qui causent les rouilles appartiennent à l'ordre des Urédinales.

### **Rouille noire (ou des tiges) du blé**

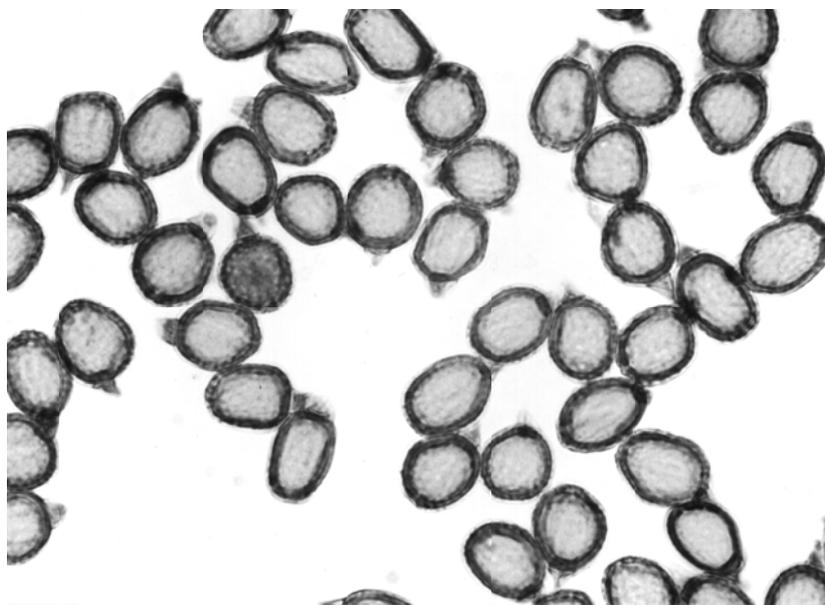
Parmi plusieurs rouilles des céréales, la rouille noire (ou des tiges) est la plus étudiée. Elle est causée par *Puccinia graminis* qui attaque l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) comme hôte secondaire et le blé (et d'autres céréales) comme hôte principal. Sur l'épine-vinette, le champignon produit sur la face supérieure des feuilles quelques spermogonies qui sont des structures de couleur foncée, et sur la face inférieure, il forme des groupes d'écidies jaune orangé en forme de coupe. Sur le blé, des pustules elliptiques (urédies) se développent parallèlement à l'axe de la longueur de la tige, de la feuille et de la gaine (Photos 4-47 et 4-48). Les pustules peuvent apparaître aussi sur le col et les glumes de l'épi (Photo 4-57). Quand l'épiderme couvrant les pustules rompt, il montre une masse poudreuse brun rouge d'urédospores (Photo 4-58). Plus tard dans la saison, au fur et à mesure que la plante approche de la maturité, la couleur brune des pustules tourne au noir. Le champignon commence à produire des téliospores au lieu des urédospores et les urédies brunes sont remplacées par des télies noires (Photos 4-59 et 4-60).

Après conservation dans les débris infectés du blé sous forme de téliospores, ces dernières germent pour produire des basidiospores qui sont véhiculées par l'air et déposées sur les feuilles de l'épine-vinette. Ces basidiospores germent, infectent les feuilles de l'épine-vinette et produisent sur la face supérieure des spermogonies contenant des spermaties et des

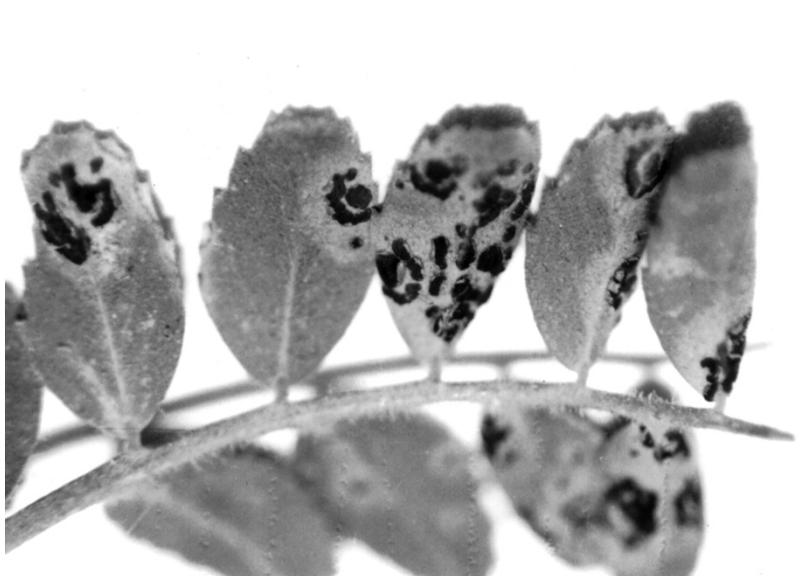




**Photo 4-49** : Urédospores de *Puccinia coronata*, agent de la rouille couronnée de l'avoine (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-50** : Télisporés d'*Uromyces ciceris-arietini*, agent de la rouille du pois chiche (Grossissement : 40 X).



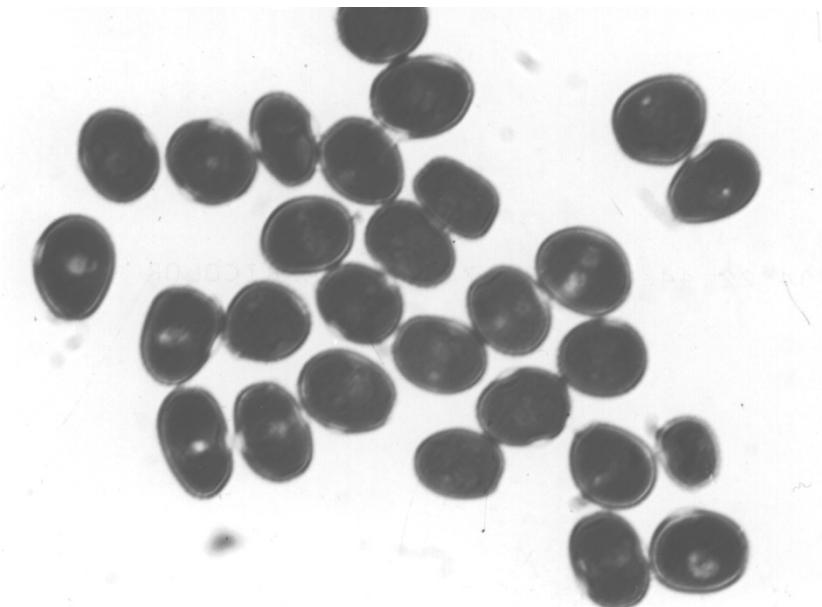
**Photo 4-51** : Symptômes sur feuilles (urédies brunes) de la rouille du pois chiche causée par *Uromyces ciceris-arietini*.



**Photo 4-52** : Symptômes sur feuilles (télies noires) de la rouille du pois chiche causée par *Uromyces ciceris-arietini*.



**Photo 4-53 :** Symptômes sur feuille (urédies brunes) de la rouille de la fève causée par *Uromyces viciae-fabae*.



**Photo 4-54 :** Urédospores d'*Uromyces viciae-fabae*, agent de la rouille de la fève (Grossissement : 40 X).

hyphes réceptives. Les spermaties, disséminées par l'eau de pluie et les insectes, fécondent les hyphes réceptives compatibles. La plasmogamie a lieu et non la caryogamie. Ainsi, le développement du mycélium dicaryotique entraîne la production sur la face inférieure des feuilles, les écidies libérant des écidiospores dicaryotiques. Ces dernières infectent le blé et y produisent des urédies libérant des urédospores capables de réinfecter de nouvelles plantes de blé après être disséminées essentiellement par le vent. Les dégâts sur blé sont dus principalement aux infections successives par les urédospores. Au fur et à mesure que la plante hôte principale approche de la maturité, les télies commencent à se former au lieu des urédies. Elles produisent les téliospores qui sont le stade de conservation du champignon. La caryogamie prend place dans les téliospores et la méiose a lieu plus tard dans les basides (Figure 4-18).

### **Rouille du caféier**

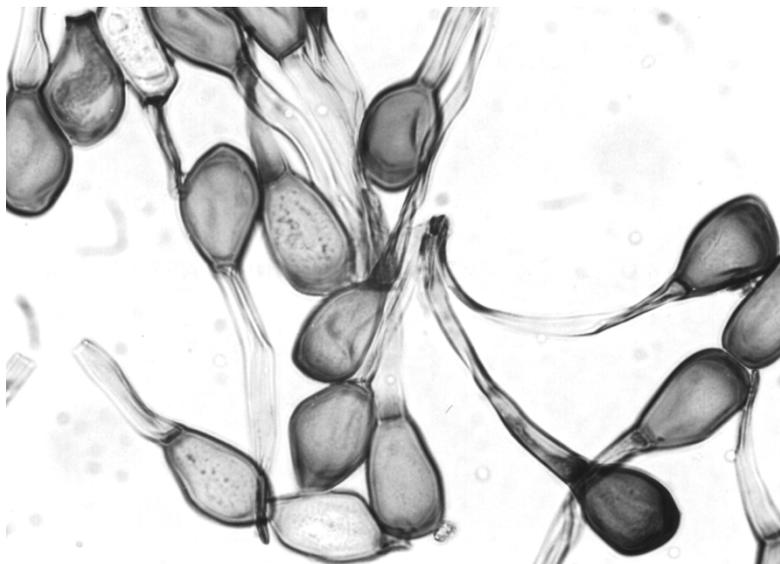
Cette maladie est l'affection la plus destructive du caféier. Elle est causée par *Hemileia vastatrix* qui produit des taches poudreuses jaune orangé sur la face inférieure des feuilles. Ces taches sont d'abord circulaires et petites, puis deviennent coalescentes et forment de grandes taches. Le centre des taches devient d'habitude sec et tourne au brun et la feuille tombe prématurément. Les infections sévères entraînent la mort de la plante hôte.

Le champignon existe essentiellement sous forme de mycélium, d'urédies et d'urédospores dans les feuilles attaquées qu'elles infectent continuellement et successivement. Les téliospores sont produites occasionnellement par le champignon et les basidiospores qu'elles développent n'infectent pas le caféier. Il n'y a pas d'hôte secondaire connu.

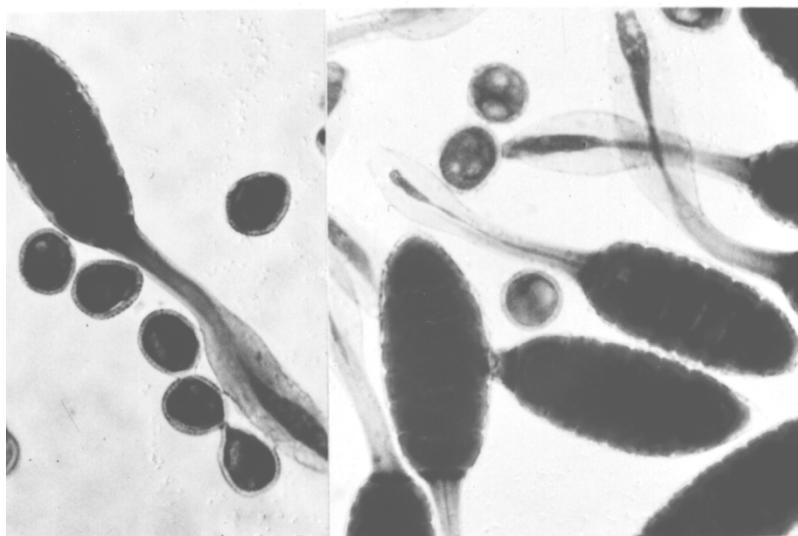
### **Rouille américaine du pommier**

Cette maladie est causée par *Gymnosporangium juniperi-virginianae* qui produit des taches (écidies) jaunes à orangées sur les feuilles et les fruits du pommier et des galles qui produisent des cornes gélatineuses (télies) sur le cèdre (*Juniperus*).

Le champignon se conserve sur le cèdre sous forme de téliospores qui, plus tard, produisent des basidiospores capables d'infecter le pommier. Après germination des basidiospores et développement du mycélium, le pathogène forme des spermogonies sur la surface supérieure des feuilles et sur les fruits du pommier. La fécondation des hyphes réceptives par les spermaties est suivie par le développement du mycélium dicaryotique et la production d'écidies jaune orangé sur la face inférieure des feuilles et sur la surface entourant les spermogonies sur les fruits. Les écidiospores libérées des écidies sont disséminées par le vent pour se déposer et infecter les feuilles du cèdre où le pathogène produit plus tard les cornes téliales à partir des galles.

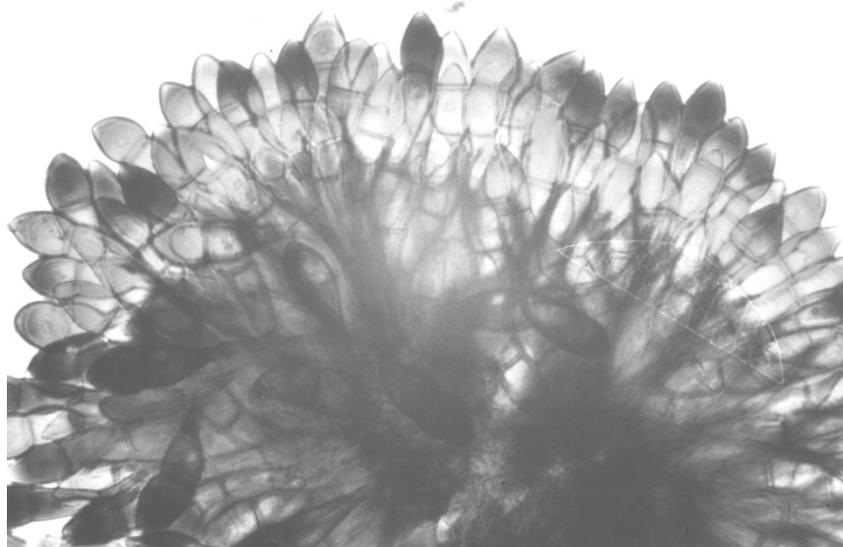


**Photo 4-55** : Télisporos d'*Uromyces viciae-fabae*, agent de la rouille de la fève (Grossissement : 40 X).

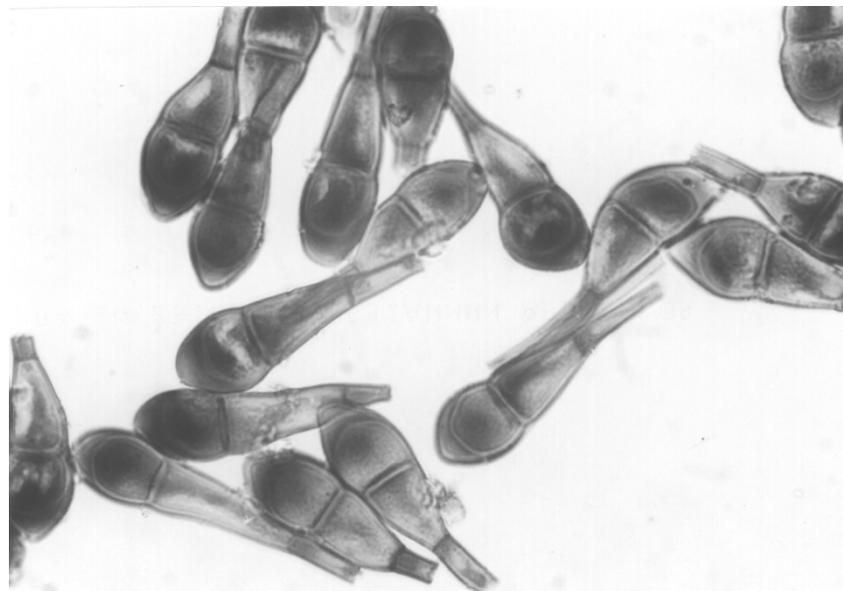


**Photo 4-56** : Urédosporos (unicellulaires) et télisporos (pluricellulaires) de *Phragmidium mucronatum*, agent de la rouille du rosier (Grossissement : 40 X).

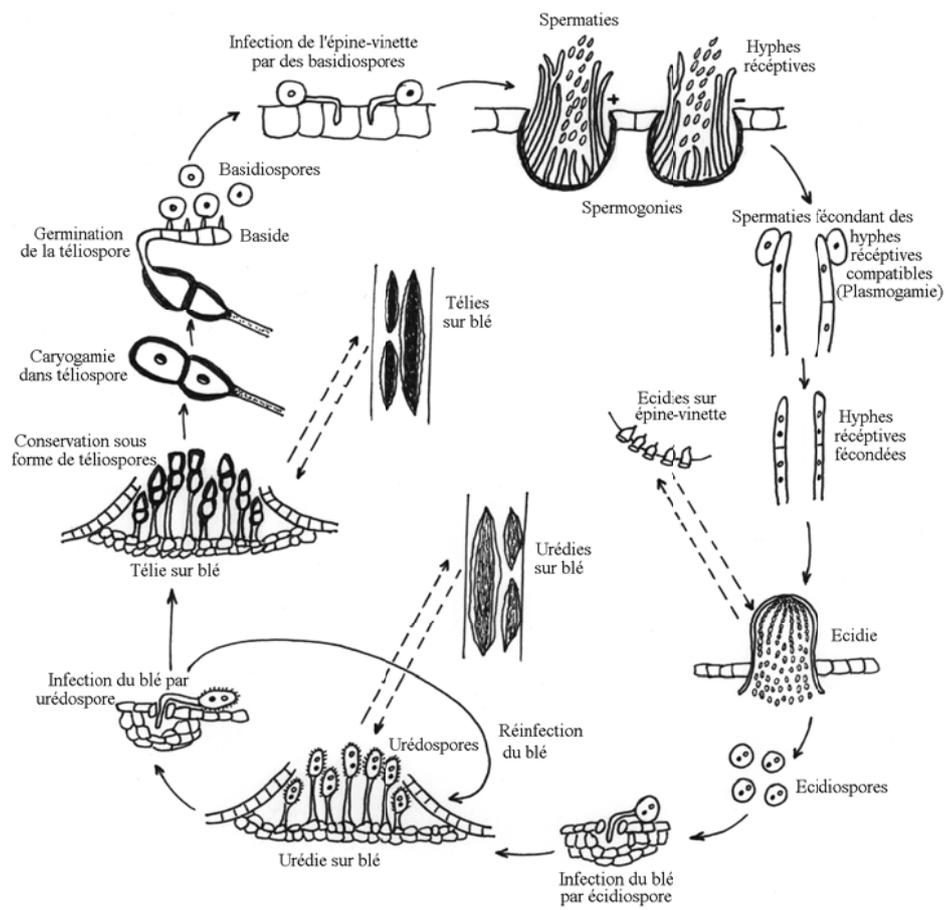




**Photo 4-59 :** Télie produisant des télisporos de *Puccinia graminis*, agent de la rouille noire (ou des tiges) du blé (Grossissement : 20 X).



**Photo 4-60 :** Télisporos de *Puccinia graminis*, agent de la rouille noire (ou des tiges) du blé (Grossissement : 40 X).



**Figure 4-18 :** Cycle de la maladie de la rouille noire (ou des tiges) sur blé causée par *Puccinia graminis* (d'après Agrios, 1997).

## USTILAGINOMYCÈTES

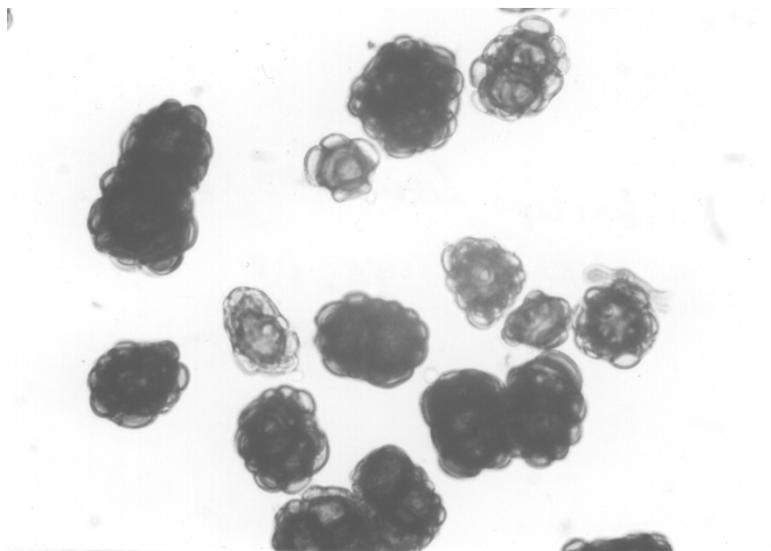
Les espèces des **Ustilaginomycètes** sont responsables de maladies très graves connues sous le terme de charbons (Photos 4-61 à 4-66). Elles affectent principalement les céréales, mais aussi la canne à sucre, l'oignon et certaines plantes ornementales. La plupart des champignons agents de charbons attaque les ovaires des plantes et détruit complètement les grains. Certains autres, cependant, infectent les feuilles, les tiges et les parties florales. Dans certains cas, des galles se forment sur les plantes infectées.

### **Carie commune du blé**

Cette maladie est causée par *Tilletia laevis* ou *T. tritici* (Photos 4-64 à 4-66) qui appartiennent à l'ordre des Tillétiales. Les plantes infectées sont d'habitude plus courte que les plantes saines et apparaissent légèrement bleu vert à gris vert. Les épis infectés sont plus minces et leurs glumes semblent écartés et forment un angle plus ouvert avec l'axe principal. Les grains infectés sont plus épais et moins longs que les grains sains. A maturité, ces grains infectés deviennent remplis d'une masse poudreuse noire formée des téliosporos du champignon libérant une odeur particulière ressemblant à celle du poisson pourri. Ces téliosporos forment de grands nuages quand elles sont libérées dans l'air à partir des grains cariés cassés pendant la moisson.

Le pathogène se conserve sous forme de téliosporos à la surface des semences et moins fréquemment dans le sol. Quand les semences semées germent, les téliosporos germent aussi. Au fur et à mesure que les plantules se développent, les téliosporos produisent des basides qui développent des basidiosporos (sporidies primaires). Ces dernières produisent des conidies (sporidies secondaires) après plasmogamie. Le mycélium dicaryotique qui se développe à partir des conidies infecte les plantules. Après pénétration, le mycélium croît intracellulairement et envahit les feuilles en développement et le tissu méristématique au point végétatif de la plante. Quand la plante forme l'épi, le mycélium envahit toutes les parties de l'inflorescence, ensuite rapidement, il consomme le contenu des grains. Seuls les glumes, glumelles et les péricarpes des grains ne sont pas attaqués. A la maturité des grains, la plupart des cellules hyphales se transforme en téliosporos qui sont libérées quand les grains infectés sont cassés pendant la moisson. La caryogamie et la méiose ont lieu avant la germination ultérieure des téliosporos (Figure 4-19).

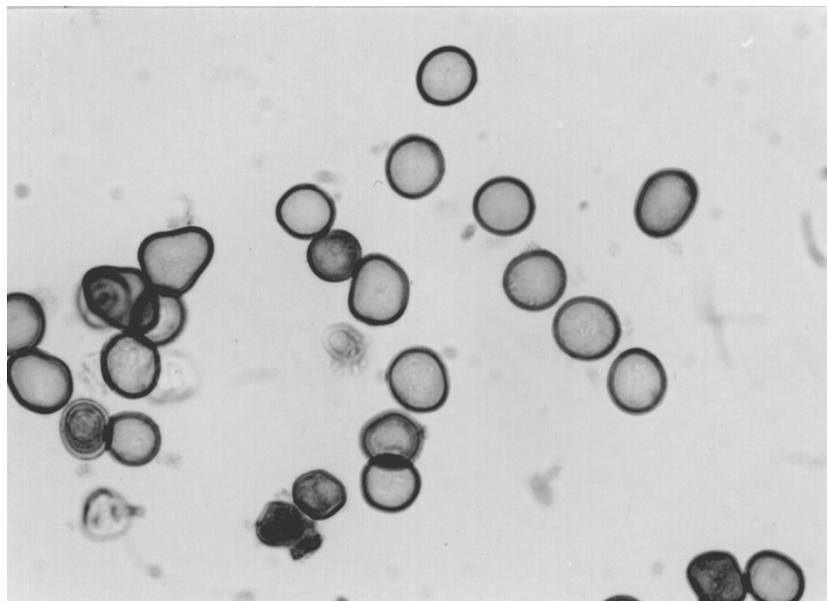




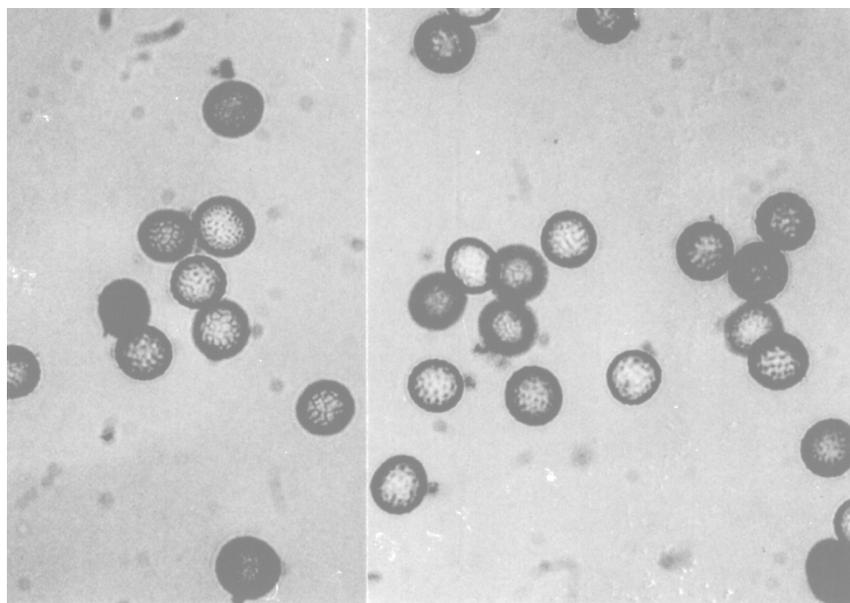
**Photo 4-63 :** Téliospores d'*Urocystis agropyri*, agent du charbon foliaire du blé (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-64 :** Symptômes sur épis de la carie commune du blé causée par *Tilletia laevis* ou par *T. tritici*.



**Photo 4-65 :** Télisporos de *Tilletia laevis*, agent de la carie commune du blé (Grossissement : 40 X).



**Photo 4-66 :** Télisporos de *Tilletia tritici*, agent de la carie commune du blé (Grossissement : 40 X).

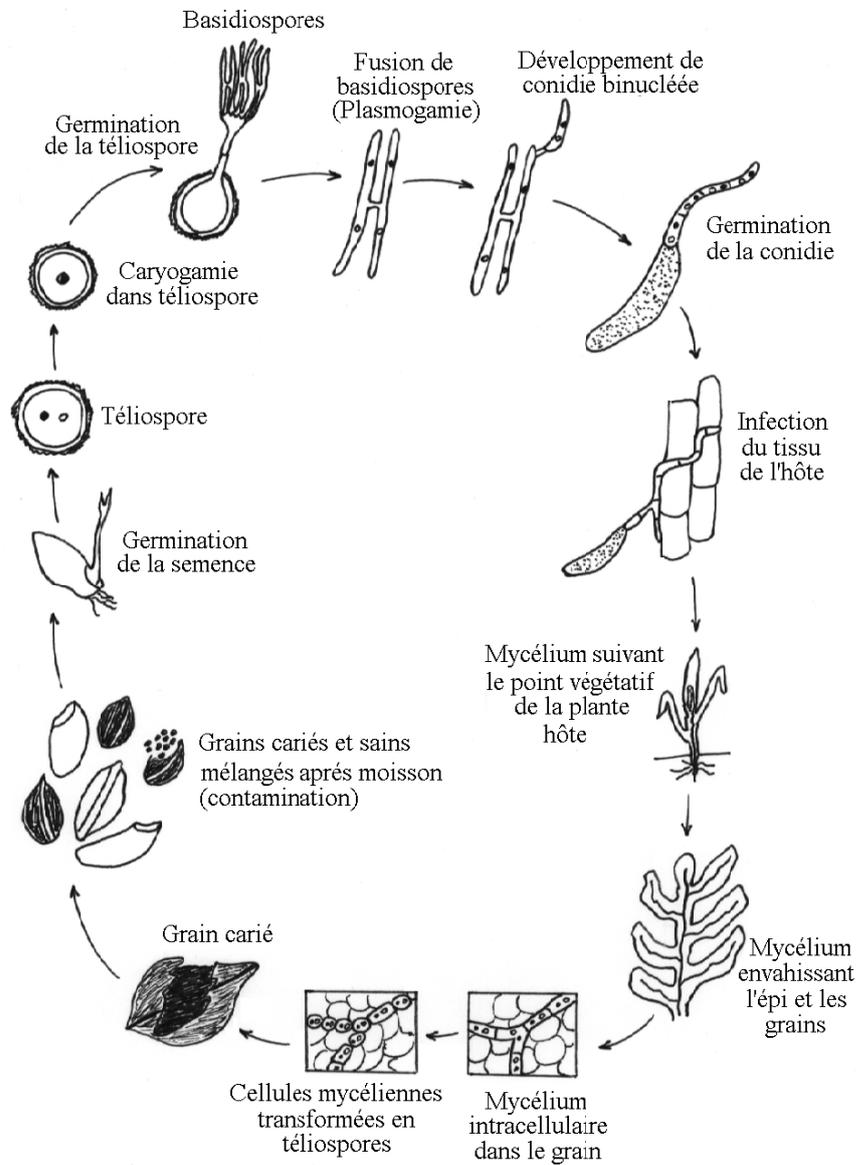
### **Charbon nu du blé**

Cette maladie est causée par *Ustilago segetum* var. *tritici* (appartenant à l'ordre des Ustilaginales). D'autres variétés de la même espèce fongique affectent d'autres espèces de céréales. Les épis charbonnés de blé sont généralement plus hauts que ceux sains. Ils sont totalement (épillets, glumes, glumelles et grains) transformés en masse poudreuse noire qui est au début couverte d'une délicate membrane puis, rapidement après, éclate et libère la poudre noire. Cette poudre est finalement emportée par le vent, laissant uniquement le rachis.

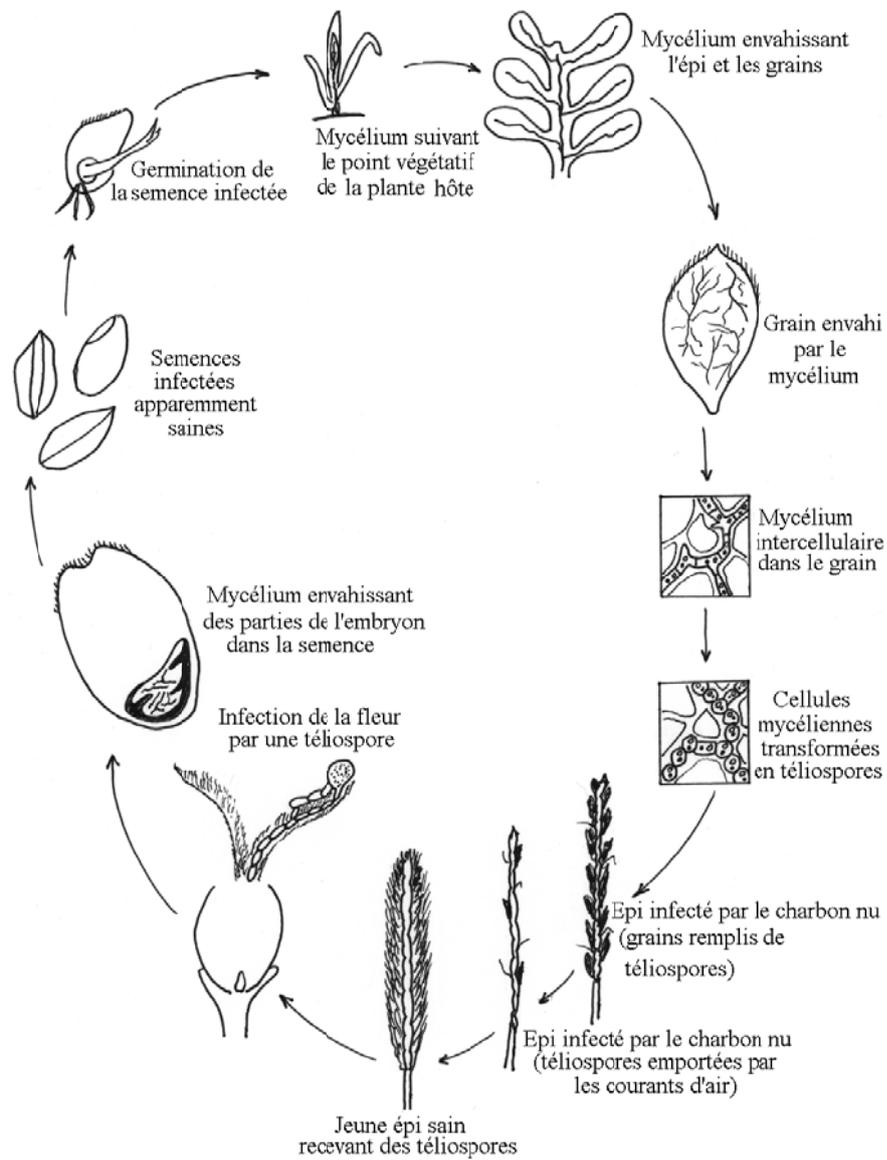
Le champignon se conserve sous forme de mycélium dicaryotique dormant à l'intérieur du grain qui garde une apparence normale. Quand la semence infectée est semée, elle commence à germer tandis que le mycélium fongique reprend son activité. Ensuite, ce mycélium croît intercellulairement à travers les tissus de la plantule jusqu'à atteindre le point végétatif. Pendant la formation de l'épi, le mycélium envahit tous les jeunes épillets et détruit la plupart des tissus de l'épi, à l'exception du rachis. Ensuite rapidement, ce mycélium est transformé en téliospores dicaryotiques contenues dans une délicate membrane externe du tissu de l'hôte. A la maturité des téliospores, la membrane éclate libérant ces spores qui sont alors emportées par le vent pour être déposées sur des fleurs ouvertes des plantes saines. Les téliospores germent après la caryogamie et la méiose pour produire des basides qui développent des hyphes qui fusionnent sexuellement (plasmogamie seulement). Un nouveau mycélium dicaryotique se développe, pénètre dans les fleurs et s'installe dans le grain pendant sa maturation. Ce mycélium devient inactif et reste dormant jusqu'à ce que le grain germe (Figure 4-20).

### **Charbon du maïs**

L'espèce fongique qui cause cette maladie est *Ustilago maydis* (appartenant à l'ordre des Ustilaginales). Son mycélium s'infiltré dans les tissus de la plante et induit un accroissement de la taille et une division des cellules hôtes entraînant la formation de galles. Ces galles sont d'abord couvertes par une membrane blanc verdâtre, puis elles augmentent de taille, deviennent plus foncées et se transforment en une masse poudreuse noire constituée d'un très grand nombre de téliospores. Plus tard, la membrane rompt et décharge les téliospores noires qui sont libérées dans l'air.



**Figure 4-19 :** Cycle de la maladie de la carie commune du blé causée par *Tilletia laevis* ou par *T. tritici* (d'après Agrios, 1997).



**Figure 4-20** : Cycle de la maladie du charbon nu du blé causé par *Ustilago segetum* var. *tritici* (d'après Agrios, 1997).

Le pathogène se conserve sous forme de téliospores dicaryotiques dans le sol. Au début de la saison de végétation, la caryogamie a lieu dans la téliospore qui germe pour former une baside qui produit des basidiospores capables d'infecter la plante hôte. Des basidiospores compatibles germent et infectent les épis. Pendant qu'elles attaquent les épis à travers leurs poils, leurs hyphes fusionnent (plasmogamie seulement). Un nouveau mycélium dicaryotique se développe dans les grains qui s'accroissent et forment des galles. Ce mycélium utilise les contenus des cellules hôtes pour sa croissance. Les galles consistent alors au début en le mycélium et les restes des cellules de la plante. Plus tard, la plupart des cellules hyphales dicaryotiques se transforme en téliospores qui sont libérées après que la membrane des galles éclate.

-----

