

# 1.5. Cycle de développement

## 1.5.1. Généralités

### 🌀 Définitions :

- Le cycle de développement rassemble toutes les étapes de la vie d'un champignon.  
Un champignon est un être vivant :
  - Il se conserve dans le sol ou sur les résidus de récolte
  - Il infecte les plantes hôtes → maladie
  - Il se multiplie sur la plante hôte
  - Il produit à nouveau des formes de conservation
  
- Différents modes de conservation des champignons (ce sont des structures spécialisées très résistantes aux conditions de milieu très défavorables) :
  - Œufs de Phycomycètes : Zygosporés et Oosporés
  - Sclérotés : en général très résistants  
Ex de champignons :
    - *Sclerotinia sclerotiorum* (survie des sclérotés > 10ans)
    - Rhizoctonia
    - Botrytis
  - Chlamydosporés  
Ex : champignons du sol (*Fusarium* sp.)
  - Rhizomorphes et pseudo sclérotés : amas de mycélium
  - Téléosporés pour les rouilles
  - Mycélium dans les bourgeons oïdiés (cultures pérennes)
  
- Toutes ces structures correspondent à l'INOCULUM de conservation  
Inoculum : tout élément vivant capable de produire une infection.  
L'inoculum de conservation se forme :
  - Soit directement dans le sol
  - Soit sur des résidus de culture
  - Soit sur des plantes vivantes au cours du processus parasitaire

### 🌀 Durée d'un cycle

La plupart du temps le cycle est annuel car il suit le cycle des plantes annuelles ou il suit la durée de vie des feuilles pour les cultures pérennes.

Remarque : L'Eutypiose de la vigne est due à un champignon qui exige plusieurs années (environ 4 ans) pour accomplir l'ensemble de son cycle.

### 🌀 Plantes hôtes

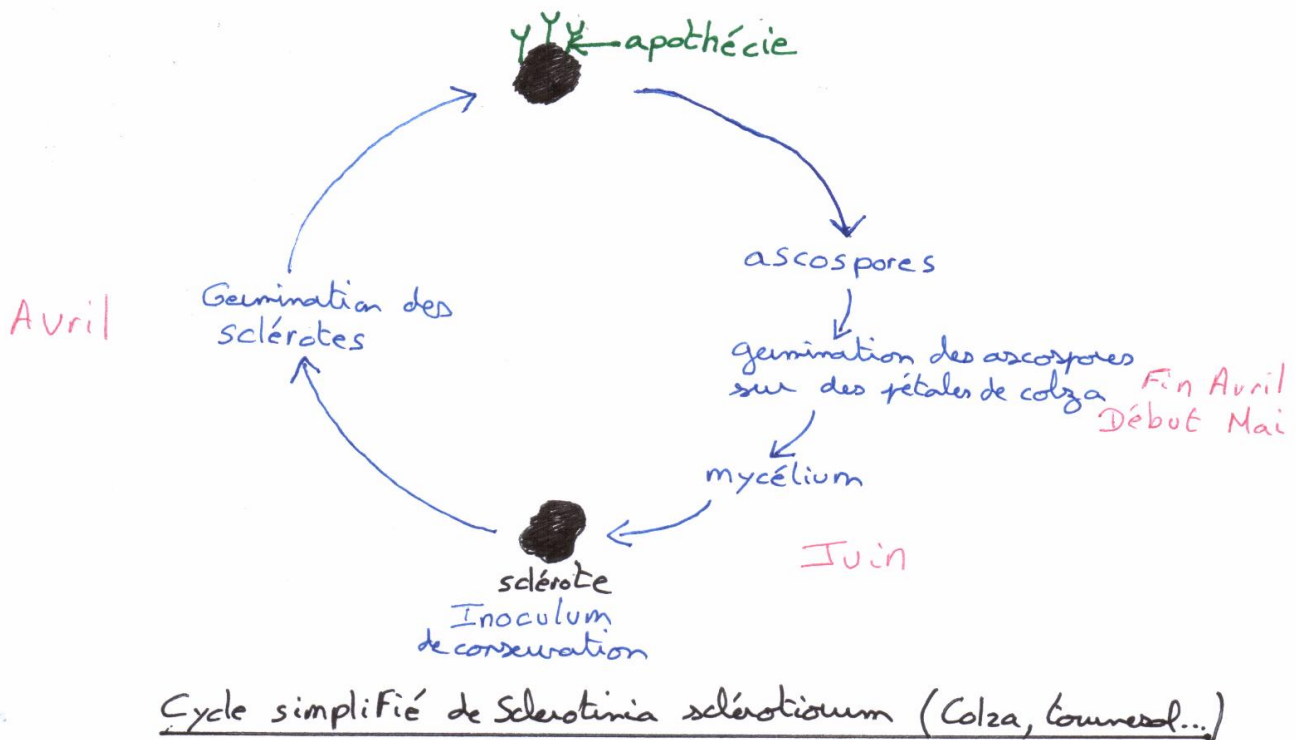
On distingue 2 types de cycles :

- Cycle AUTOÏQUE ou AUTOXÈNE : pour la majorité des champignons, tout le cycle se déroule sur la même plante hôte.
- Cycle HÉTÉROÏQUE ou HÉTÉROXÈNE : le cycle complet a lieu sur 2 plantes hôtes très éloignées au niveau botanique.  
Ex : certaines rouilles :
  - *Gymnosporangium sabinae* : poirier (stade S et E) puis genévrier (stade T)
  - *Tranzschelia pruni-spinosae* : Anémone (stade E) puis prunier (stade II et III)

## 📌 Génération

Une génération est un ensemble d'êtres vivants qui descendent d'un individu (= une spore).

- 1<sup>er</sup> cas : Maladies MONOCYCLIQUES  
Le cycle comprend une seule génération de spores (très rare)  
Ex : Scérotinia, Carie du blé, Charbons des Poacées...

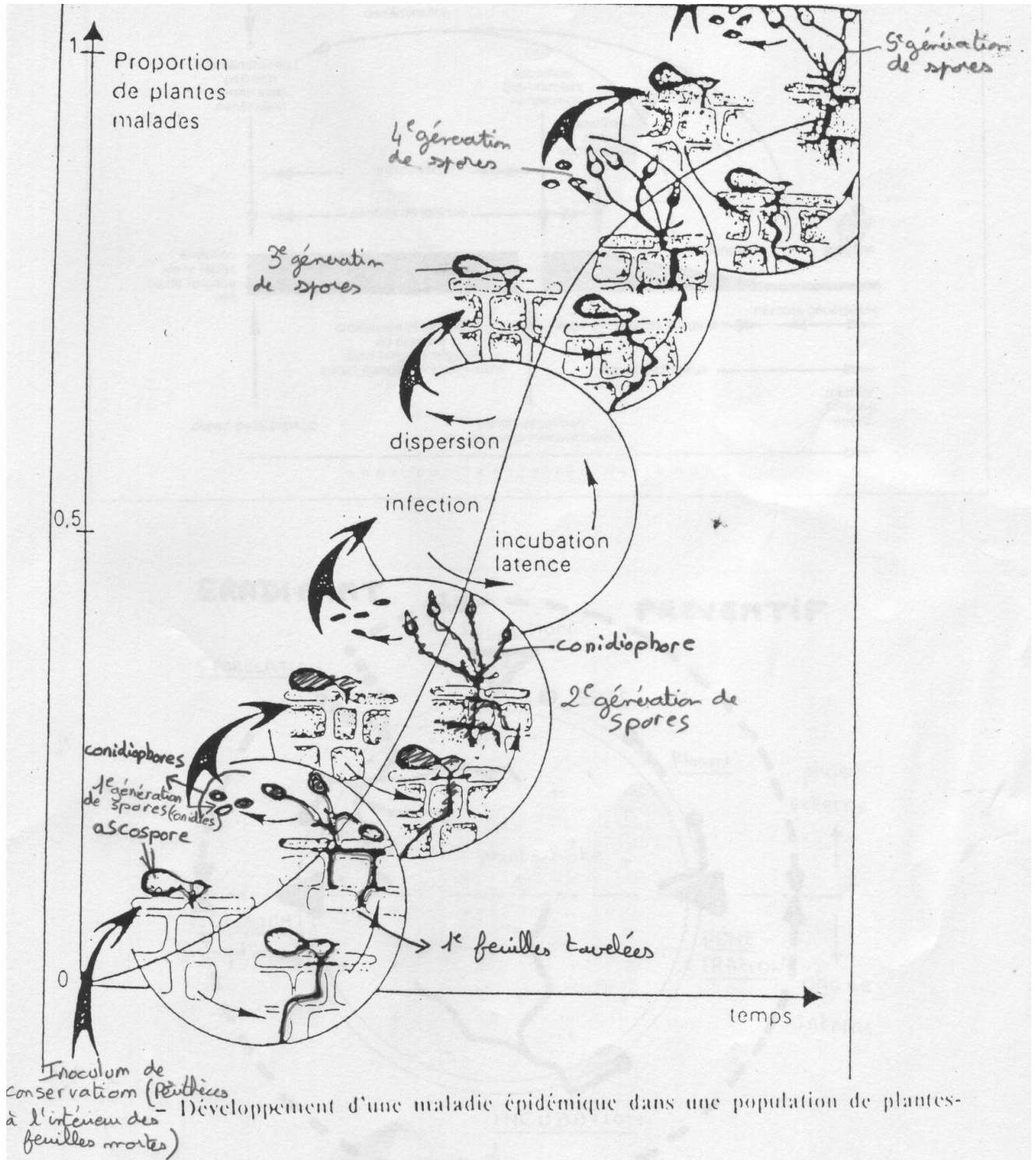


- 2<sup>ème</sup> cas : Maladies POLYCYCLIQUES (cas général)  
Le cycle de développement est constitué de plusieurs générations de spores qui vont se succéder au cours du temps :
  - Inoculum de conservation 1<sup>ère</sup> génération de spores issues de l'inoculum de conservation
  - Les autres générations (générations secondaires) proviennent de l'inoculum primaire des spores.

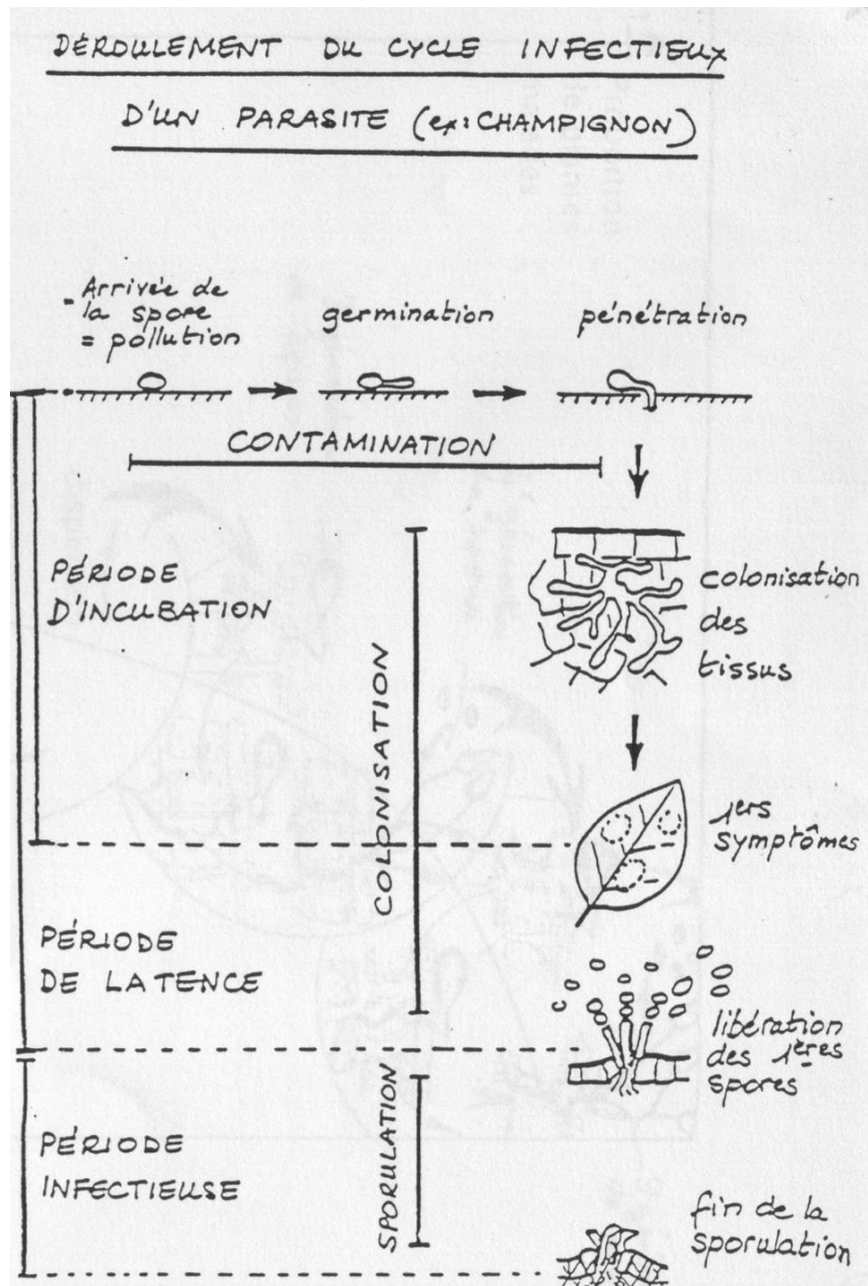
Ex : Tavelure du pommier :

Fp : *Venturia inaequalis* (périthèce)

Fi : *Fusicladium dendriticum* (conidiophores)



## 1.5.2. Détail d'un cycle élémentaire (= cycle de multiplication)



Ce cycle se subdivise en 4 phases :

### 1.5.2.1. Dissémination

Cette phase correspond au déplacement du champignon d'une plante à une autre ou d'un organe à un autre. La dissémination débute par la libération des spores et elle s'achève par le dépôt des spores sur le végétal.

Elle peut la subdiviser en 3 sous-phases :

- Libération des spores
- Dispersion des spores
- Dépôt des spores

Le champignon est disséminé sur des distances variables de quelques centimètres à plusieurs kilomètres (cas des rouilles brunes et jaunes).

Les différents agents de dissémination sont :

★ EAU sous toutes ses formes :

- PLUIE
- IRRIGATION (Septoriose du céleri)
- EAU du SOL (champignons du sol)
- EAU de RUISSELLEMENT

Les spores concernées sont :

- Les ZOOSPORES (champignons Mastigomycètes) : eau indispensable à leur survie et déplacement  
Ces champignons inférieurs sont « adaptés à la vie aquatique ».
- CONIDIES EMISES par un CIRRHÉ (ex : Septorioses...)  
Les conidies sont protégées par cette gelée et l'eau va servir à projeter les conidies par effet splashing.

★ VENT (ou courants d'air dans les serres)

Le vent transporte en général des spores légères en les dispersant sur de très longues distances (centaines de mètres ou kilomètres).

Les spores concernées sont :

- Les UREDOSPORES (rouilles)
- Les ASCOSPORES (ex : Phoma du colza, Sclérotinia...)
- Les OÏDIES (= conidies d'oïdium)
- CONIDIES de certains MILDIOUS

★ Autres agents

- Semences de végétaux
  - Grains de blé (Carie)
  - Semences de carottes (Alternaria)
- Insectes  
Ex : *Rhizopus nigricans* (→ fruit pourri) : spores transportées par des Drosophiles.
- Oiseaux
- Homme par le transport de terres contaminées  
ex : *Polymyxa betae* : champignon vecteur de la Rhizomanie de la betterave)

Remarque : la survie des spores est très variable d'une spore à une autre :

- Zoospores : leur durée de vie est très courte (quelques heures). Ce sont les spores les plus fragiles.
- Zygosporos et Oosporos : « œufs » à paroi épaisse. Longévité importante (plusieurs années).
- Conidies : quelques semaines

En général, une durée de vie courte est compensée par une production très élevée de spores.

### 1.5.2.2. Contamination

★ Définition

La contamination débute par la pollution du végétal et s'achève par la pénétration du champignon à l'intérieur du végétal.

On peut subdiviser la contamination en 3 sous phases :

- Pollution = dépôt de la spore
- Germination de la spore
- Pénétration

- ★ Réussite d'une contamination : 3 conditions réunies :
  - Plante hôte sensible
  - Partie de la plante réceptrice au champignon
  - Conditions climatiques favorables (température / eau)
  
- ★ Contamination active / contamination passive
  - Contamination active (ex : Tavelure du pommier)  
Les enzymes qui lui permettent de traverser la cuticule et la paroi des cellules végétales.
  - Contamination passive
    - Les champignons BIOTROPHES (qui se nourrissent du vivant) empruntent des voies naturelles pour entrer dans le végétal.
      - Ostiole des stomates (Mildious...)
      - Lenticelles des fruits (zones d'espaces entre les cellules)
      - Cicatrices foliaires
    - Les champignons NECROTROPHES : voies artificielles
      - Blessures de taille (Eutypiose, Esca de la vigne)
      - Gel, grêle
  
- ★ La contamination primaire ( $C_I$ ) et la contamination secondaire ( $C_{II}$ )
  - $C_I$  : c'est la 1<sup>ère</sup> contamination qui a lieu sur un végétal sain, elle provient de l'inoculum de conservation du champignon et aboutira à la 1<sup>ère</sup> génération de spores.  
En général, la spore assurant  $C_I$  est une spore parfaite (ascospore ou basidiospore).
  - $C_{II}$  : les  $C_{II}$  proviennent d'un inoculum secondaire en général représenté par des conidies.

### 1.5.2.3. Incubation

Cette phase débute par la pénétration du champignon dans le végétal et s'achève par l'**apparition des 1<sup>ers</sup> symptômes**.

Durant l'incubation le mycélium du champignon se développe dans les tissus du végétal sans qu'il n'y ait de symptômes.

Durée d'incubation = délai entre le début de la contamination et l'apparition des 1ers symptômes.

La durée d'incubation est de l'ordre de quelques jours.

Cette durée dépend essentiellement de la température pour un champignon donné.

Remarque : pour les oïdiums la durée d'incubation est très courte (2 à 3 jours).

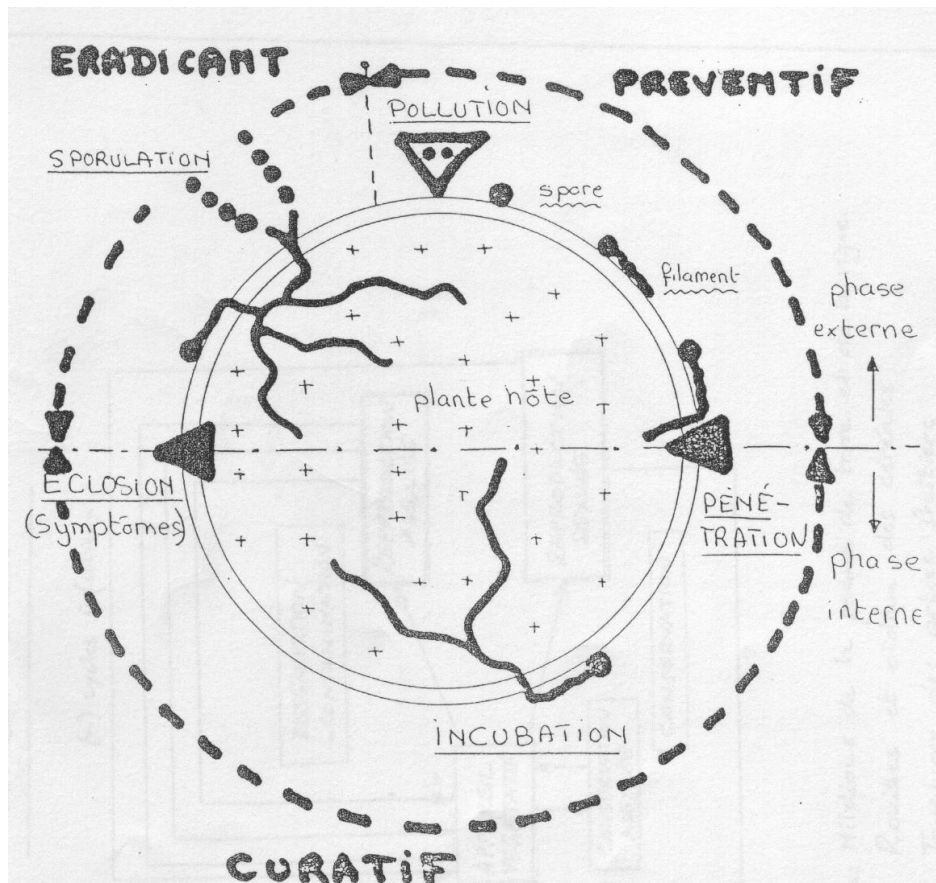
### 1.5.2.4. Latence

Elle débute par la pénétration du champignon dans le végétal et s'achève par l'**apparition des sporulations** du champignon.

Durée de latence  $\geq$  durée d'incubation.

Remarque : la période INFECTIEUSE est la période pendant laquelle le champignon sporule.

Différents sporulation : Conidiophores, pycnides, sporangiophores...).



### 1.5.3. Cycle général des agents de ROUILLES

Les rouilles sont des parasites OBLIGATOIRES, c'est-à-dire que le champignon a obligatoirement besoin de la plante pour se développer.

Dans le monde il existe de très nombreuses espèces (plus de 3000 espèces).

#### 1.5.3.1. Différents éléments biologiques

##### ★ THALLE

Il correspond à un mycélium septé ayant une localisation endophyte et en général intercellulaire. Il est donc pourvu de suçoirs. Ce mycélium est annuel car il vit la durée de vie de l'organe parasité.

##### ★ SPORES

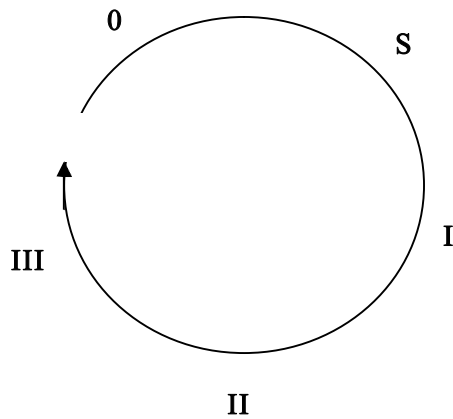
Le même champignon peut produire jusqu'à 5 types différents de spores dans le cas d'un cycle de développement complet. Ces spores apparaissent dans un ordre bien défini au cours du cycle.

Nom de la spore	Stade de la maladie	Type de spore	Nom de la fructification
<b>BASIDIOSPORE</b>	0 ou IV	Spore d'origine sexuée (N)	Baside
<b>SPERMATIE</b>	S	Spore asexuée (N)	Spermogonie
<b>ECIDIOSPORE</b> (=ECIOSPORE)	E ou I	Spore à dicaryon (N+N) sexué	Ecidie
<b>UREDOSPORE</b> (=UREDIOSPORE)	U ou II	Spore à dicaryon (N+N) Sexué	Urédosore
<b>TELEUTOSPORE</b> (=TELIOSPORE)	T ou III	Spore à dicaryon (N+N) puis diploïde (2N) sexué	Téleutosore

★ PLANTES HÔTES

- 1<sup>er</sup> CAS : rouilles AUTOÏQUES ou AUTOXENES

Le champignon a besoin d'une seule plante hôte pour accomplir la totalité de son cycle.



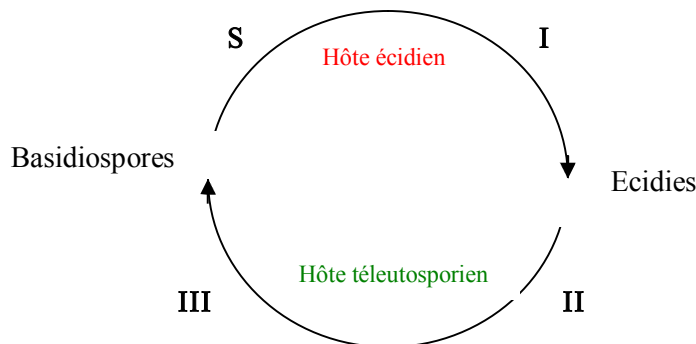
Ex : Rouille de la betterave : *Uromyces betae*

Formule S – I – II – III

- 2<sup>ème</sup> CAS : Rouilles HÉTÉROÏQUES ou HÉTÉROXENES

Le champignon a besoin de 2 plantes hôtes pour accomplir l'ensemble de son cycle :

- Sur l'hôte écidien : Stade S et I
- Sur l'hôte téléutosporien : Stade II et III



Ex : Rouille grillagée du poirier : *Gymnosporangium sabinae*

Formule : (S – I) – (III)

Poirier      Genévrier

Rouille du pois : *Uromyces pisi*

Formule : (S – I) – (II – III)

*Euphorbia cyparissias*      Pois- vesce

Les 2 plantes hôtes sont souvent des espèces très éloignées dans la classification botanique.

Le changement d'hôte a lieu après le stade écidien grâce aux écidiospores et après le stade téléutosporien grâce aux basidiospores.



★ Principales étapes du cycle

⇒ Mode de conservation du champignon

En général, le champignon se conserve sous forme de téléutospores qui hivernent sur les résidus de récolte. Parfois les urédospores peuvent assurer la conservation du champignon, elles sont présentes sur les résidus de récolte ou sur des Poacées adventices.

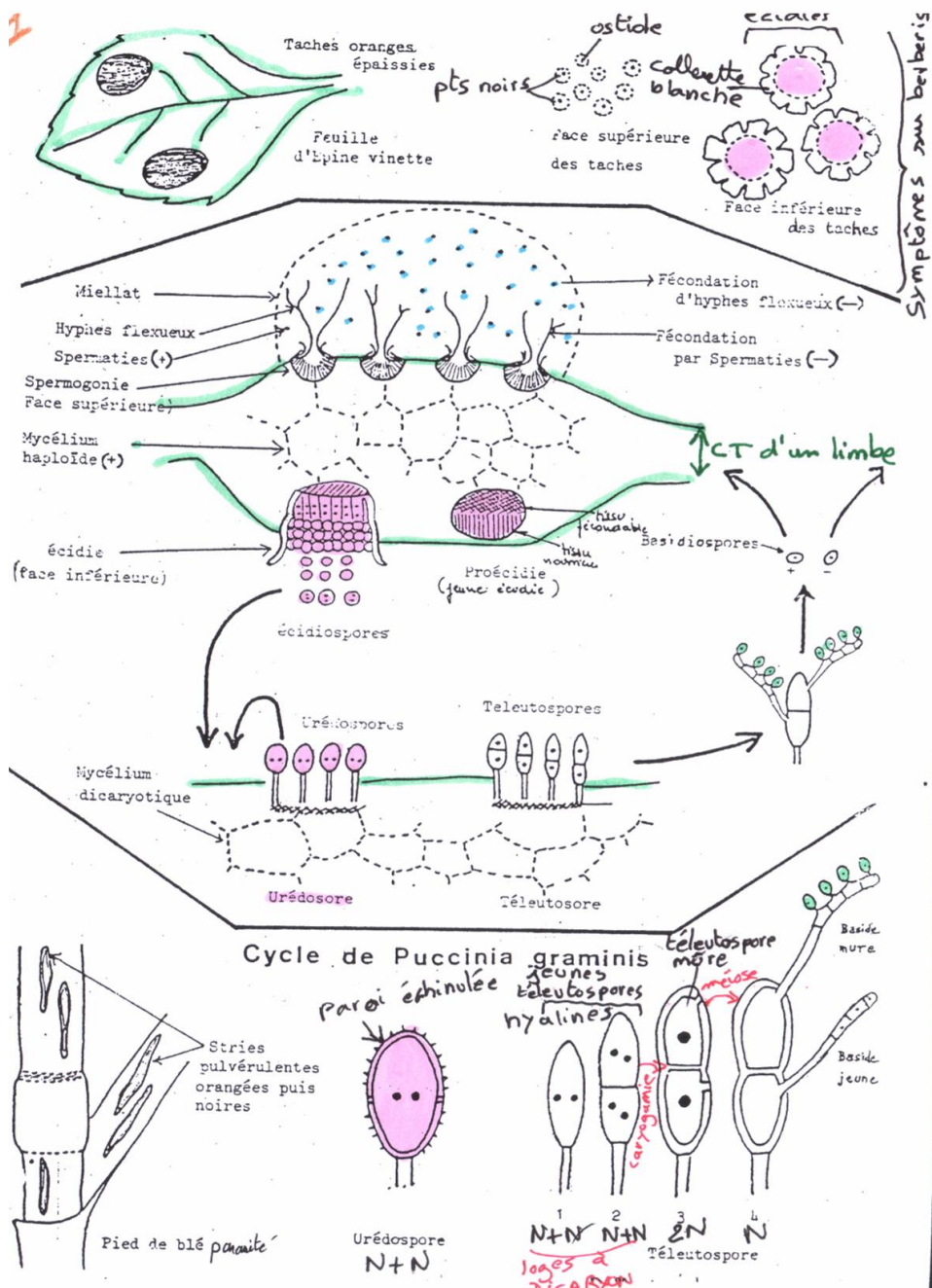
⇒ Mode de CONTAMINATION PRIMAIRE (C<sub>I</sub>)

- Si rouille autoïque : C<sub>I</sub> est assuré par les basidiospores
- Si rouille hétéroïque :
  - C<sub>I</sub> de l'hôte écidien par les basidiospores
  - C<sub>I</sub> de l'hôte téléutosporien par les écidiospores

⇒ Mode de CONTAMINATION SECONDAIRE (C<sub>II</sub>)

Seules les urédospores peuvent assurer plusieurs cycles de multiplication.

La gravité d'une épidémie de rouille est liée au nombre de cycles de multiplication à urédospores.



Remarque : Pour certains champignons, les cycles de développement ne sont pas complets, c'est-à-dire qu'il manque des stades :

- Rouille HEMICYCLIQUE : il manque le stade II pour le cycle. Le cycle se compose des stades S – I – III
- Rouille MICROCYCLIQUE : le cycle se réduit à 1 seul stade ou à quelques uns.  
Ex : *Puccinia malvacearum* (rouille des Malvacées) : stade III, *Puccinia allii* (Rouille des Liliacées) : stades II et III.

### 1.5.3.3. Systématique de l'ordre des Urédinales

★ O/ UREDINALES : cet ordre regroupe des champignons qui produisent des basides issues de la germination d'une téleutospore.

Cet ordre est subdivisé en 3 familles définies d'après l'aspect des téleutospores :

- F/ PUCCINIACEES (famille principale)
- F/ CRONARTIACEES
- F/ MELAMPSORACEES