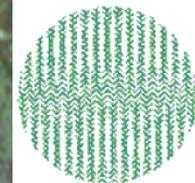


# Lutte contre les maladies des plantes

*(Philippe Nicot)*

**I. Méthodes de lutte**

**II. Stratégies de lutte**



**INRA**

Institut National de la Recherche Agronomique

# I. Méthodes de lutte

Agent pathogène absent de la zone de culture:

**A.** > éviter son introduction

Agent pathogène présent:

**B.** > éradication ou réduction de l'inoculum présent

**C.** > protection des plantes en présence des parasites

# I. Méthodes de lutte

A. Exclusion de l'agent pathogène

B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

C. Protection des plantes en présence des parasites

# I. Méthodes de lutte

## A. Exclusion de l'agent pathogène

### 1. Quarantaine et inspection

- Ministère de l'Agriculture – Service de la Protection des Végétaux
- Listes de parasites de lutte obligatoire
  - **A1: pathogènes absents :**  
11 bactéries, 36 champignons, 23 virus (+ nematodes, insectes,...)
  - **A2: pathogènes importants déjà introduits:**  
22 bactéries, 20 champignons, 19 virus

## Tomato yellow leaf curl virus (TYLC)

Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (Tomato yellow leaf curl virus)



Virus de la Sharka



Tomato spotted wilt virus (TSWV)



<http://www.wsl.ch/forest/wus/wus-de.htm>

Chancre coloré du platane      (*Ceratocystis fimbriata* f sp *platanae*)

# I. Méthodes de lutte

## A. Exclusion de l'agent pathogène

1. Quarantaine et inspection

2. Utilisation de matériel de propagation non contaminé

- graines: **infestation** par débris contaminés
- propagation végétative: **contamination** interne
- certification de semences

Groupement National Interprofessionnel des Semences et Plants

=> Service Officiel de Contrôle et de Certification

# I. Méthodes de lutte

A. Exclusion de l'agent pathogène

B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales
2. Méthodes biologiques
3. Méthodes physiques
4. Méthodes chimiques

I. Méthodes de lutte

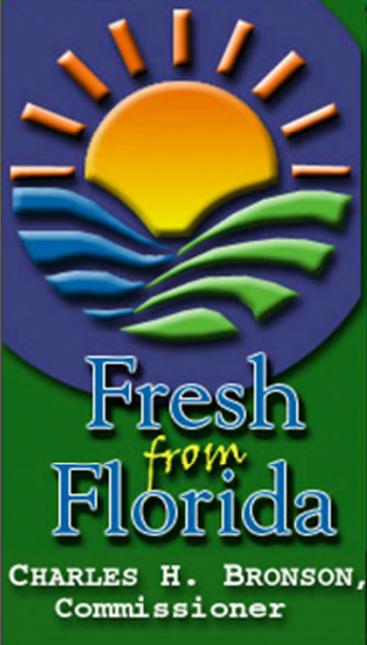
B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

- **Eradication des hôtes**

- cultures contaminées

- chancre bactérien des agrumes



## CITRUS CANCKER

*The threat to Florida agriculture*

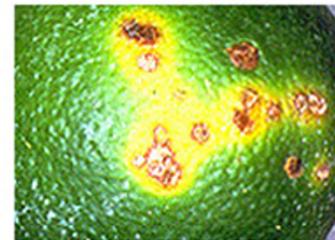
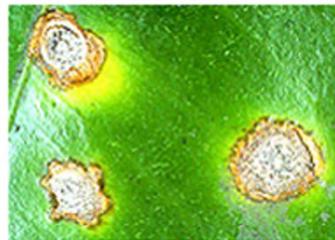


### Frequently Asked Questions

---

#### **What does citrus canker look like?**

Symptoms on leaves and fruit are brown, raised lesions surrounded by an oily, water-soaked margin and a yellow ring or halo. Old lesions in leaves may fall out, creating a shot-hole effect.



#### **Is the disease harmful to me?**

No, citrus canker does not harm humans or animals or plant life other than citrus.

---

#### **Does canker affect only orange trees?**

Citrus canker affects *all types of citrus*, including oranges, sour oranges, grapefruit, tangerines, lemons and limes. Canker causes the citrus tree to continually decline in health and fruit production. Ultimately, the tree will produce no fruit at all.

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

- **Eradication des hôtes**

- cultures contaminées

- chancre bactérien des agrumes

- chancre coloré du platane

- virus de la Sharka (abricotier)

- ...

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

- **Eradication des hôtes**

- cultures contaminées

- chancre bactérien des agrumes

- chancre coloré du platane

- virus de la Sharka (abricotier)

- hôtes alternatifs

- mauvaises herbes, repousses

- rouilles: (*Puccinia graminis* / épine vinette)

## Rouilles des céréales : *Puccinia graminis*

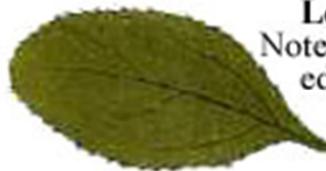




# Epine vinette



**Habit of growth**



**Leaf:**  
Note spiny edge



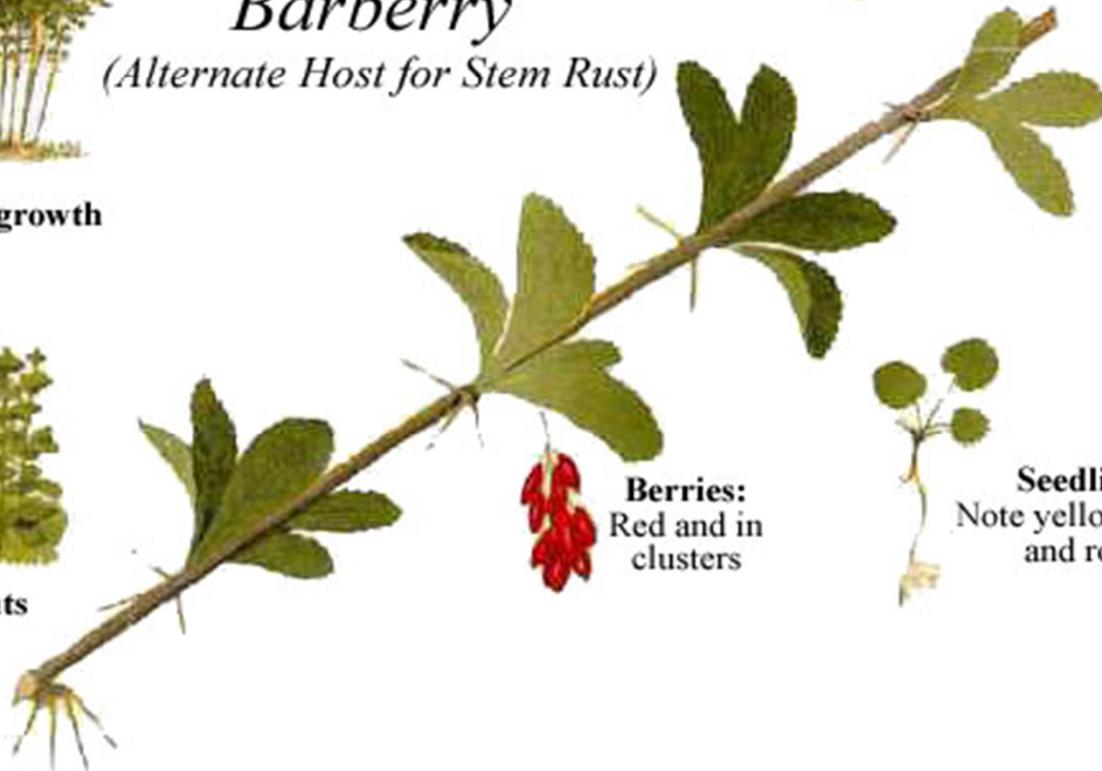
**Spines:**  
Usually three or more

## *The Common Barberry*

*(Alternate Host for Stem Rust)*



**Sprouts**



**Berries:**  
Red and in clusters



**Seedlings:**  
Note yellow wood and roots

En France, à partir du XIX<sup>e</sup> siècle, l'épine-vinette était fréquemment éradiquée car c'est un hôte intermédiaire dans le cycle de la rouille noire du blé, un champignon pathogène des céréales.

- → 1980: 500 millions arbustes détruits aux USA



# → Basidiomycètes

disparition rouille???

N° 2

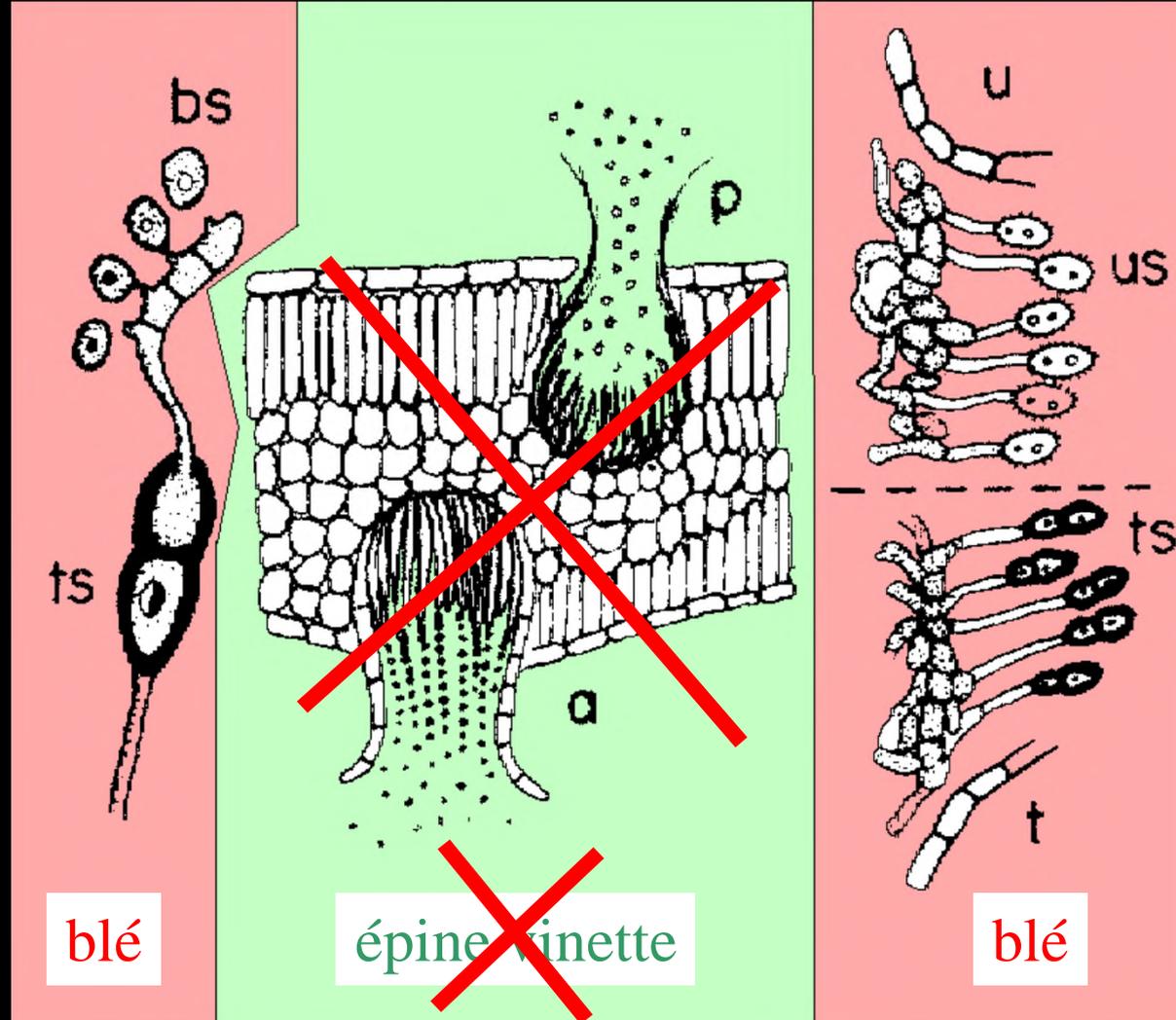
téliospore

basidiospore

~~pycniospore~~

~~aeciospore~~

urédospore



# → Basidiomycètes

N° 2

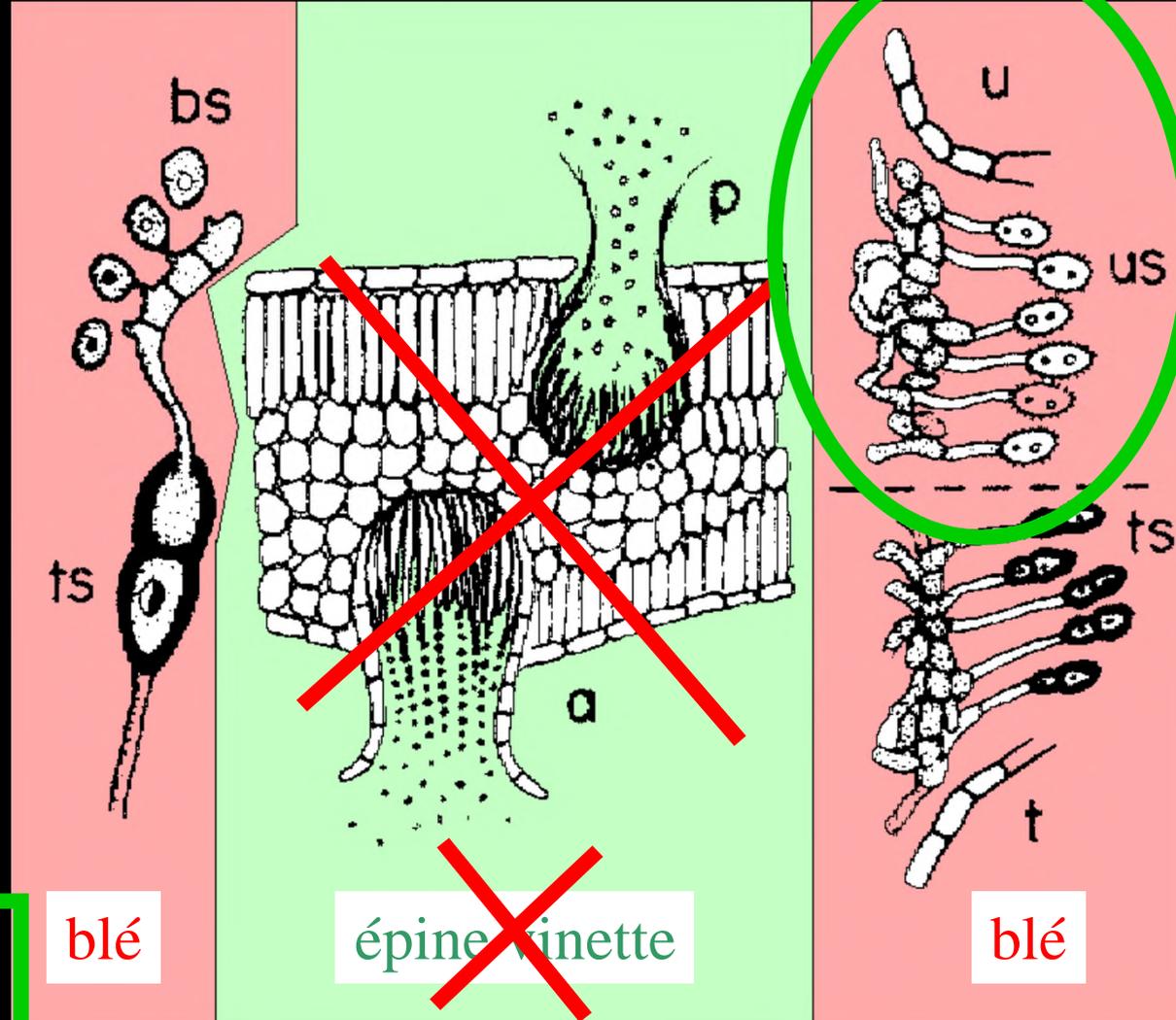
téliospore

basidiospore

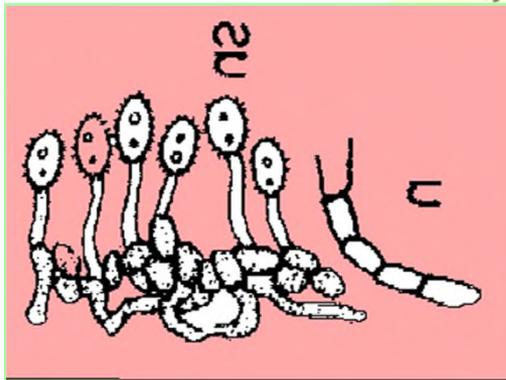
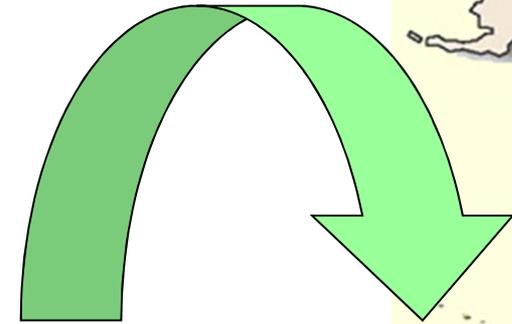
~~pycniospore~~

~~aeciospore~~

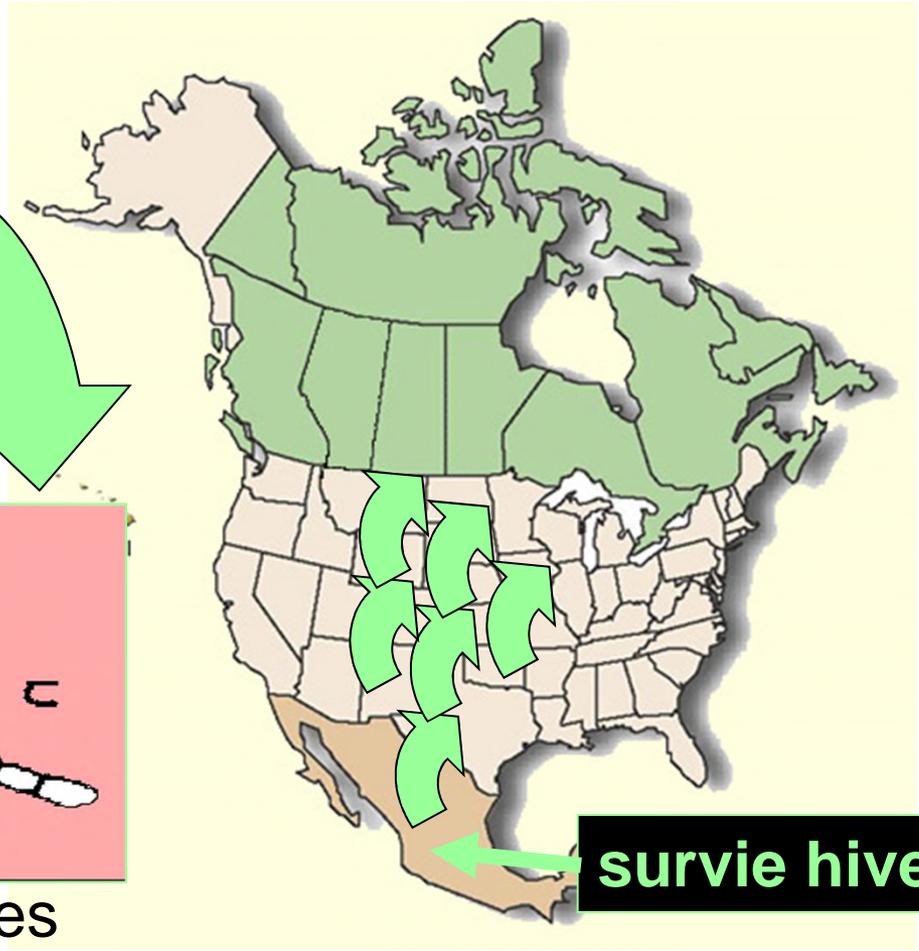
uréospore



**cycles  
successifs  
sur blé**



urédospores



**survie hiver**

# 1918: Barbery Eradication Program (USDA)

- → 1980: 500 millions arbustes détruits
- disparition rouille?
- bénéfice ?
  - quantité d'inoculum
  - modèles prédictifs de développement
  - diversité génétique des souches
- retour actuel des épines vinettes

=> ???

I. Méthodes de lutte

B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

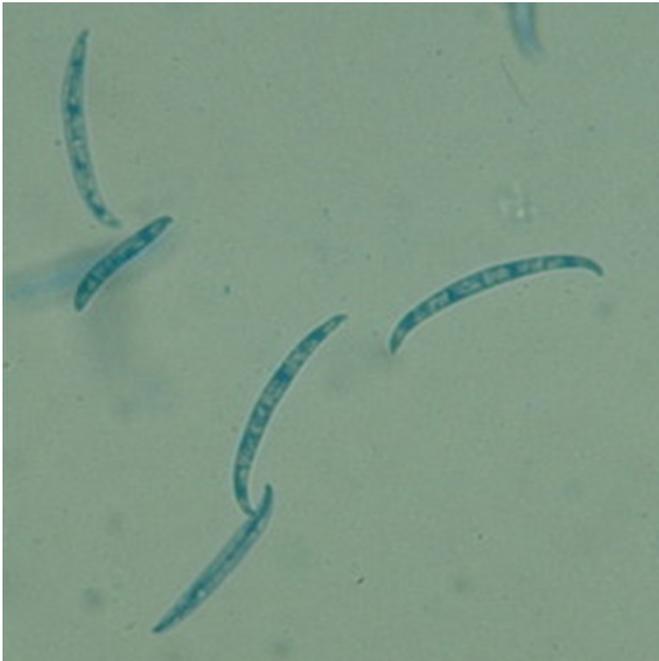
1. Méthodes culturales

- **Eradication des hôtes**

- **Rotations** (inoculum présent dans le sol)

# Rotations

- mort des pathogènes en absence de l'hôte
- formes de survie des agents pathogènes ?



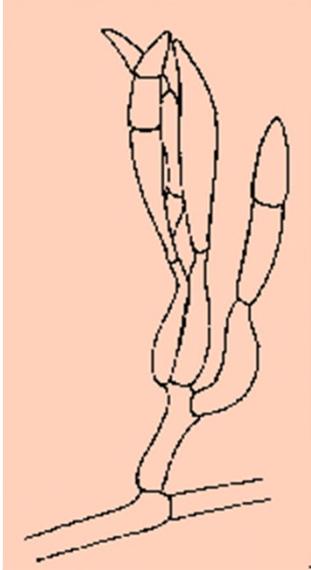
spores



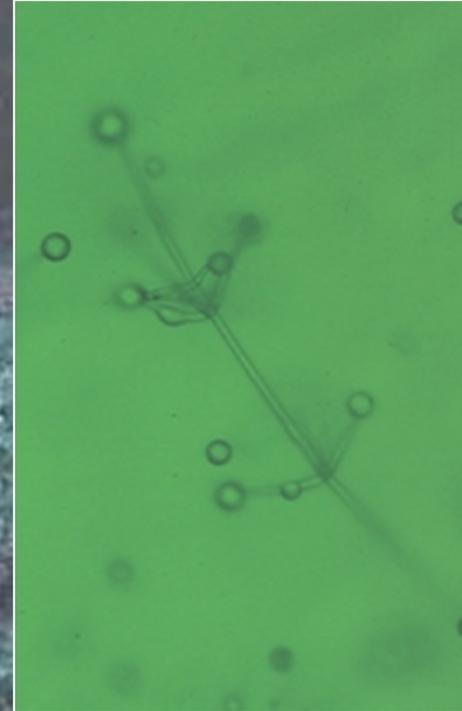
sclérotés



***Fusarium moniliforme***



# Verticilliose de la Pomme de Terre



***Verticillium dahliae***



# Rotations

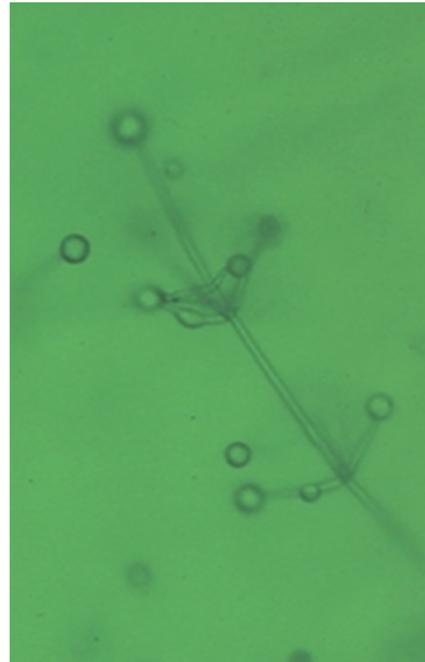
formes de survie des agents pathogènes

**spores**



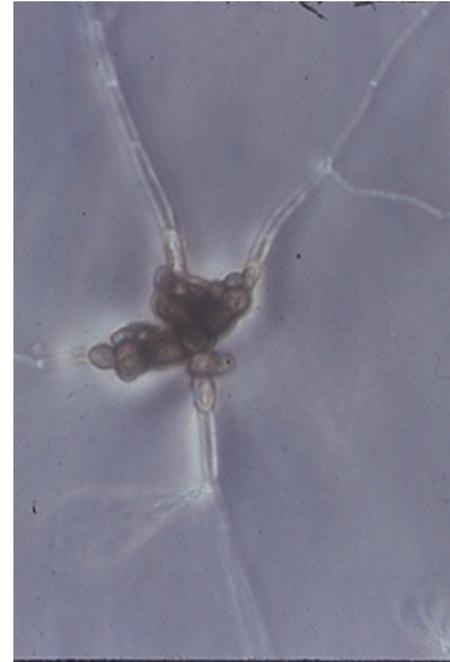
*Fusarium*

**spores**



*Verticillium dahliae*

**sclérotés**



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

- **Eradication des hôtes**
- **Rotations** (inoculum présent dans le sol)
  - *Fusarium moniliforme* **OK**
  - *Verticillium dahliae* **NON**

#### Autres facteurs d'efficacité?

- Pathogènes polyphages?
- Maladies à dissémination aérienne?

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

- Eradication des hôtes
- Rotations (inoculum présent dans le sol)
- **Prophylaxie**
  - **au champ:**
    - labour, feu => détruire débris contaminés
    - nettoyage instruments, pneus



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

- Eradication des hôtes
- Rotations (inoculum présent dans le sol)
- **Prophylaxie**
  - **au champ:**
    - labour, feu => détruire débris contaminés
    - nettoyage instruments, pneus
  - **au verger, en serre:**
    - suppression des organes, plants malades
    - désinfection des instruments de taille



**Monilia**

**Pepino Mosaic Virus**



(photograph K. Hamilton)

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

### 2. Méthodes biologiques

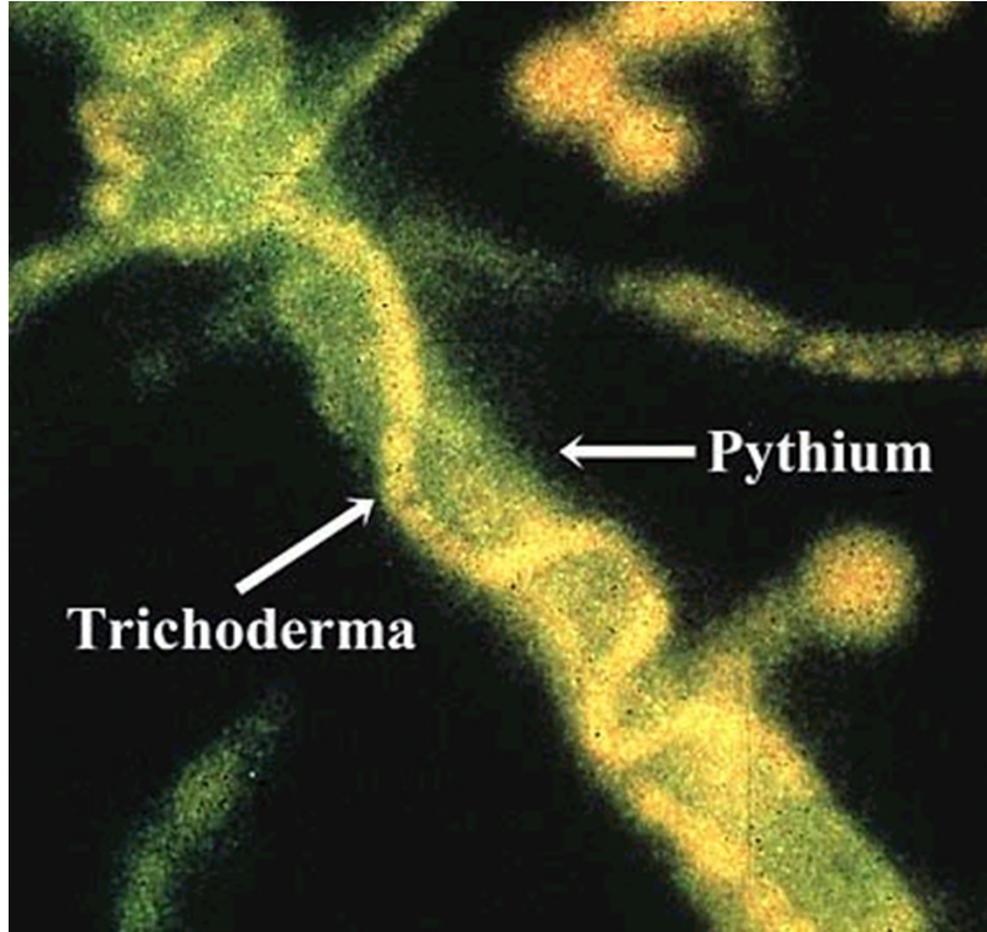
- Organismes antagonistes

- \* prédation, hyperparasitisme

- (insectes, nématodes, champignons)

- ex: *Trichoderma harzianum*

## Lutte biologique: hyperparasitisme



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

### 2. Méthodes biologiques

- Organismes antagonistes

- \* prédation, hyperparasitisme  
(insectes, nématodes, champignons)

- ex: *Trichoderma harzianum*

- \* toxicité: *Trichoderma*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*

# Destruction des sclérotés par *Coniothyrium minitans*

Objectif	Mode d'action détaillé	technique(s) complémentaire(s)	technique(s) incompatible(s)	Précisions
Limiter fongicides	<p><i>Coniothyrium minitans</i> parasite les sclérotés de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> et empêche leur reproduction. Une partie de l'inoculum est ainsi détruite. L'efficacité étant partielle, il est possible de compléter par de la lutte chimique raisonnée</p>	<p>Cultiver des espèces diversifiées dans la rotation</p> <p>Raisonner l'opportunité des interventions</p> <p>Cultiver des espèces aux périodes d'implantation variées</p>		<p>Efficacité : ++</p> <p>Echelle temporelle d'efficacité : rotation</p> <p>Echelle spatiale d'efficacité : parcelle</p> <p>Indice de confiance : moyen</p> <p>Expériences connues : quelques unes</p>

Produit commercial homologué en France: Contans



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

### 2. Méthodes biologiques

- Organismes antagonistes

- \* prédation, hyperparasitisme

- (insectes, nématodes, champignons)

- ex: *Trichoderma harzianum*

- \* toxicité: *Trichoderma*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*

- Plantes antagonistes

- œillet d'Inde (قرنفل), piégeage de nématodes

Ces plantes sont bien connues des nématologistes car elles produisent des substances comme l' $\alpha$ - tierthenyl qui inhibe la croissance de nombreux nématodes.



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

- Chaleur

- \* Stérilisation du sol à la vapeur

- \* Solarisation



# Solarisation



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

- Chaleur

- \* Stérilisation du sol à la vapeur

- \* Solarisation

- \* Thermo thérapie

- Séchage des denrées stockées

- Irradiation (X, gamma, UV )

- \* fruits, herbes aromatiques



# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

### 1. Méthodes culturales

### 2. Méthodes biologiques

### 3. Méthodes physiques

- Chaleur

- \* Stérilisation du sol à la vapeur

- \* Solarisation

- \* Thermo thérapie

- Séchage des denrées stockées

- Irradiation (X, gamma, UV )

- \* fruits, herbes aromatiques

- \* cultures hydroponiques

- (recyclage solutions nutritives)

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

4. Méthodes chimiques

- Traitements du sol, des substrats

\* fumigation:  $\text{CH}_3\text{Br}$  (pesticide-insecticide);  
chloropicrine (fongicide)

# Fumigation au bromure de méthyl





Fumigation au bromure de méthyl

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

4. Méthodes chimiques

- Traitements du sol, des substrats

- \* fumigation:  $\text{CH}_3\text{Br}$ ; chloropicrine

- \* metam sodium (biocides à très large spectre)

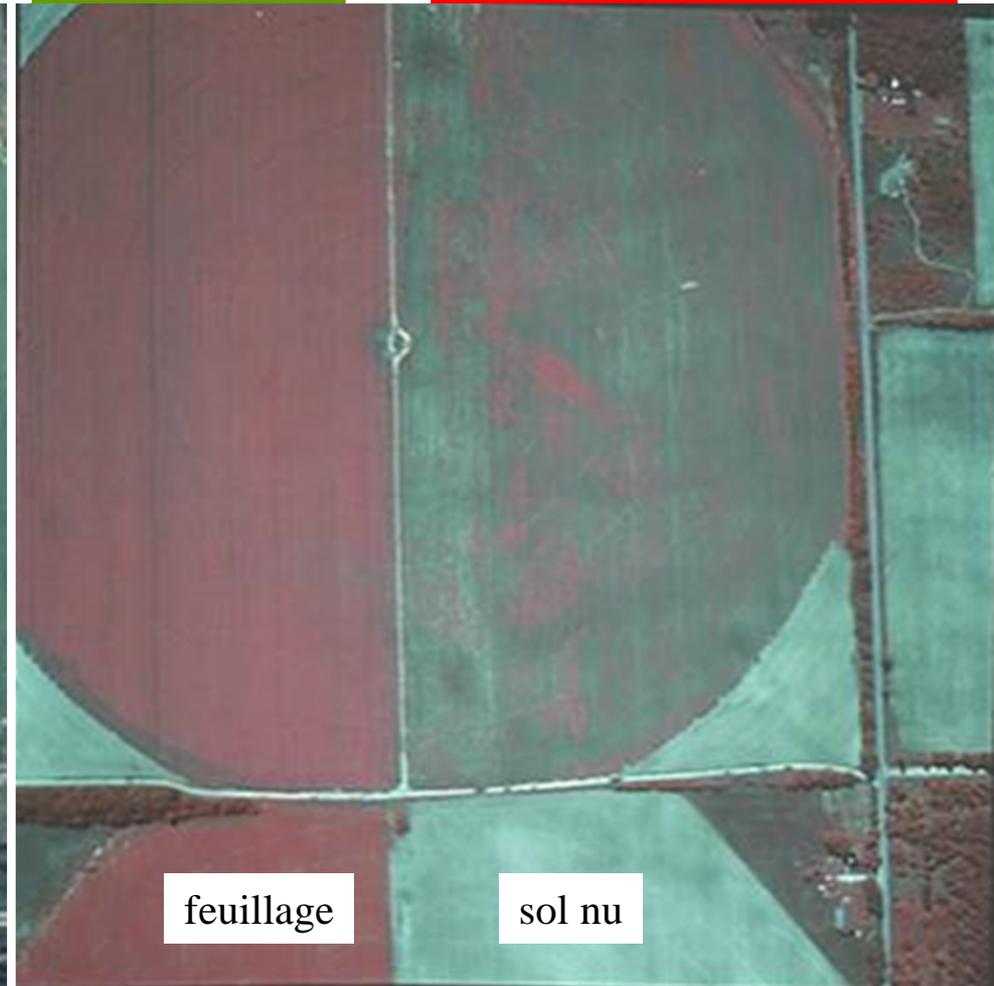
- / Verticillium

# Potato early dying

*Verticillium dahliae*

Sol désinfecté  
plantes saines

Témoin sans traitement  
plantes malades ou mortes



Couleur naturelle

Infra rouge

feuillage

sol nu

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

4. Méthodes chimiques

- Traitements du sol, des substrats

- \* fumigation:  $\text{CH}_3\text{Br}$ ; chloropicrine

- \* metam sodium / Verticillium

- \* solutions nutritives:  $\text{H}_2\text{O}_2$ , eau de Javel

# I. Méthodes de lutte

## B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

1. Méthodes culturales

2. Méthodes biologiques

3. Méthodes physiques

4. Méthodes chimiques

- Traitements du sol, des substrats
  - \* CH<sub>3</sub>Br; chloropicrine
  - \* met sodium / Verticillium
  - \* solutions nutritives: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, eau de Javel
- Traitements des parties aériennes
  - \* lampes à soufre (Oidium)
  - \* ammonium quaternaire (antiparasitaire **sauf** endospore et le virus)

# I. Méthodes de lutte

A. Exclusion de l'agent pathogène

B. Eradication ou réduction de l'inoculum présent

C. Protection des plantes en présence des parasites

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

1. Amélioration de la résistance de l'hôte
2. Méthodes chimiques
3. Méthodes biologiques

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 1. Amélioration de la résistance de l'hôte

#### • **Utilisation de variétés moins sensibles**

- **Variétés résistantes / tolérantes**  
résistance mono / polygénique
- *Les phytopathologistes distinguent couramment la résistance **monogénique**, gouvernée par un seul gène, et la résistance **polygénique**, gouvernée par plusieurs gènes.*
- **Transgénèse**
- **contournement de la résistance????**  
races de l'agent pathogène, gènes de virulence

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 1. Amélioration de la résistance de l'hôte

- Utilisation de variétés moins sensibles
- **Améliorations des conditions de culture**
  - **Relation vigueur / sensibilité**  
(parasites de faiblesse vs parasites de vigueur)
  - **Irrigation, drainage, désherbage**
  - **Fertilisation**  
équilibre N, P,K, oligo-éléments, Ca, Si

# Silice vs Témoin



# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 1. Amélioration de la résistance de l'hôte

- Utilisation de variétés moins sensibles
- Améliorations des conditions de culture
- **Résistance induite** (stimulation des défenses)
  - **Inducteur biologique**
    - \* souches atténuées de virus, champignons
    - \* agents de lutte biologique
  - **Inducteur chimique**
    - \* extraits de plantes (Milsana)
    - \* silicate de potassium



**Symptômes du PVY ( virus  
Y de la pomme de terre ) sur  
les feuilles de pomme de  
terre**

**Induction de résistance au  
PVY (souche atténuée)**



**Milsana**



**Témoin**



**Traité**

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 1. Amélioration de la résistance de l'hôte

- Utilisation de variétés moins sensibles
- Améliorations des conditions de culture
- Résistance induite (stimulation des défenses)
- **Greffage**
  - **renforcement de vigueur, résistance au froid**
  - **Résistance du porte greffe (vigne / phylloxera)**
    - \* Tomate (FORL, corky root); 200 ha en serre
    - \* Melon (FOM); 800 ha
    - \* Aubergine, concombre, poivron, etc.

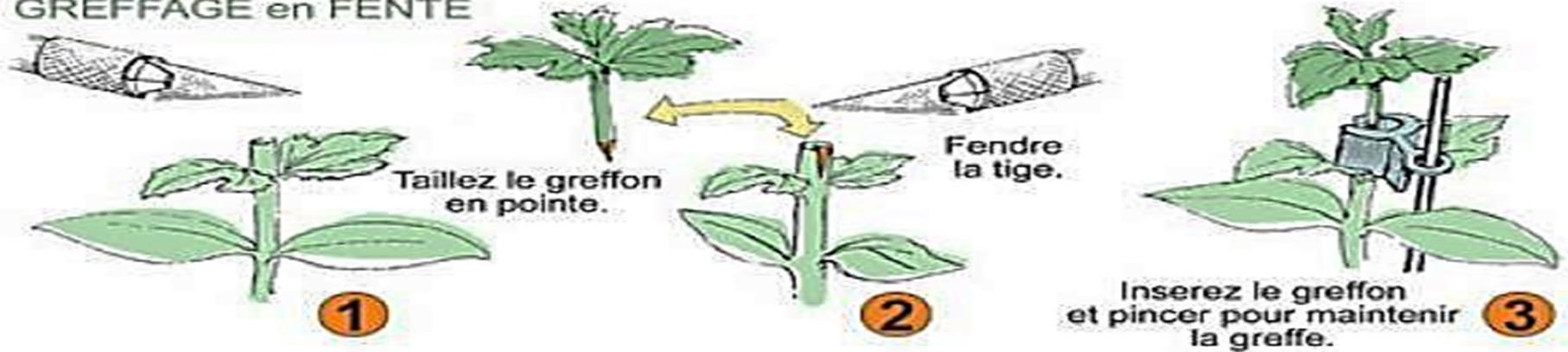
# Tomate greffée



# Melon greffé



## GREFFAGE en FENTE



I. Méthodes de lutte

C. Protection des plantes en présence des parasites

1. Amélioration de la résistance de l'hôte

2. Méthodes chimiques

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 2. Méthodes chimiques

#### • **Types de traitements**

- pulvérisation foliaires
- traitements de semences (enrobage)
- traitements du sol
- protection des blessures

#### • **Types de produits**

- fongicides, bactéricides (antibiotiques ?!), virus?
- molécules de synthèse (exceptions ex: Cu, S)
- produits de contact, systémiques, translaminaires

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 2. Méthodes chimiques

- Types de traitements
- Types de produits
- **Homologation: efficacité + toxicologie**
  - faible toxicité  
(DL50 > 1000 mg/kg; DJA (dose journalière admissible) > 0.03 mg/kg/j)
  - résidus, date limite avant récolte
  - spectre d'action large vs sélectif (ex: métalaxyl)
  - bonne efficacité

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 2. Méthodes chimiques

- Types de traitements
  - Types de produits
  - Homologation: efficacité + toxicologie
  - **Résistance aux produits de traitement**
    - années '60 *Penicillium* / diphényl  
*Rhizoctonia* / PCNB (pentachloronitrobenzene), ...,  
*Botrytis*
    - fongicides mono-sites vs multi-sites
    - résistance croisée (résistance à d'autre substance)
- utilisation raisonnée des produits**

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

1. Amélioration de la résistance de l'hôte
2. Méthodes chimiques
3. Méthodes biologiques

# I. Méthodes de lutte

## C. Protection des plantes en présence des parasites

### 3. Méthodes biologiques

- **Application de microorganismes**

- homologation sévère idem pesticides
- efficacité  $\leq$  fongicides (climat, couverture)
- utilisation en complément ou alternance
- Agriculture biologique vs conventionnelle
- recherche intense, peu de produits sur le marché

# Produits à base de microorganismes pour la lutte contre les maladies du sol

## Situation en France ...



un seul produit homologué:

**Contans** (*Coniothyrium minitans*)



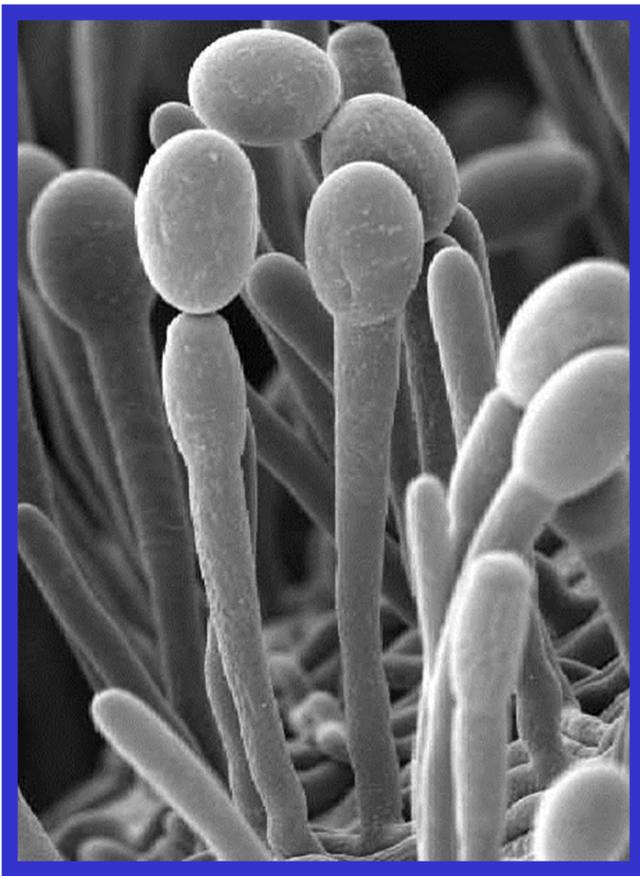
# Produits à base de microorganismes pour la lutte contre les maladies aériennes



## Situation en France ...

Produit	espèce	Entreprise
AQ-10	<i>Ampelomyces quisqualis</i>	Ecogene, USA

champignon est un hyperparasite dont les hôtes sont des champignons, dont de nombreuses espèces de l'ordre des Erysiphales qui sont les agents pathogènes de diverses formes d'oïdium



**Oïdium sur feuille de vigne (*Uncinula necator*)**

**Pycnide (structure reproductrice) de *A. quisqualis* dans un conidiophore de *U. necator***

# Produits à base de microorganismes pour la lutte contre les maladies aériennes



## Situation en France ...

Produit	espèce	Entreprise
AQ-10	<i>Ampelomyces quisqualis</i>	Ecogene, USA
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i>	AgraQuest, USA
	<i>Microdochium dimerum</i>	Agri-Obtention / INRA
en cours	Protection de la tomate contre <i>Botrytis</i> (tests INRA - CTIFL)	

# Produits à base de champignons pour la lutte contre les maladies aériennes

produits à base de *Trichoderma harzianum*



T. harzianum

I. Méthodes de lutte

C. Protection des plantes en présence des parasites

3. Méthodes biologiques

- Application de microorganismes

- **Application d'extraits de plantes**

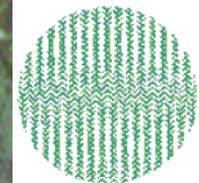
- stimulation des défenses de l'hôte
- mêmes contraintes économiques et d'homologation
- recherche intense, peu de produits sur le marché

# Lutte contre les maladies des plantes

*(Philippe Nicot)*

**I. Méthodes de lutte**

**II. Stratégies de lutte**



**INRA**

Institut National de la Recherche Agronomique

## II. Stratégies de lutte

A. Lutte intégrée

B. Protection intégrée

C. Production intégrée / raisonnée

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

Méthode de lutte visant à restreindre les organismes nuisibles à des niveaux économiquement acceptables (vs éradication) en "intégrant" des méthodes de lutte compatibles avec les organismes utiles

Concept développé en Californie en 1943

Définition "officielle" au congrès FAO, Rome 1965

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

**Seuil économique**

Méthode de lutte visant à **restreindre** les organismes nuisibles à des **niveaux économiquement acceptables** (vs éradication) en "intégrant" des méthodes de lutte compatibles avec les organismes utiles

Concept développé en Californie en 1943

Définition "officielle" au congrès FAO, Rome 1965

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

Méthode de lutte visant à **restreindre** les organismes nuisibles à des **niveaux économiquement acceptables** (vs éradication) en "intégrant" des méthodes de lutte **compatibles avec les organismes utiles**

Concept développé en Californie en 1943

Définition "officielle" au congrès FAO, Rome 1965

**Respect et utilisation des "auxiliaires"**

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

Méthode de lutte visant à **restreindre les organismes nuisibles** à des **niveaux économiquement acceptables** (vs éradication) en "intégrant" des **méthodes de lutte compatibles avec les organismes utiles**

Concept développé en Californie en 1943

Définition "officielle" au congrès FAO, Rome 1965

**Ravageurs** vs Maladies ?

ex: **lutte intégrée contre *Botrytis***

Dirigée contre un ou bien l'ensemble  
des problèmes phytosanitaires ?

## **lutte intégrée contre UN problème phytosanitaire?**

- Résoudre un problème, en créer (révéler) un autre ?
- Compatibilité lutte (biologique, chimique, etc.) contre une maladie + lutte contre autres problèmes phytosanitaires?
- Interactions maladies / ravageurs
  - santé générale des plantes
  - interaction entre produits phytosanitaires

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

### B. Protection intégrée

**Stratégie** visant à la gestion équilibrée de la **protection phytosanitaire** à la fois par des moyens directs (**lutte chimique, biologique**) et indirects (**mesures phytotechniques, fertilisation, variétés, ...**)

OILB - SROP\* 1973

## II. Stratégies de lutte

A. Lutte intégrée

B. Protection intégrée

**C. Production intégrée**

**Système de production** d'aliments et des autres produits de haute qualité, qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'**environnement** et qui assure à long terme une **agriculture viable**

Bulletin OILB - SROP 1977/4

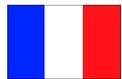
OILB - SROP 1993

## II. Stratégies de lutte

### A. Lutte intégrée

### B. Protection intégrée

### C. Production intégrée



#### • Agriculture raisonnée ~ "Integrated farming"

Bases légales: article L. 640-3 du Code Rural (10 mai 2001)  
décrets 2002-630 et 2002-631 (25 avril 2002)

**"Les modes de production raisonnés en agriculture consistent en la mise en œuvre, par l'exploitant agricole sur l'ensemble de son exploitation dans une approche globale de celle-ci, de moyens techniques et de pratiques agricoles conformes aux exigences du référentiel de l'agriculture raisonnée..."**

## Référentiel des exigences nationales

- Enregistrement et suivi des opérations effectuées et des produits utilisés pour les besoins des cultures et des animaux
- Maîtrise des intrants agricoles ainsi que des effluents et des déchets
- Usage justifié de moyens appropriés de protection des cultures et de la santé des animaux
- Equilibre de la fertilisation des cultures
- Pratiques culturales permettant la préservation des sols et limitant les risques de pollution
- Gestion économe et équilibrée des ressources en eau
- Règles d'hygiène et de sécurité sanitaire
- Besoins des animaux: alimentation et bien-être
- Protection des paysages et de la diversité biologique

## Référentiel des exigences nationales

- Enregistrement et suivi des opérations effectuées et des produits utilisés pour les besoins des cultures et des animaux
- Maîtrise des intrants agricoles ainsi que des effluents et des déchets
- Usage sûr
- Équité
- Protection des risques
- Gestion économe et équilibrée des ressources en eau
- Règles d'hygiène et de sécurité sanitaire
- Besoins des animaux: alimentation et bien-être
- Protection des paysages et de la diversité biologique
- Etc...

"Le référentiel porte sur le respect de l'environnement, la maîtrise des risques phytosanitaires, la santé et la sécurité au travail..."

# Protection intégrée sous serre

## 1. Définitions

## 2. Le système modèle



1300 ha

# Tomate sous serre



900 ha

# Protection intégrée sous serre

1. Définitions
2. Le système modèle
3. Les problèmes phytosanitaires







## Les problèmes phytosanitaires

- Problèmes récurrents

aleurodes: *Trialeurodes vaporariorum*,  
thrips: *Thrips tabaci* + *Frankliniella occidentalis*  
(TSWV)



**Tomato spotted wilt virus (TSWV)**

virus de la maladie bronzée de la tomate

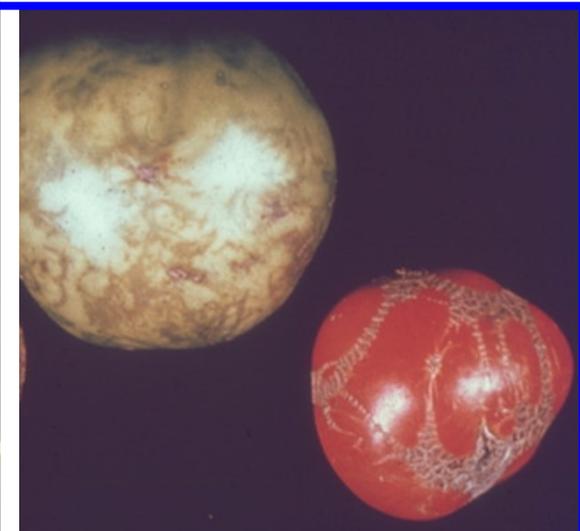
## Les problèmes phytosanitaires

- Problèmes récurrents

aleurodes: *Trialeurodes vaporariorum*,  
thrips: *Thrips tabaci* + *Frankliniella occidentalis*  
(TSWV),  
acariens, pucerons (PVY, CMV)



Potato Virus Y (PVY)



Cucumber Mosaic Virus (CMV)

## Les problèmes phytosanitaires

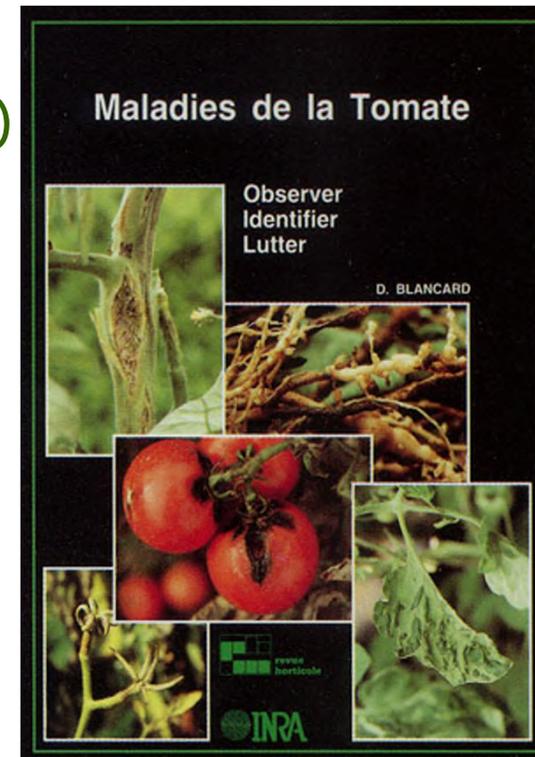
- Problèmes récurrents

aleurodes: *Trialeurodes vaporariorum*,  
thrips: *Thrips tabaci* + *Frankliniella occidentalis*  
(TSWV),

acariens, pucerons (PVY, CMV)

Botrytis, oïdium

Fusariose (FOL, FORL), pythiacées (pythium)



## Les problèmes phytosanitaires

- Problèmes récurrents

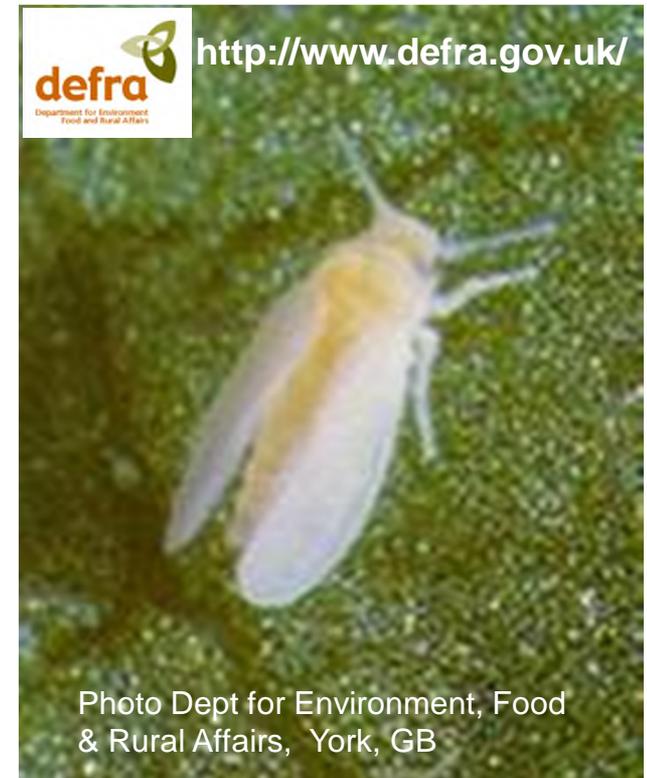
aleurodes: *Trialeurodes vaporariorum*,  
thrips: *Thrips tabaci* + *Frankliniella occidentalis*  
qui sont des vecteurs (TSWV),

acariens, pucerons (PVY, CMV)

Botrytis, oïdium

Fusariose (FOL, FORL), pythiacées

- Problèmes émergents graves



# Tomato yellow leaf curl virus (TYLC)



- **Problèmes émergents graves**

*Bemisia tabaci* → vecteur du virus  
(geminivirus: TYLCV)

*Bemisia tabaci*, l'aleurode du tabac, appelé aussi aleurode du cotonnier, est une espèce d'insectes hémiptères de la famille des Aleyrodidae. **C'est l'un des principaux ravageurs des cultures**



## Les problèmes phytosanitaires

- Problèmes récurrents

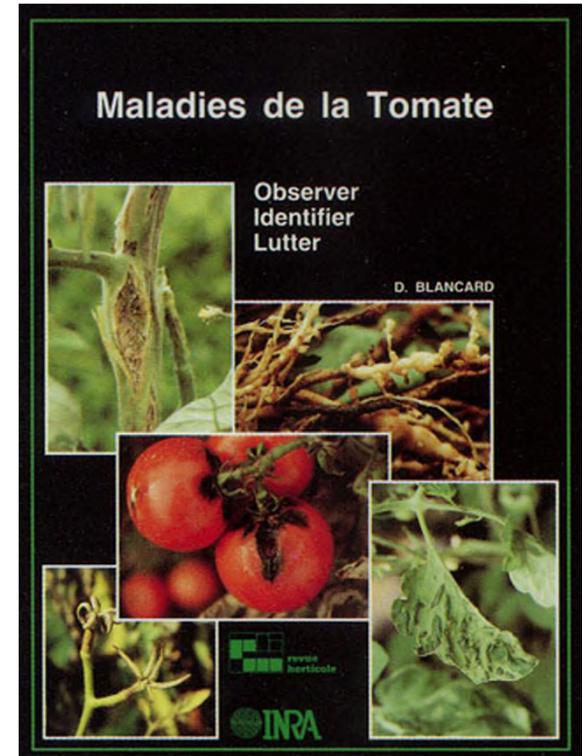
aleurodes: *Trialeurodes vaporariorum*,  
thrips: *Thrips tabaci* + *Frankliniella occidentalis* (TSWV),  
acariens, pucerons (PVY, CMV)

Botrytis, oïdium  
Fusariose (FOL, FORL), pythiacées

- Problèmes émergents graves

*Bemisia tabaci* + virus  
(geminivirus: TYLCV,)

Maladies du sol (bromure de méthyl)



# Protection intégrée sous serre

1. Définitions
2. Le système modèle
3. Les problèmes phytosanitaires
4. Lutte intégrée contre *Botrytis cinerea*



**Protection intégrée sous serre**

# Intégration des méthodes de lutte contre *Botrytis cinerea*



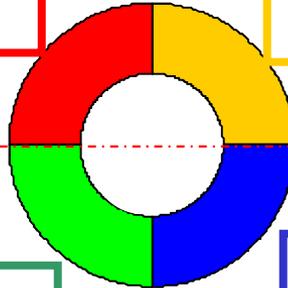
**Absence de variétés résistantes**

**Lutte chimique**  
(raisonnée ?)

**Méthodes culturales**  
(prophylactiques)

**Lutte biologique**

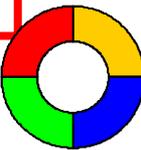
**Lutte génétique**



Perspectives à terme (recherche en cours)

## **Lutte chimique**

- les produits disponibles
- les pratiques
- les problèmes
- lutte raisonnée ?



**7 matières actives (18 produits) homologuées**  
contre *Botrytis* / tomate

- carbendazime + diethofencarbe (2)
- chlorothalonil (1)
- fenhexamid (3)
- iprodione (1)
- procymidone (4)
- pyrimethanil (5)
- tolylfluanide (2)

**Protection intégrée sous serre**

**Lutte intégrée contre *Botrytis***

## **2 principaux modes d'application des produits**



**pulvérisation**

**badigeon sur chancres**



**non homologué ...**

## 2 principaux problèmes d'efficacité

- Couverture inadéquate des cibles à protéger

- **Pulvérisation:**

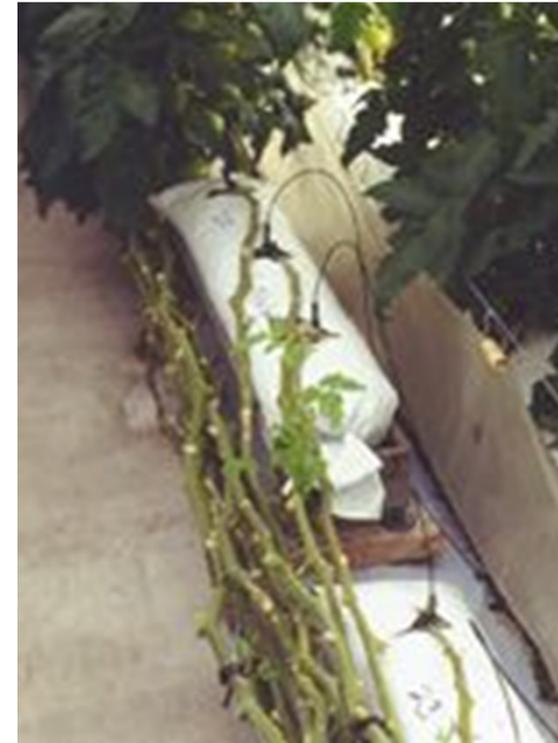
- atteindre le feuillage / les plaies entre plantes

- **Efficacité de curetage des chancres**

- détection des chancres

- (10 serres de tomate;

- 40-62 % des chancres traités)



## 2 principaux problèmes d'efficacité

- Couverture inadéquate des cibles à protéger
- **Résistance de *Botrytis* aux fongicides**

Sporulation sur badigeons

10 serres PACA

7-52 % des chancres  
badigeonnés



## 2 principaux problèmes d'efficacité

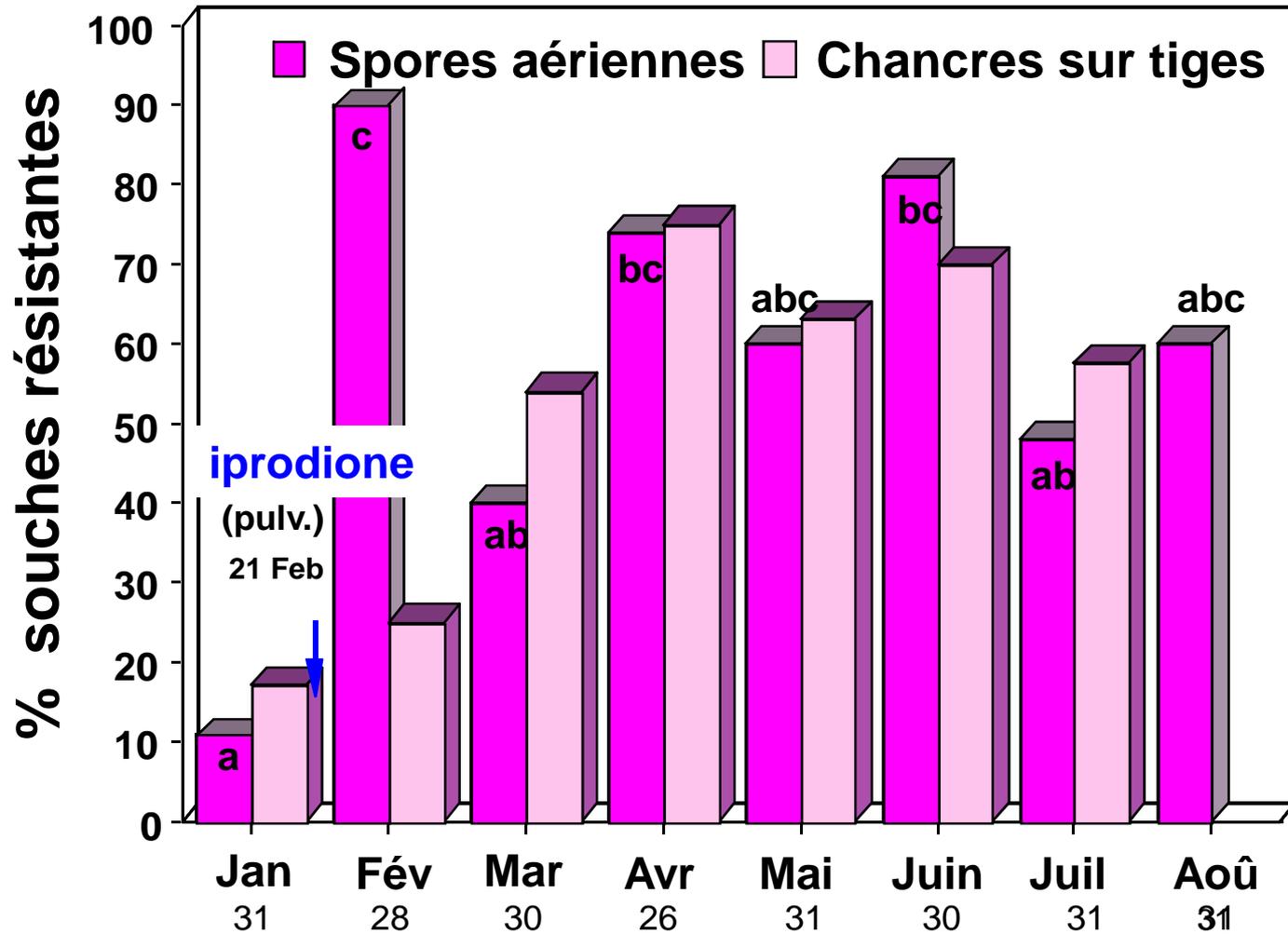
- Couverture inadéquate des cibles à protéger
- **Résistance de *Botrytis* aux fongicides**

➤ Fréquence

➤ Difficulté de prédire les évolutions de population au cours d'une saison

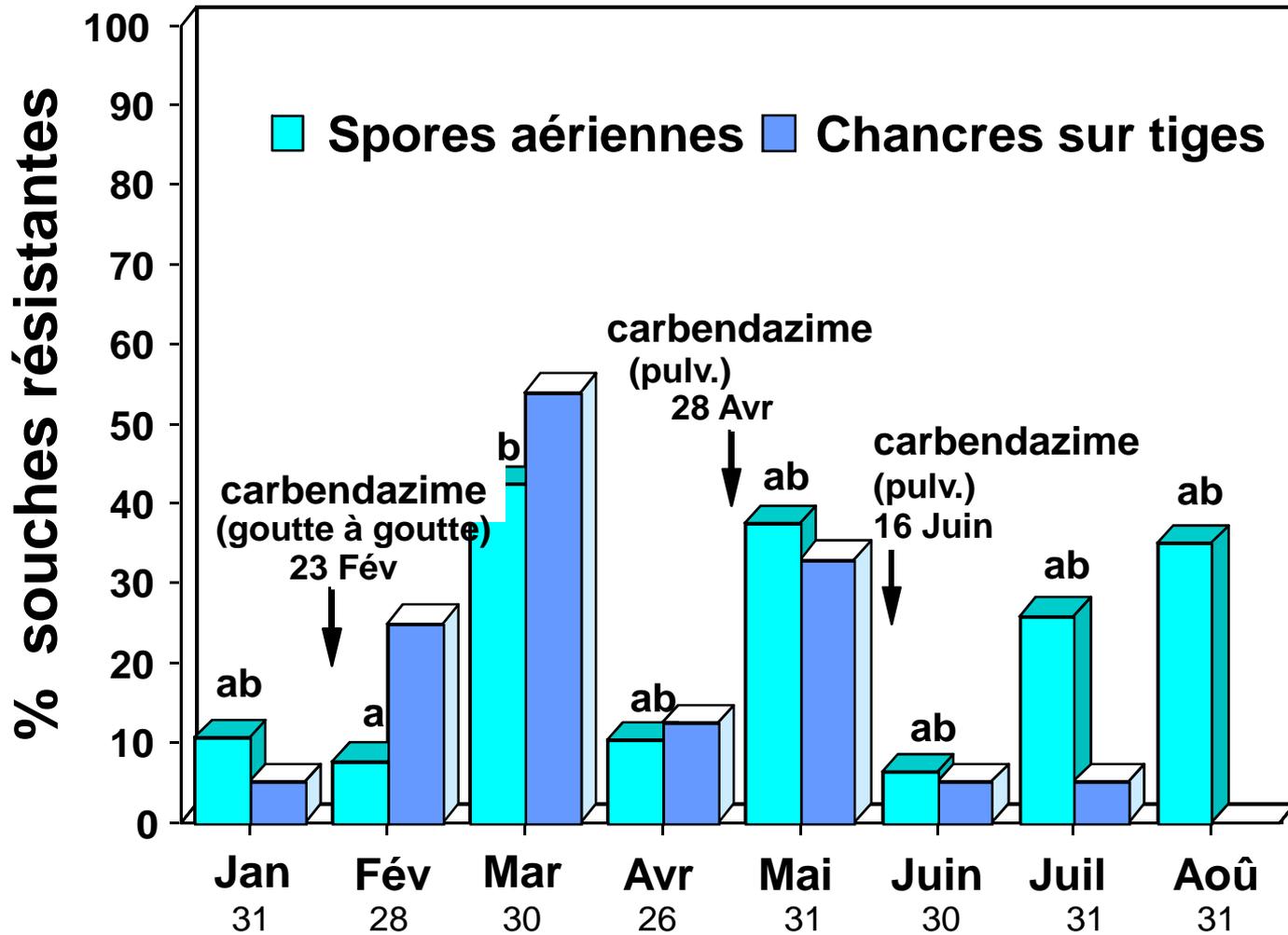
# Résistance à la vinchlozoline

INRA-APREL



# Résistance à la carbendazime

INRA-APREL



**Protection intégrée sous serre**

**Lutte intégrée contre *Botrytis***

## **Lutte raisonnée ?**

- **Limiter la pression de sélection pour préserver l'efficacité des fongicides**
  - alterner les familles chimiques ( $R^{ce}$  croisée +)

## Lutte raisonnée ?

- Limiter la pression de sélection pour préserver l'efficacité des fongicides
  - alterner les familles chimiques ( $R^{ce}$  croisée +)
- **Diminuer les fréquences d'application**
  - modulation en fonction des risques (en cas de nécessité absolue)

## Lutte raisonnée ?

- Limiter la pression de sélection pour préserver l'efficacité des fongicides

- alterner les familles chimiques ( $R^{ce}$  croisée +)

- Diminuer les fréquences d'application

- modulation en fonction des risques

- **Diminuer les quantités appliquées**

- localisation précise des traitements sur les cibles (inutile d'appliquer sur les surfaces non infectées)

**Protection intégrée sous serre**

**Lutte intégrée contre *Botrytis***



**Sécateur pulvérisateur**



## Lutte raisonnée ?

- Limiter la pression de sélection pour préserver l'efficacité des fongicides
  - alterner les familles chimiques
- Diminuer les fréquences d'application
  - modulation en fonction des risques
- Diminuer les quantités appliquées
  - localisation
- **Eviter l'emploi inutile des produits inefficaces**
  - tests de résistance de *Botrytis* (*in vitro* & *in planta*)
  - échantillonnage représentatif (**Coût ?**)

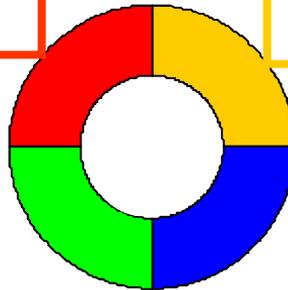
**Protection intégrée sous serre**

# Intégration des méthodes de lutte contre *Botrytis cinerea*



**Lutte chimique**  
(raisonnée ?)

**Méthodes culturales**  
(prophylactiques)



## Méthodes culturales:

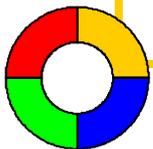
- Méthode d'effeuillage



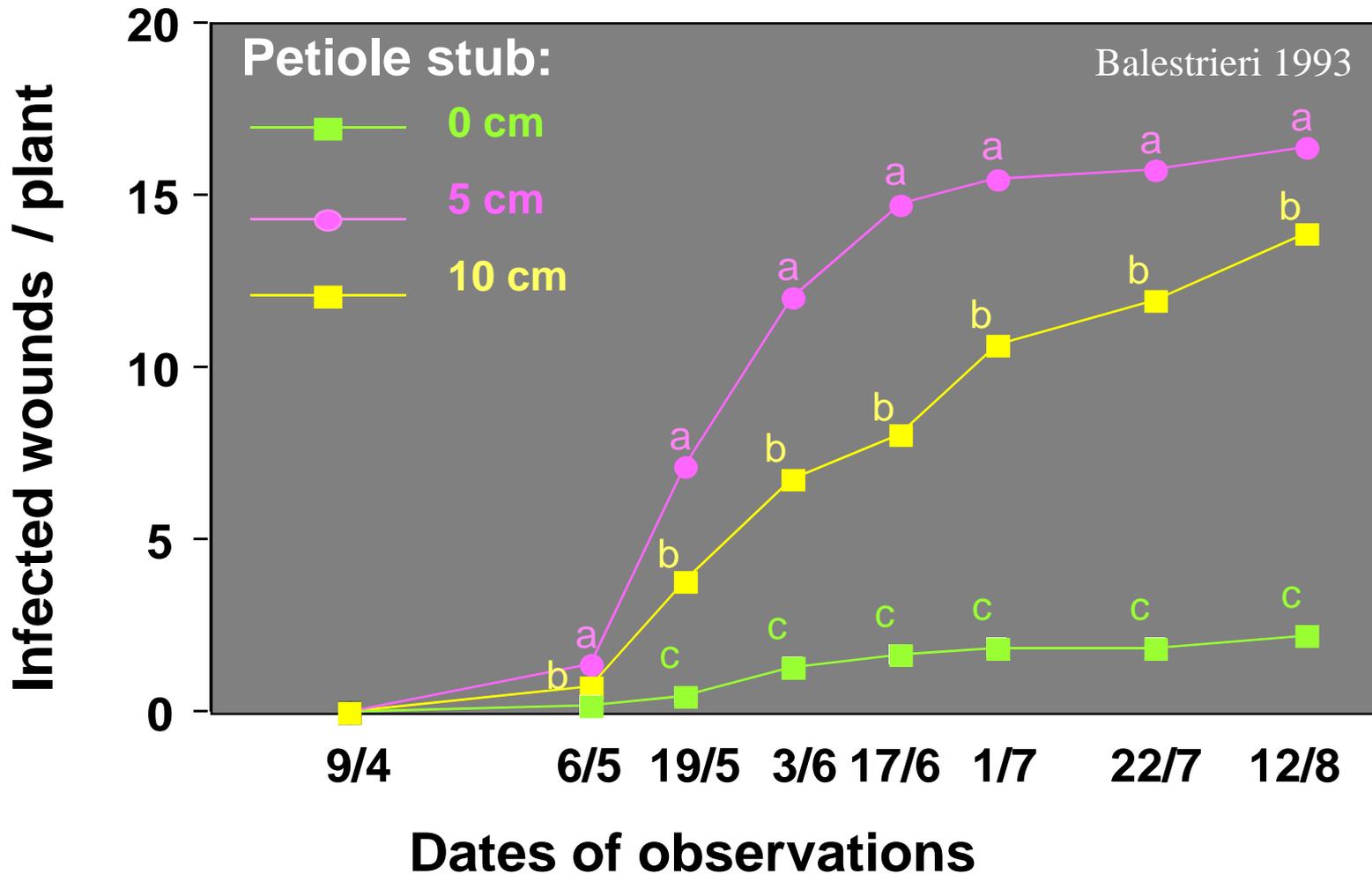
longueur du  
chicot de pétiole



- toutes les ~ 3 semaines en serres lourdes
- dans la saison ~ 50 feuilles par plante



# Un effeuillage à ras réduit fortement le risque d'infection



## **Méthodes culturelles:**

- **Méthode d'effeuillage**
- **Gestion du climat sous serre**
  - **Importance épidémiologique de l'eau**



**L'eau et les éléments nutritifs sont nécessaires pour la germination des spores de *Botrytis cinerea***

**Taux de germination sur feuilles de tomate (%)**

Etat des feuilles	Durée de présence d'eau liquide			
	0	4 h	7 h	24 h
intactes	0.0 a	0.0 a	14.6 b	18.1 b
micro- blessures	0.5 a	11.0 b	16.9 b	22.3 b
macro- blessures	24.2 b	53.3 c	78.1 d	84.8 d

## Méthodes culturales:

- Méthode d'effeuillage
- Gestion du climat sous serre
  - Importance épidémiologique de l'eau
  - Effet de fortes humidités sur le développement de la maladie



# Une ambiance humide aggrave les risques d'infection

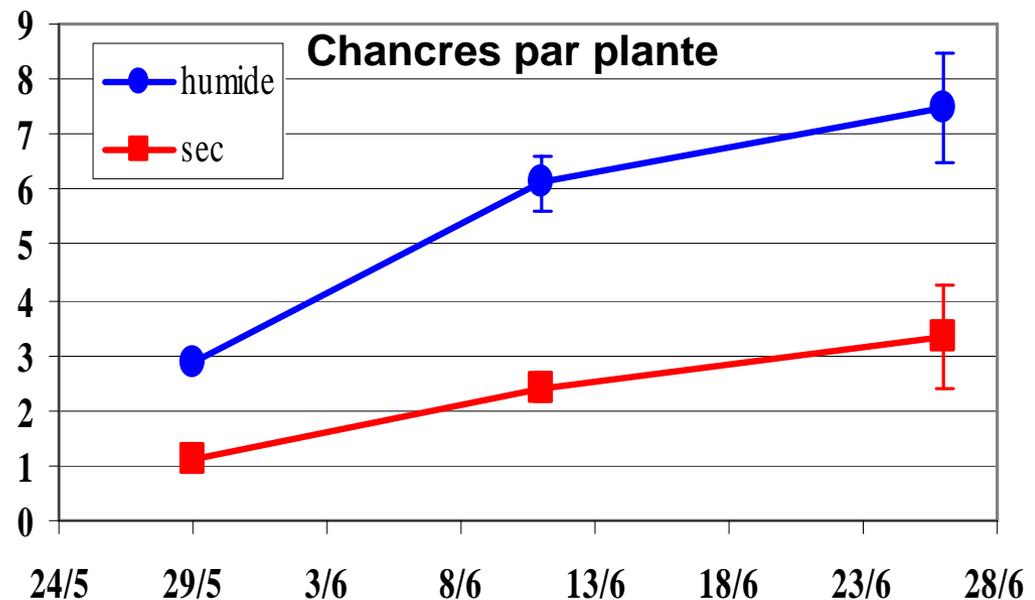
Régulation d'humidité	Fruits infectés
sans régulation	320
< 90% HR	185
< 75% HR	14



(Winspear *et al.* 1970)



CTIFL-INRA, 2002



## Méthodes culturelles:

- Méthode d'effeuillage
  - Gestion du climat sous serre
    - Importance épidémiologique de l'eau
    - Effet de fortes humidités sur le développement de la maladie
    - **Déshumidification possible en serre lourde**  
(chauffage + aération)
- => contrôle efficace des attaques dues à une pénétration directe après germination**



# Rareté des attaques sur fruits, fleurs et feuilles en serres lourdes à climat correctement déshumidifié



# Rareté des attaques sur fruits, fleurs et feuilles en serres lourdes à climat correctement déshumidifié

Persistance des infections de plaies d'effeuillage

?



## Méthodes culturales:

- Méthode d'effeuillage
- Gestion du climat sous serre
  - Présence d'eau sur les plaies d'effeuillage?



guttation



## Méthodes culturales:

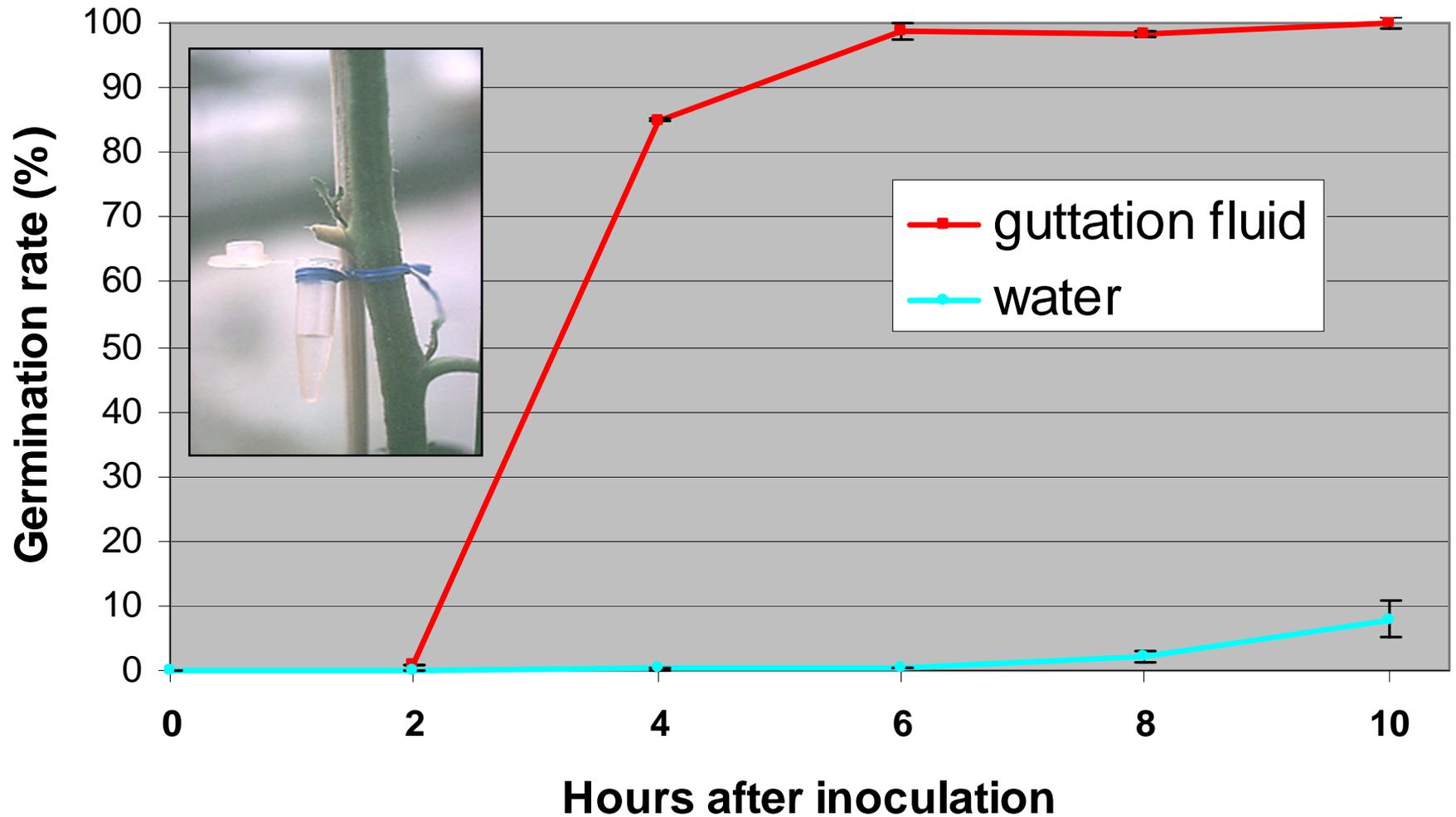
- Méthode d'effeuillage
- Gestion du climat sous serre
  - Présence d'eau sur les plaies d'effeuillage?
  - **Importance épidémiologique de la guttation?**



- Quantification de la guttation au laboratoire ?
- Effet du liquide de guttation sur la germination des spores de *Botrytis* ?



# Le liquide de guttation stimule la germination des spores de *Botrytis cinerea*



## Méthodes culturales:

- Méthode d'effeuillage
- Gestion du climat sous serre
  - Présence d'eau sur les plaies d'effeuillage?
  - **Importance épidémiologique de la guttation?**
    - Quantification de la guttation en serre ?



## Mise au point d'un capteur de guttation



## Méthodes culturales:

- Méthode d'effeuillage
- Gestion du climat sous serre
  - Présence d'eau sur les plaies d'effeuillage?
  - Importance épidémiologique de la guttation?
  - ➔ Limiter les épisodes de guttation sous serre
  - ➔ La maîtrise de l'effeuillage sous serre



**La bonne gestion des eaux d'irrigation**



**Protection intégrée sous serre**

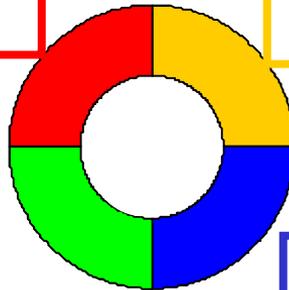
**Lutte intégrée contre *Botrytis***



**Absence de variétés résistantes**

**Lutte chimique**  
(raisonnée ?)

**Méthodes culturales**  
(prophylactiques)



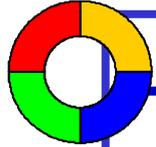
**Lutte génétique**



## Lutte génétique: des perspectives

- Recherche de sources de résistance partielle à *Botrytis cinerea* chez la tomate" *Lycopersicon esculentum* :
  - mise en évidence de résistance chez *Lycopersicon hirsutum*





## Lutte génétique: des perspectives

- "recherche de sources de résistance partielle à *Botrytis cinerea* chez la tomate" (1998):
  - mise en évidence de résistance chez *Lycopersicon hirsutum*
- Caractérisation de la résistance de *L. hirsutum* à *B. cinerea*:
  - **déterminisme génétique** (étude des gènes qui codent pour cette résistance contre *Botrytis cinerea*)
  - **cartographie des gènes de résistance** (détermination de la position d'un locus (gène ou marqueur génétique) sur un chromosome en fonction du taux de recombinaison génétique)

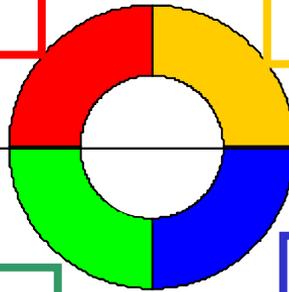
**Protection intégrée sous serre**

**Lutte intégrée contre *Botrytis***



**Lutte chimique**  
(raisonnée ?)

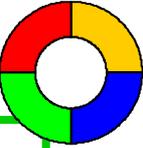
**Méthodes culturales**  
(prophylactiques)



**Lutte biologique**

**Lutte génétique**

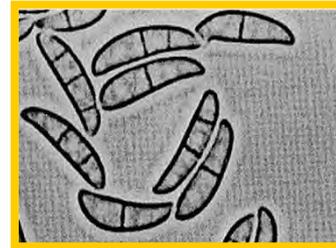
Perspectives à terme (recherche en cours)



## Lutte biologique:

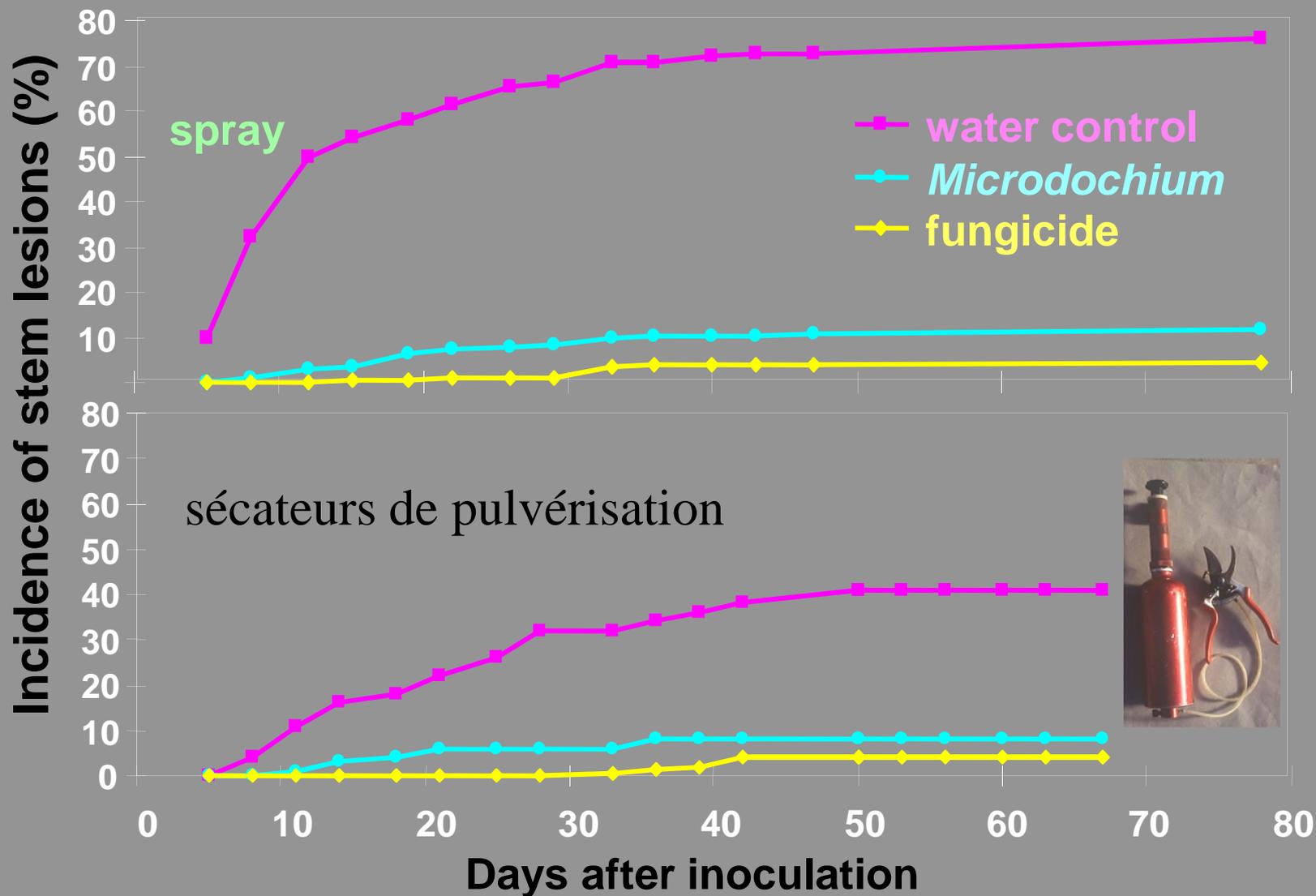
- sélection de micro-organismes efficaces contre *Botrytis*;  
*Microdochium dimerum* (*champignon*)

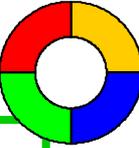
- Tests en conditions de culture



*Microdochium dimerum* (L13)

# Protection des plaies de taille au niveau des cultures



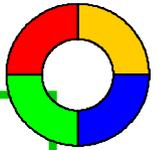


## Lutte biologique:

- sélection de micro-organismes efficaces contre *Botrytis*; *Microdochium dimerum*
- Tests en conditions de culture
- Approche "valorisation"  
production de masse
  - efficacité sur vigne



*Microdochium dimerum* (L13)



## Lutte biologique (suite):

- **Efficacité dans d'autres situations?**
  - efficacité sur feuillage de tomate (conditions humides)
  - efficacité sur vigne, fruits à noyaux, rose
- **Compatibilité avec les autres méthodes de lutte contre Botrytis** **Compatibilité avec la lutte chimique**  
(OK)

# Protection intégrée sous serre

1. Définitions
2. Le système modèle
3. Les problèmes phytosanitaires
4. Lutte intégrée contre *Botrytis cinerea*

