



**HAL**  
open science

## Introduction à la pathologie végétale

Marc Bardin

► **To cite this version:**

Marc Bardin. Introduction à la pathologie végétale. École thématique. Projet BEYOND, France. 2021, 37 p. hal-03572873

**HAL Id: hal-03572873**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03572873v1>**

Submitted on 14 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# ➤ Introduction à la pathologie végétale

Marc Bardin – *UR0407 Pathologie Végétale, Avignon*

22 octobre 2021

**BEYOND**



# Qu'est ce qu'une maladie des plantes ?



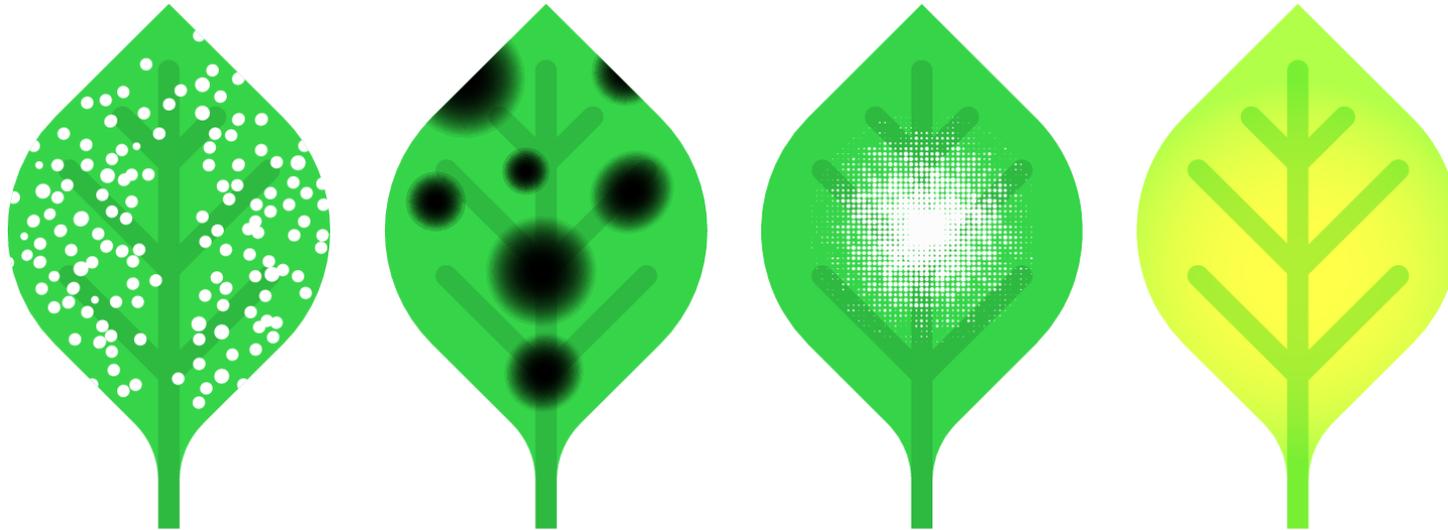
- **Altération** (nuisible) de l'état physiologique normal d'une plante
- L'altération s'aggrave dans le temps

→ Effets visibles des maladies sur la plante (couleur, forme, fonctions) = symptômes

# Comment diagnostiquer une maladie?

## Observer les plantes malades

**Symptômes** peuvent aider à diagnostiquer la cause de la maladie



Symptômes **variables** en fonction du contexte

# Comment diagnostiquer une maladie?

Observer les plantes malades



Symptômes sur différents organes



Copyright D. Blancard (INRA)



*Botrytis cinerea*  
/ tomate



Copyright D. Blancard (INRA)

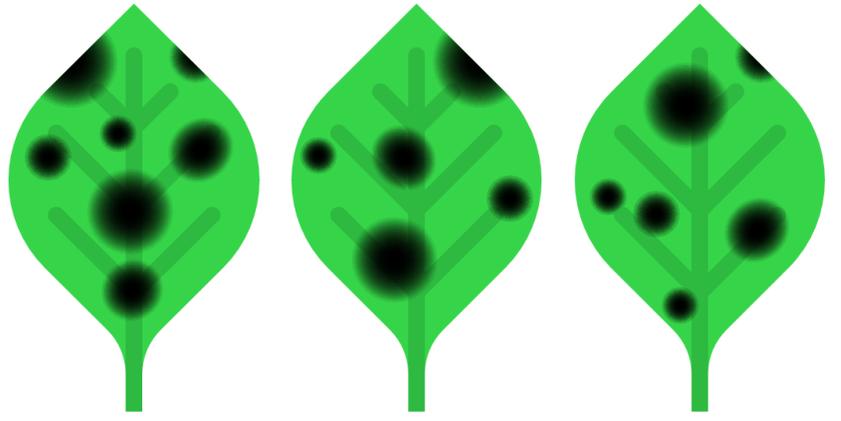


# Comment diagnostiquer une maladie?

## Observer les plantes malades



Différents agents pathogènes peuvent provoquer des symptômes proches / similaires



**Jaunissements** sur feuilles de tabac : même maladie ?



Virus Y de la pomme de terre



Carence en magnésium



*Peronospora tabacina*



*Ralstonia solanacearum*



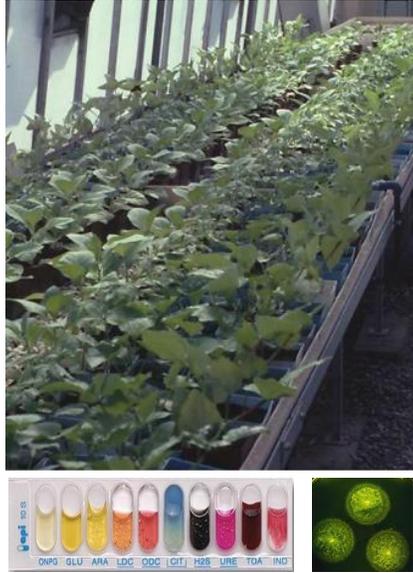
Stolbur



Phytotoxicité

# Comment diagnostiquer une maladie?

## Utilisation d'autres techniques



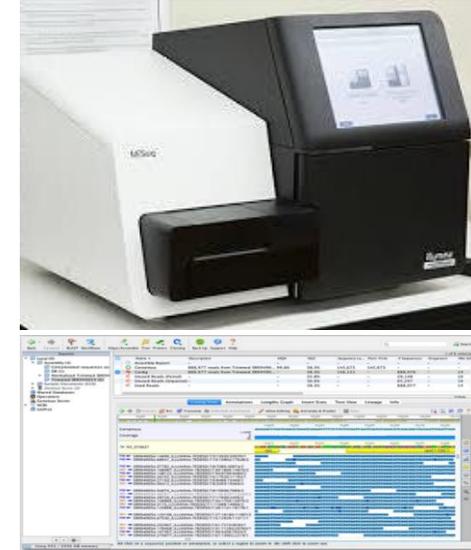
jusqu'aux années '70  
critères biologiques,  
morphologiques,  
biochimiques...



années '80  
révolution 'ELISA'  
(sérologie)



années '90  
révolution moléculaire



années '10  
métagénomique

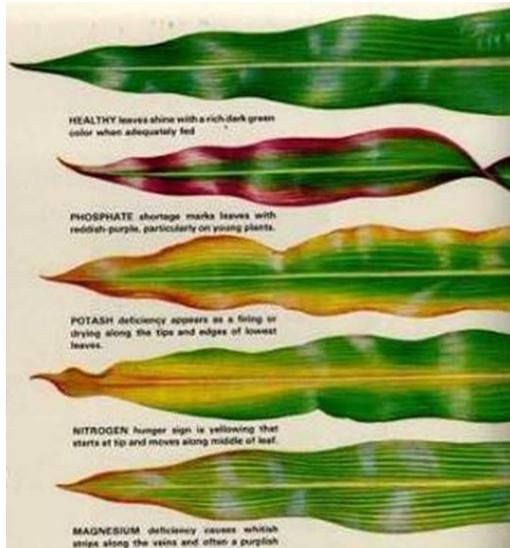
## A quoi ça sert ?

- Déterminer la cause d'une maladie nouvelle
- Rechercher la présence d'un agent pathogène connu (contrôle, réglementation)
- Identifier le meilleur moyen de contrôler la maladie

# Qui causent les maladies des plantes ?

## Maladies d'origine abiotique (non-infectieuses)

### Carences nutritionnelles



témoin sain

P

K

N

Mg

### Température

dégâts dus au gel



### Excès/manque d'eau



### Lumière



### pH du sol



### Traitements phytosanitaires



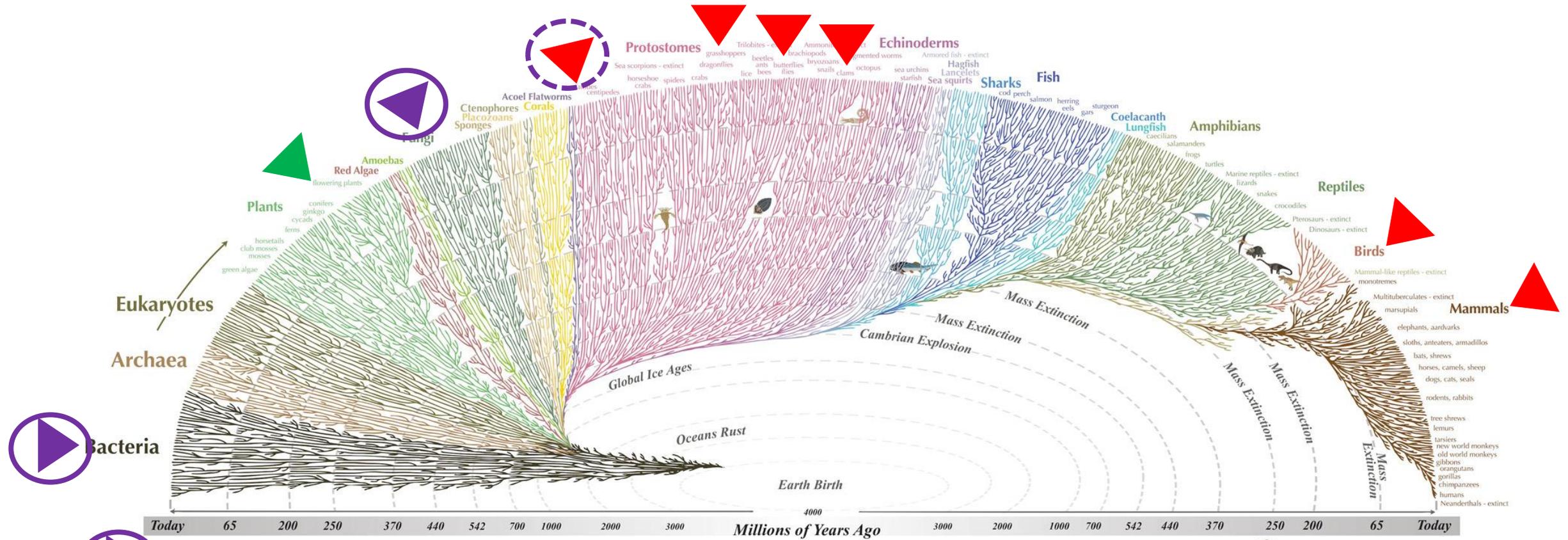
# Qui causent les maladies des plantes ?

## Maladies infectieuses

Microorganismes

Animaux (ravageurs, vecteurs)

Plantes parasites



**Virus & viroïdes**

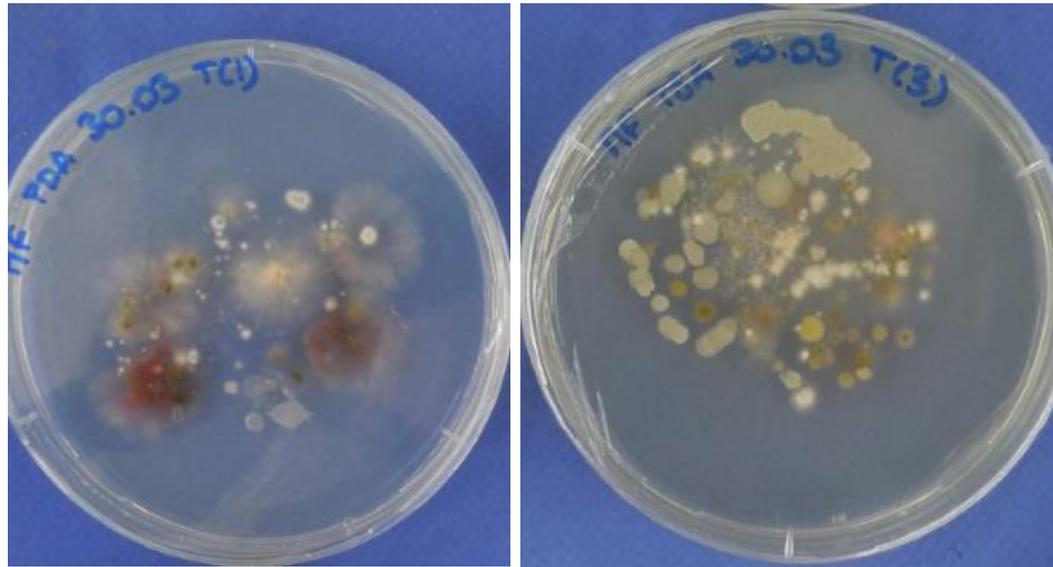
All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct



# Les microorganismes associés aux plantes occasionnent-ils toujours une maladie?

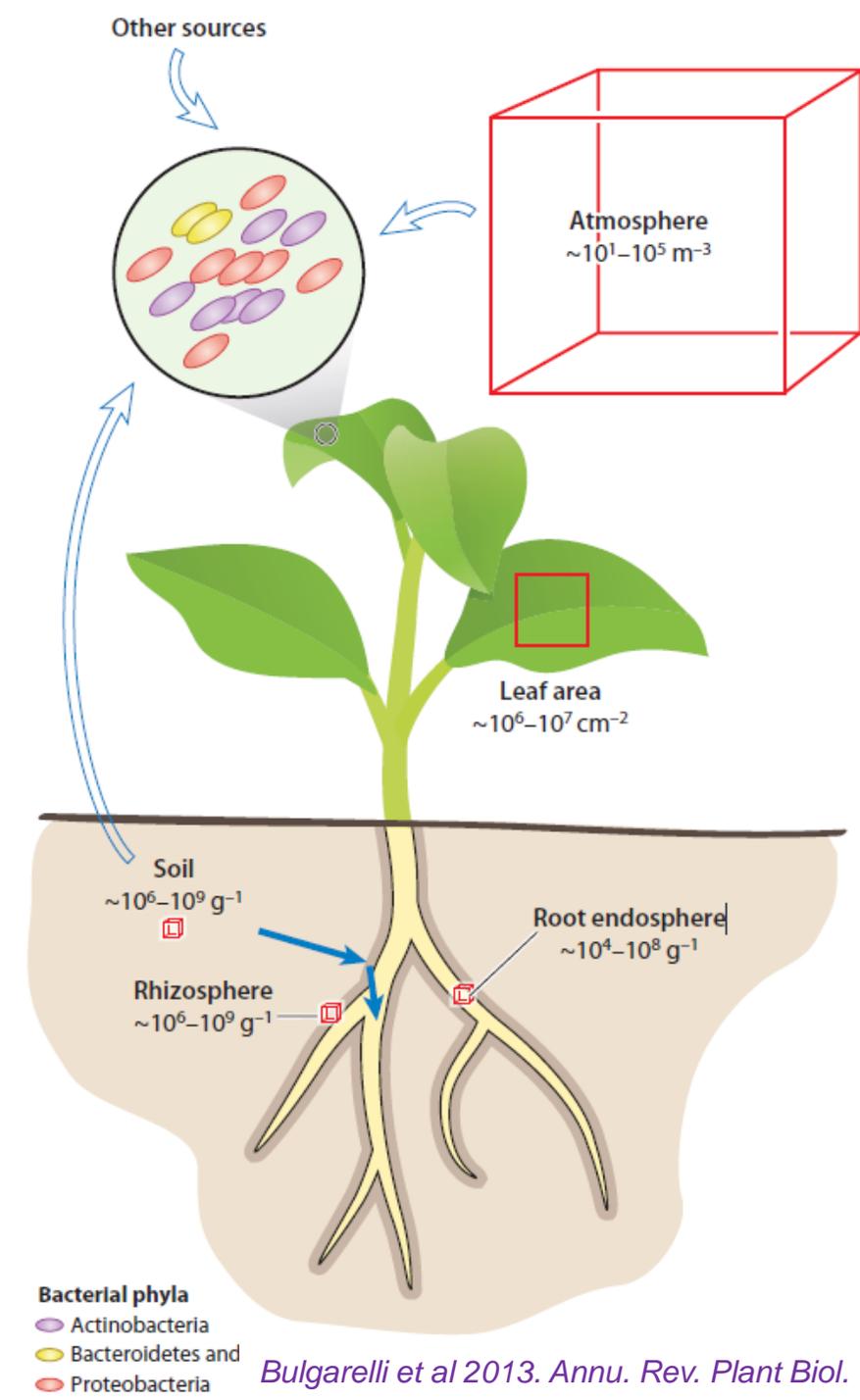
## Microflore d'une plante saine

Empreintes de folioles de fraisiers 'sains'



Forges et al, 2018. IOBC Bulletin

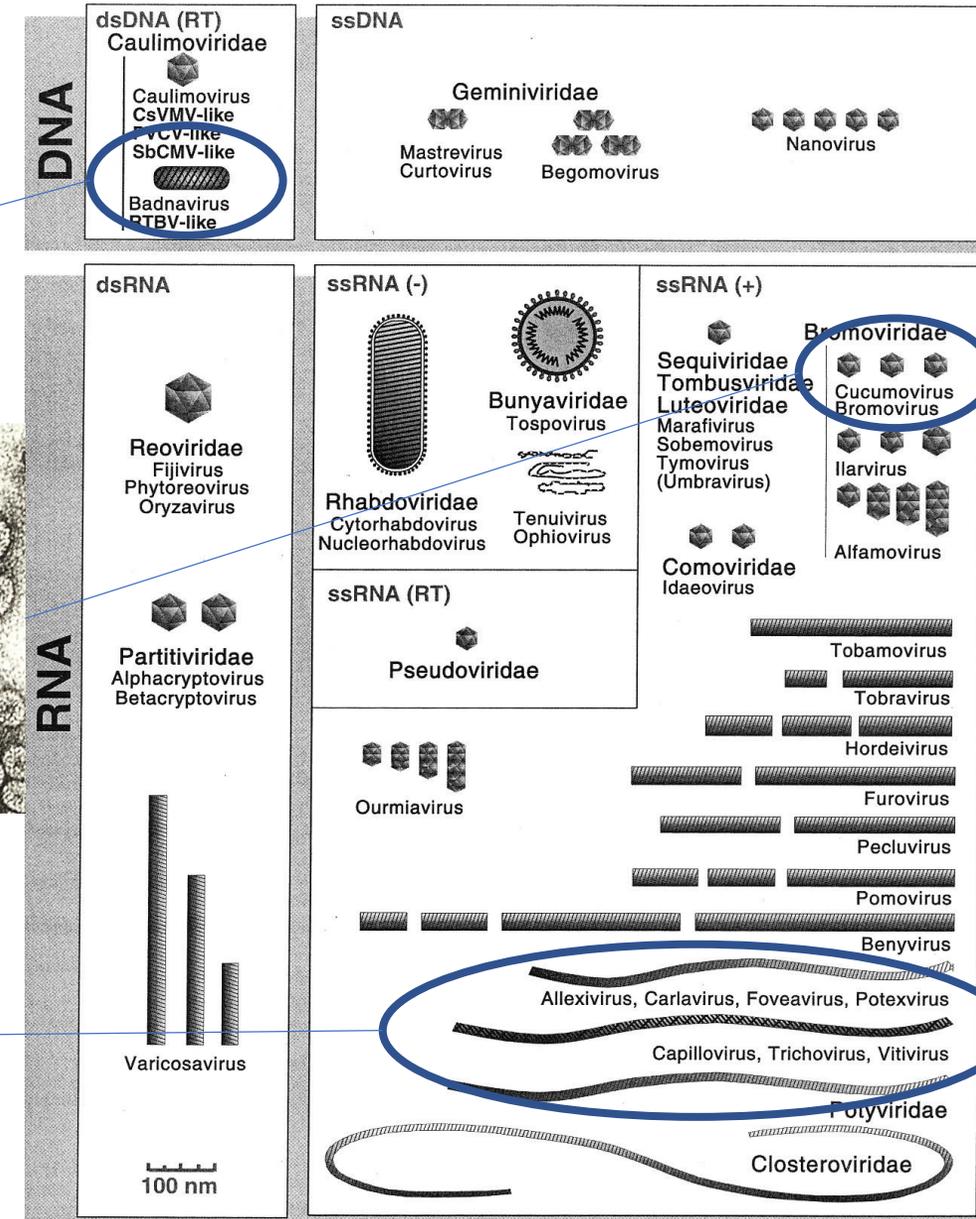
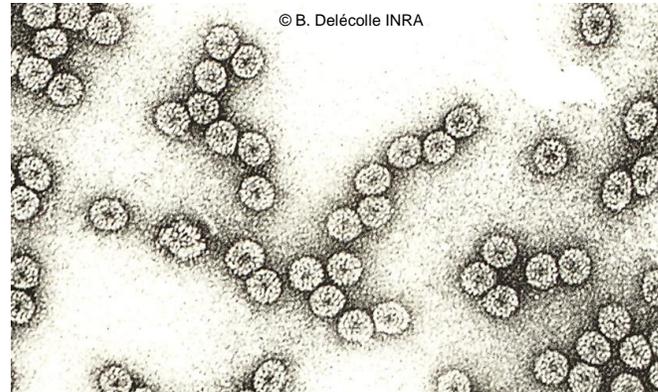
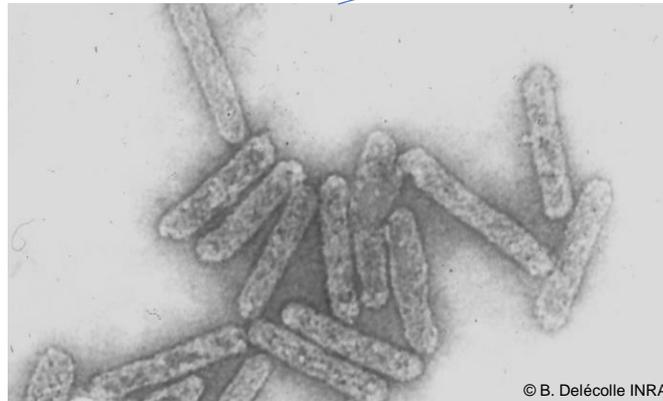
# espèces sur terre	Prédites <i>Mora et al, 2011. PLoS Biol.</i>	Phytopathogènes <i>Agrios, 2005</i>
Champignons	615 000	10 000
Bactéries	10 000	200



# Qui cause les maladies des plantes ?

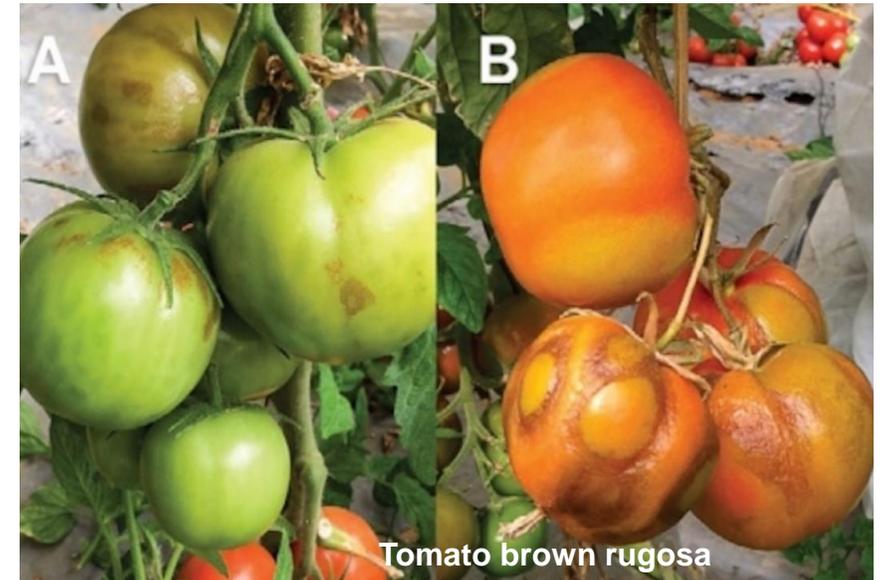
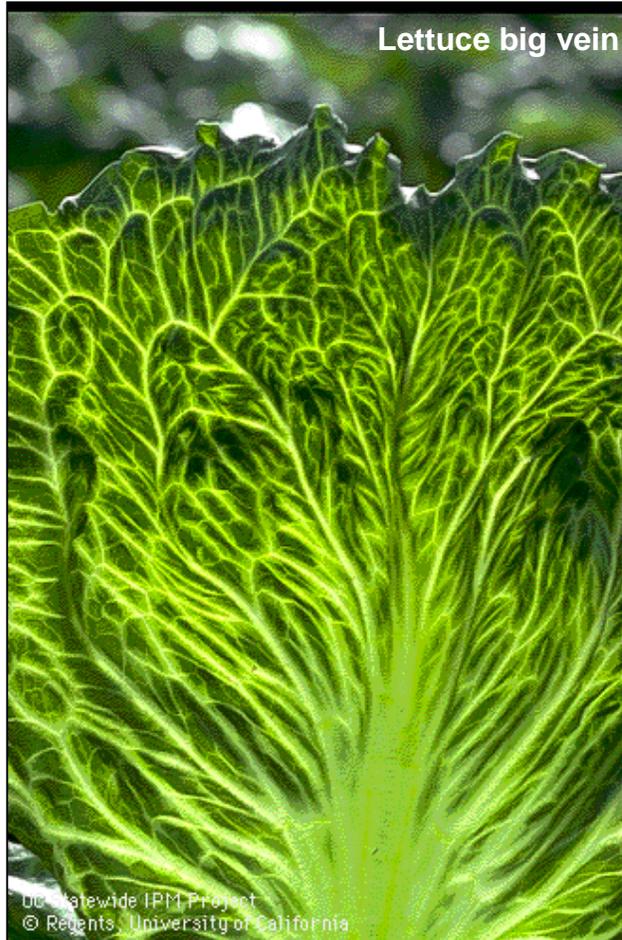
## Virus et viroïdes

- **Virus:** particule infectieuse composée d'acide nucléique et de protéine
- **Viroïde:** particule infectieuse composée d'ARN infectieux (pas de protéine)



# Qui causent les maladies des plantes ?

## Virus et viroïdes

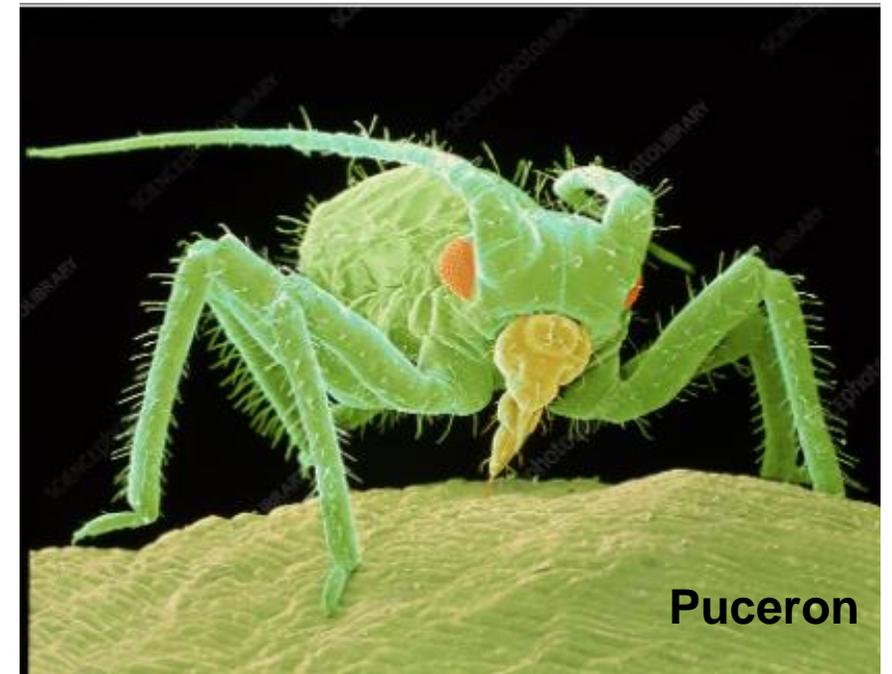


# Qui causent les maladies des plantes ?

## Virus et viroïdes

- **Transmissibles mécaniquement**
- **Transmissibles par vecteurs**  
(insectes, nématodes, champignons)

Lors de leur alimentation, les insectes peuvent être contaminés par des virus pathogènes et les transmettre à d'autres plantes



Puceron

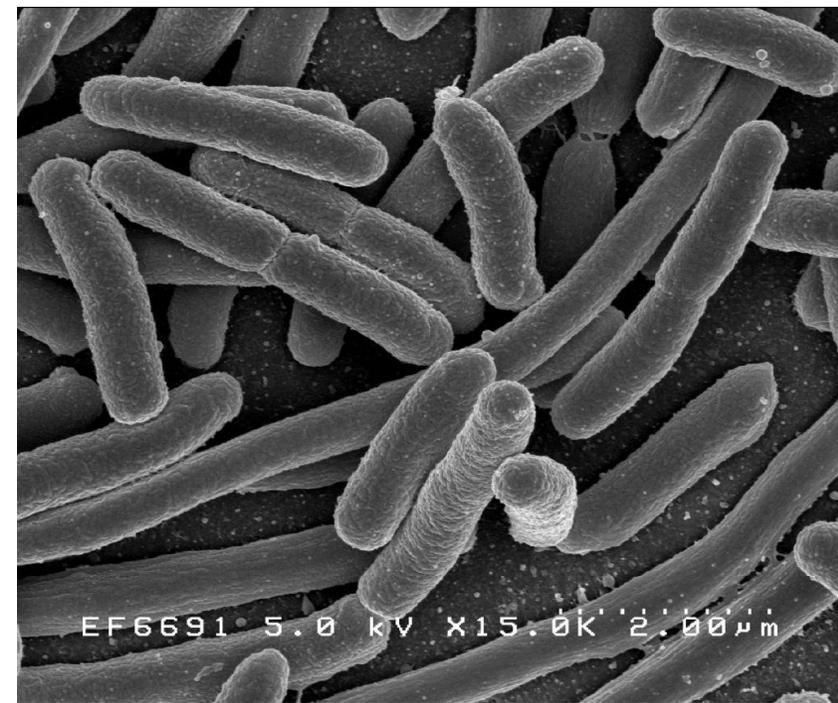
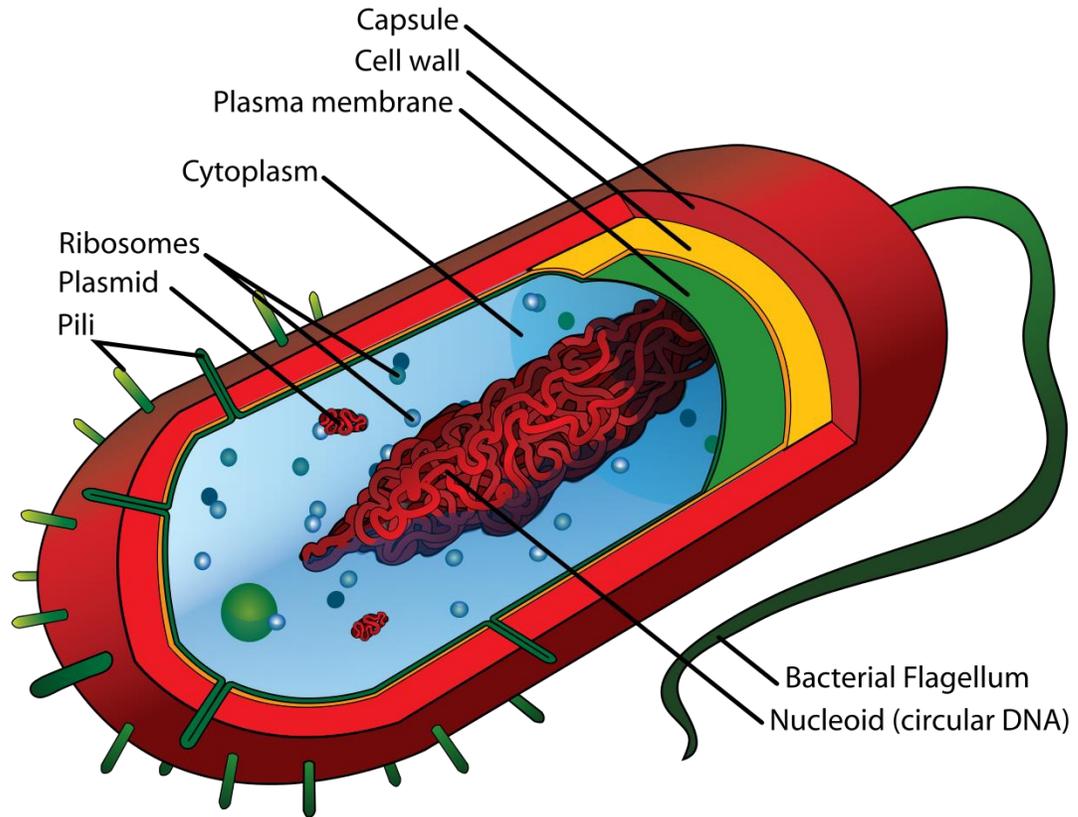


Thrips

# Qui causent les maladies des plantes ?

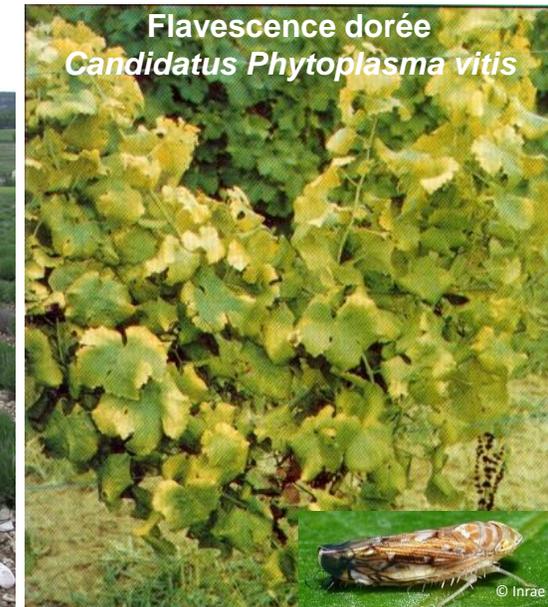
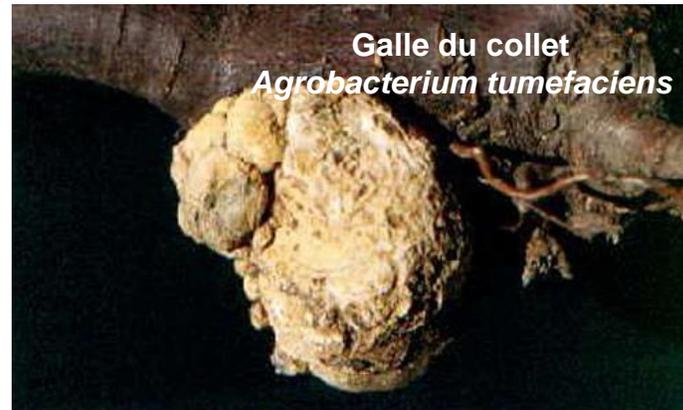
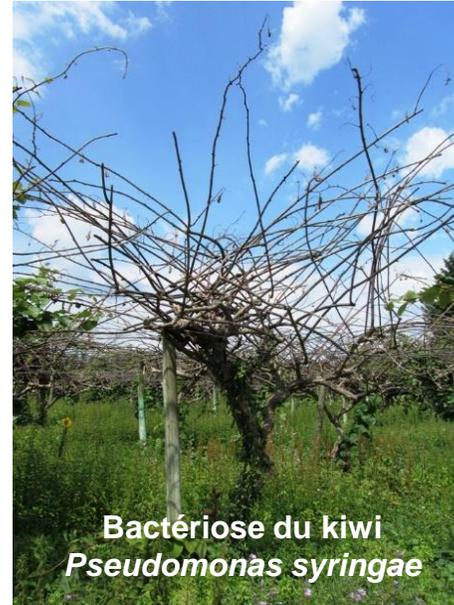
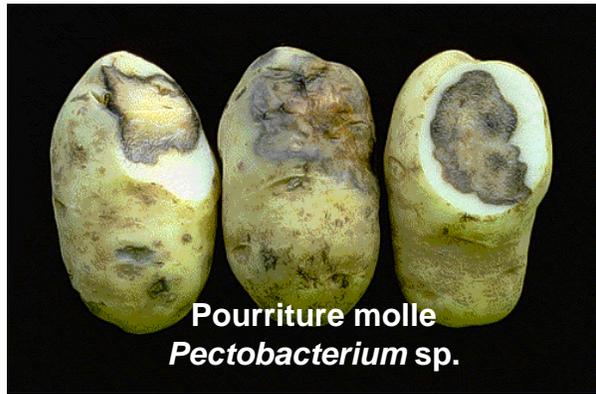
## Bactéries

Organismes **procaryotes** unicellulaires sans noyau



# Qui causent les maladies des plantes ?

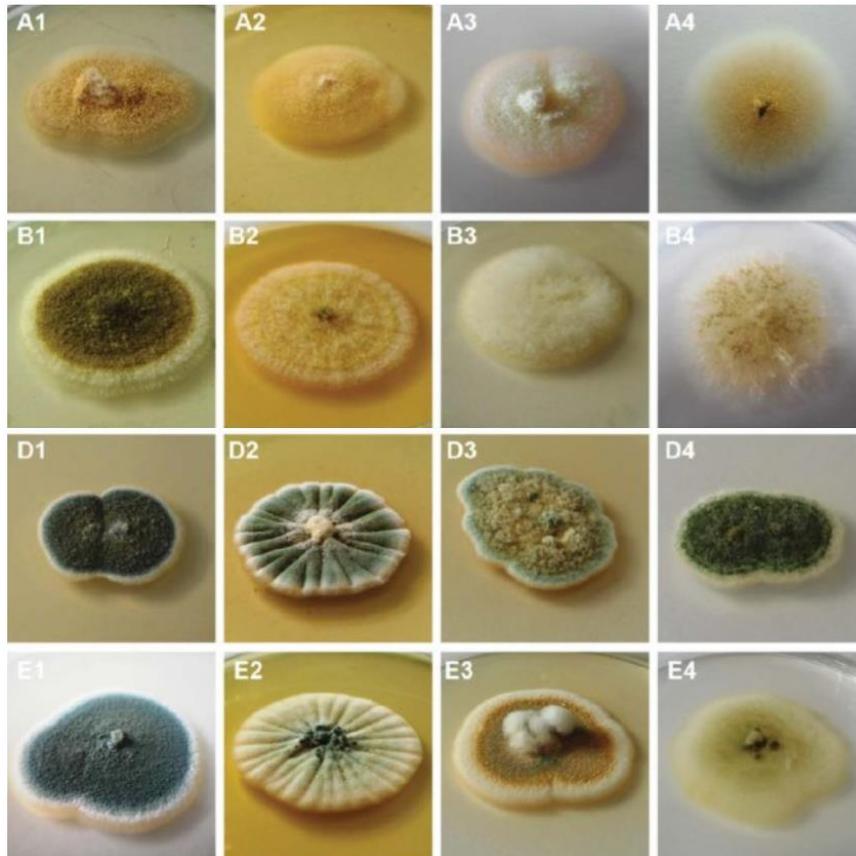
## Bactéries



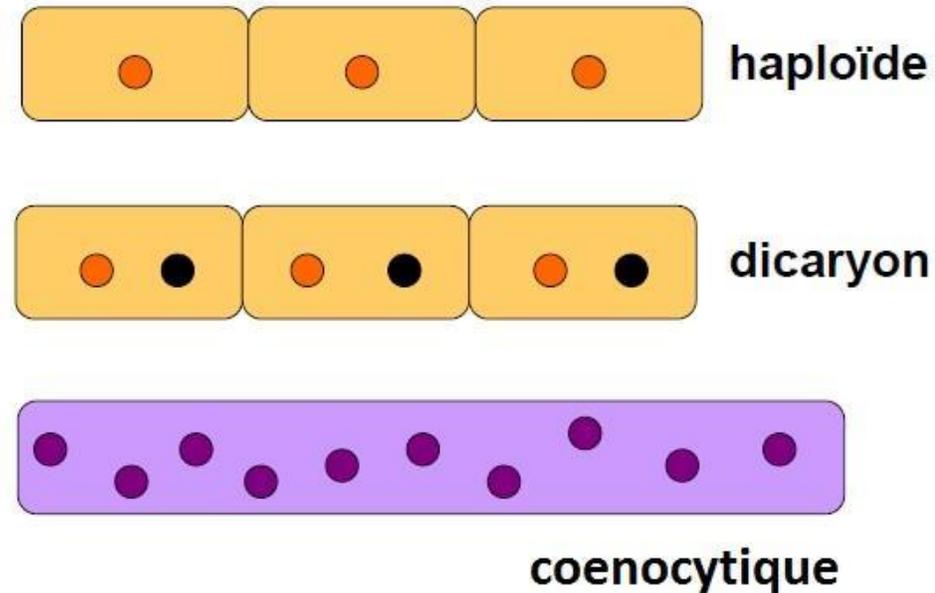
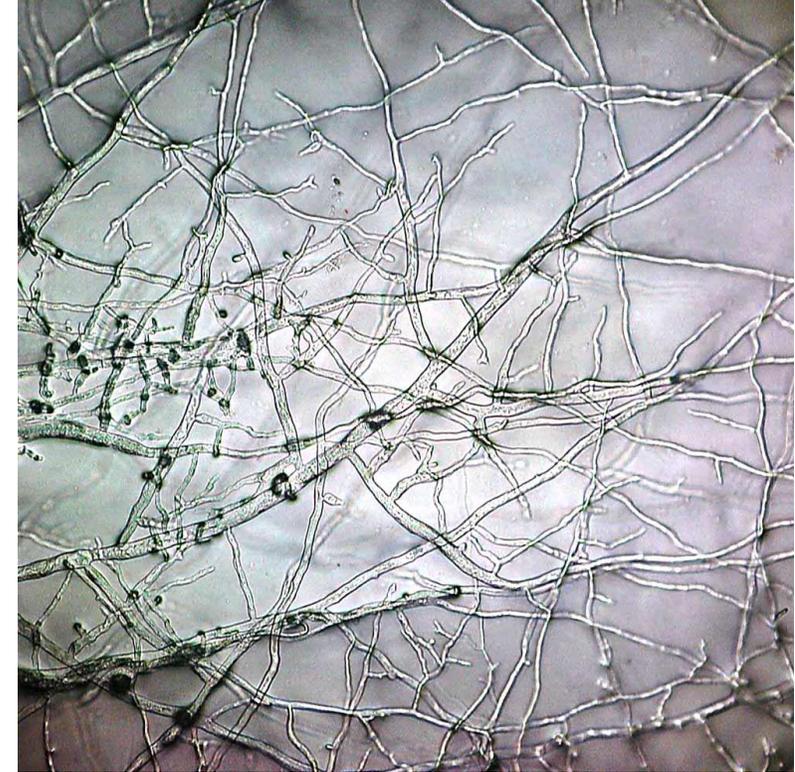
# Qui causent les maladies des plantes ?

## Eumycota (champignons 'vrais')

- Eucaryotes
- Généralement filamenteux, certains unicellulaires
- Hyphes mycéliens plus ou moins septés

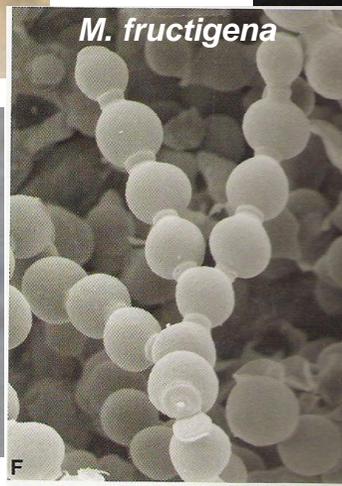
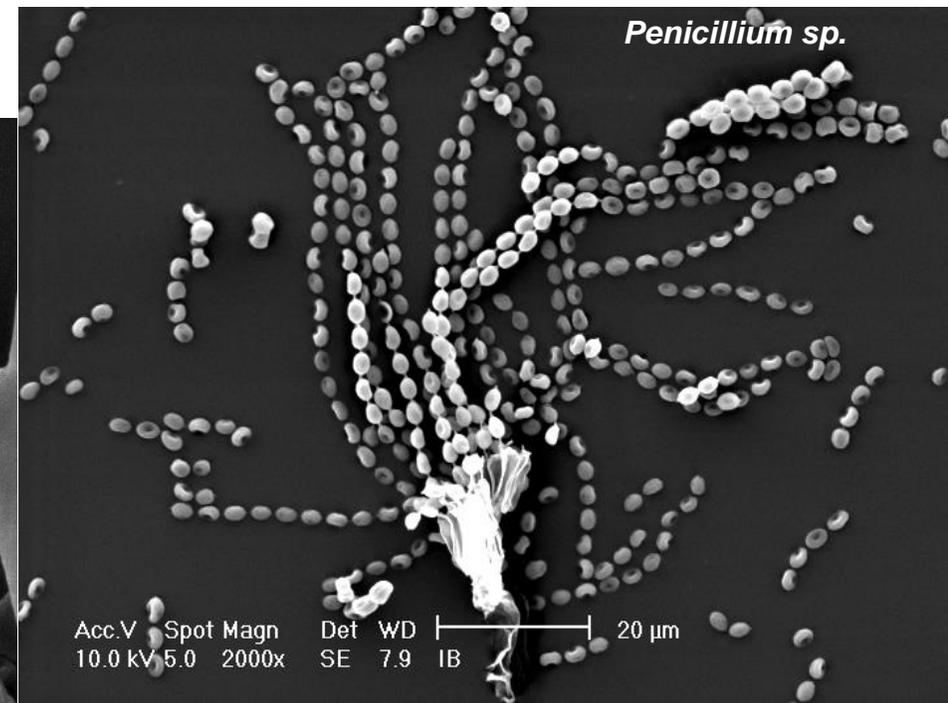
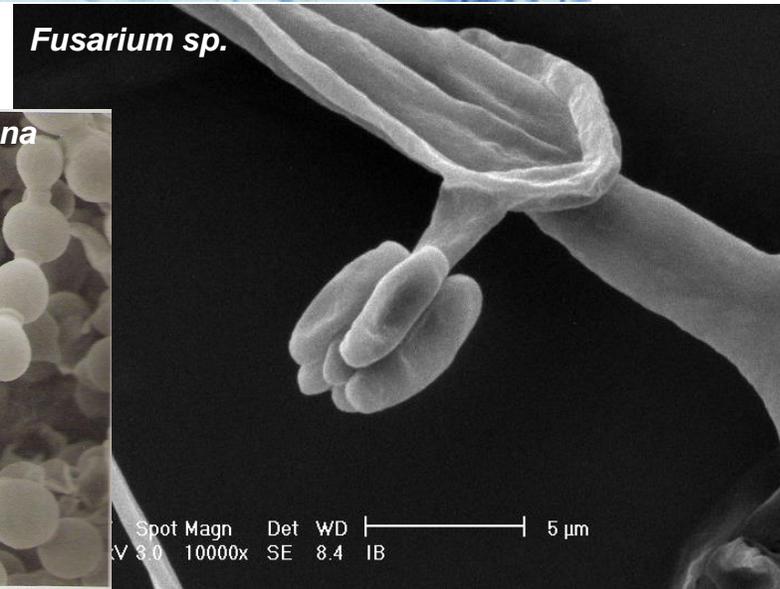
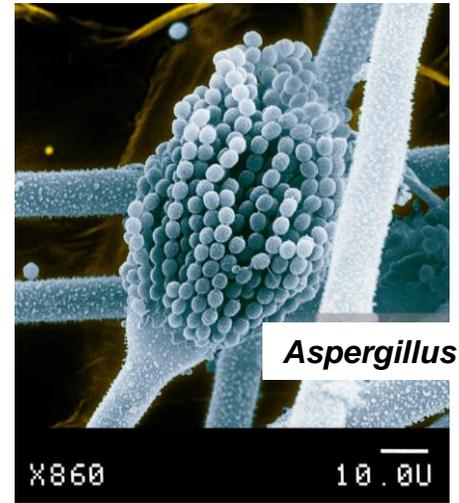


Ogorek, 2018. Geomicrob. J.



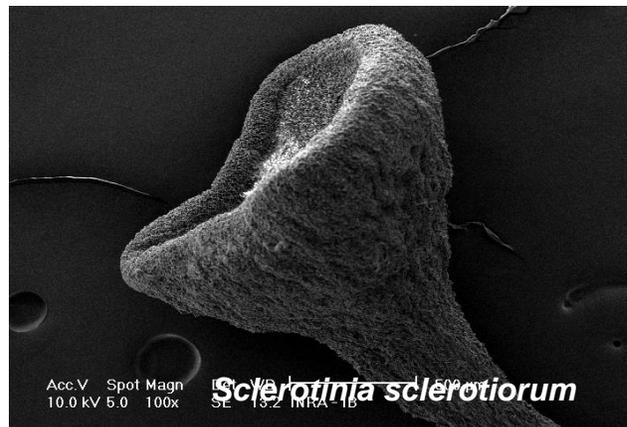
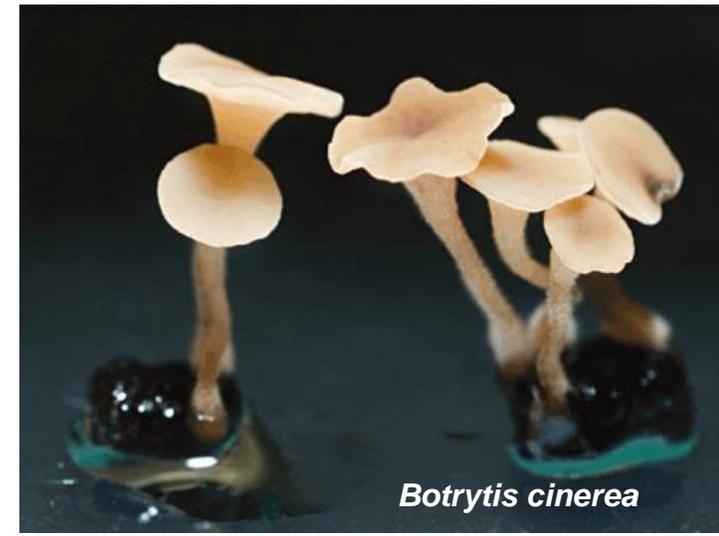
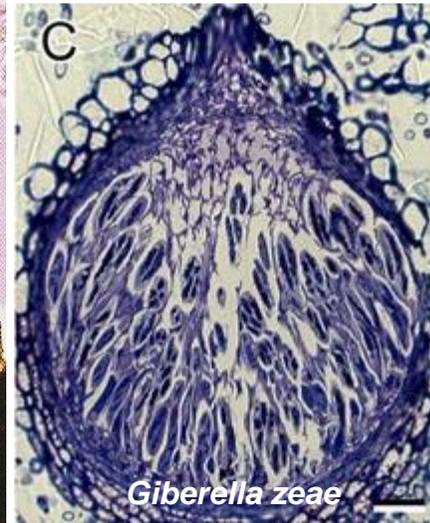
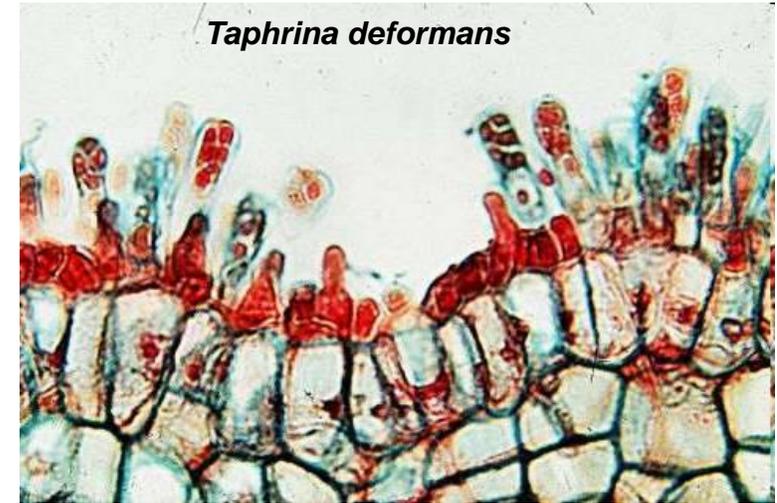
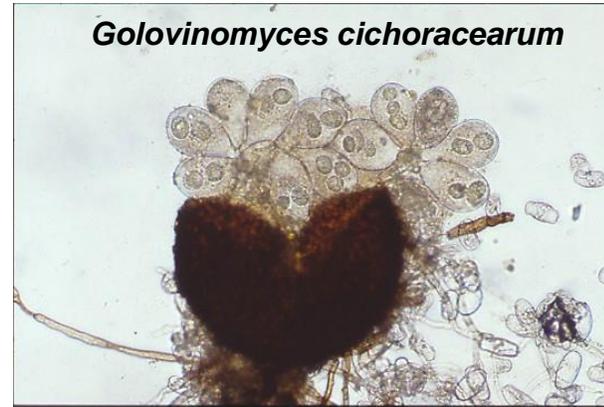
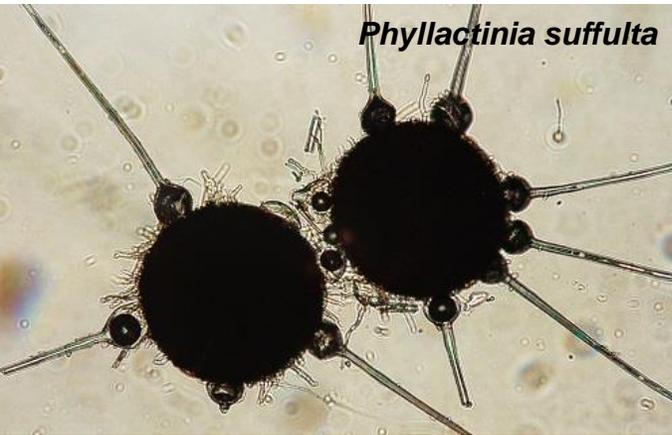
# Qui causent les maladies des plantes ?

## Eumycota



# Qui causent les maladies des plantes ?

## Eumycota



# Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota



Estelle Turc, PV Avignon

# Qui causent les maladies des plantes ?

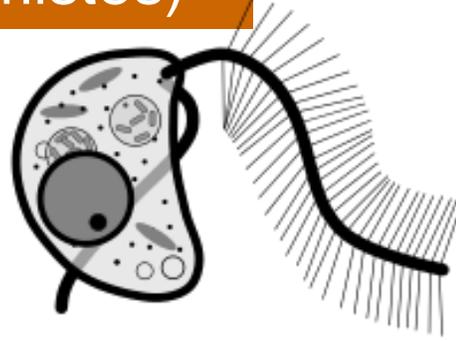
## Eumycota



# Qui causent les maladies des plantes ?

## Stramenopila (anciennement Chromistes)

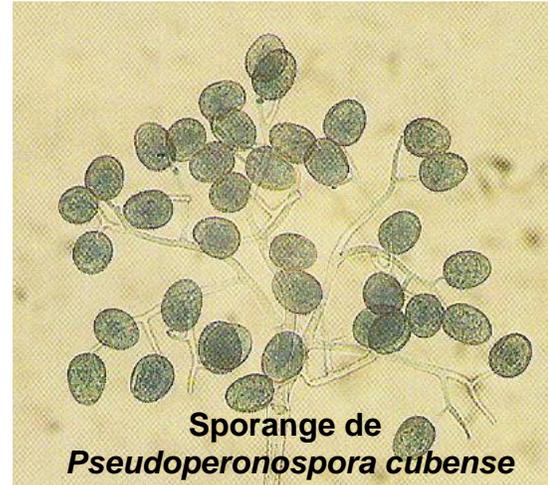
Groupe très hétérogène  
(diatomées, algues brunes, certains  
protozoaires, organismes de type fongique)



### Fungal-like

**Hyphochytriomycota**  
**Labyrinthulomycota**  
**Oomycota**

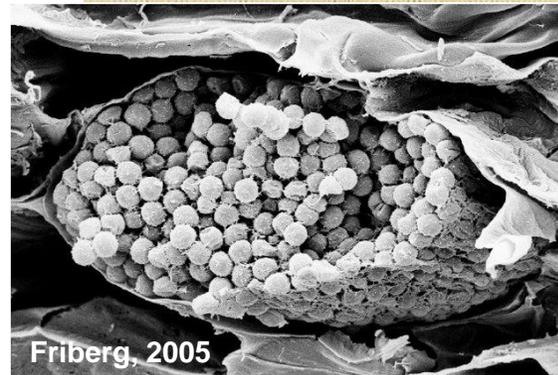
- Filamenteux
- Parois cellulaires avec cellulose
- Hyphes mycéliens non septés



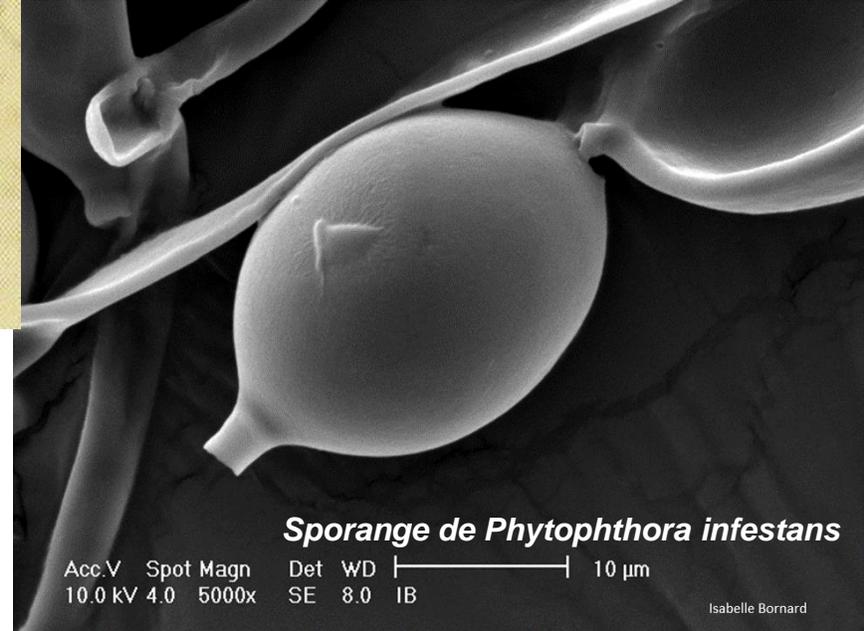
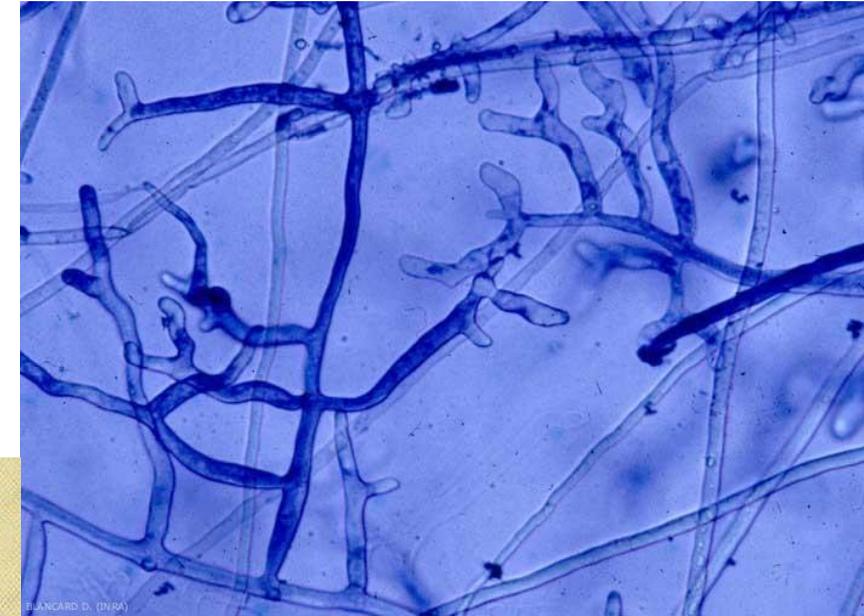
Sporange de  
*Pseudoperonospora cubense*

### Protistes (Cercozoa)

**Plasmodiophoraceae**



Friberg, 2005



Sporange de *Phytophthora infestans*

Acc.V Spot Magn Det WD |-----| 10 µm  
10.0 kV 4.0 5000x SE 8.0 IB

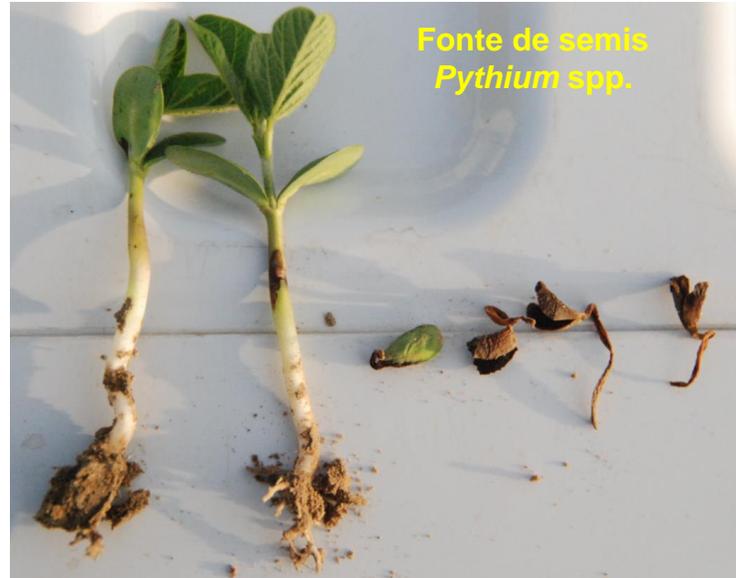
Isabelle Bornard

# Qui causent les maladies des plantes ?

## Stramenopila



Mildiou de la pomme de terre  
*Phytophthora infestans*



Fonte de semis  
*Pythium* spp.



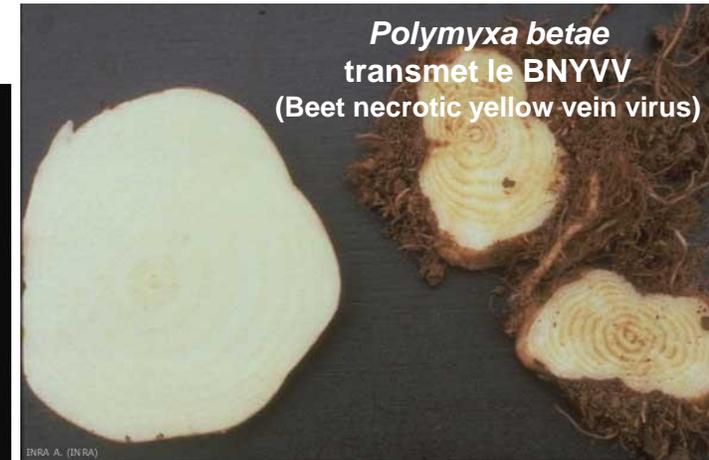
Mildiou de la laitue  
*Bremia lactucae*



Mildiou / vigne  
*Peronospora viticola*



Rouille blanche des crucifères  
*Albugo candida*



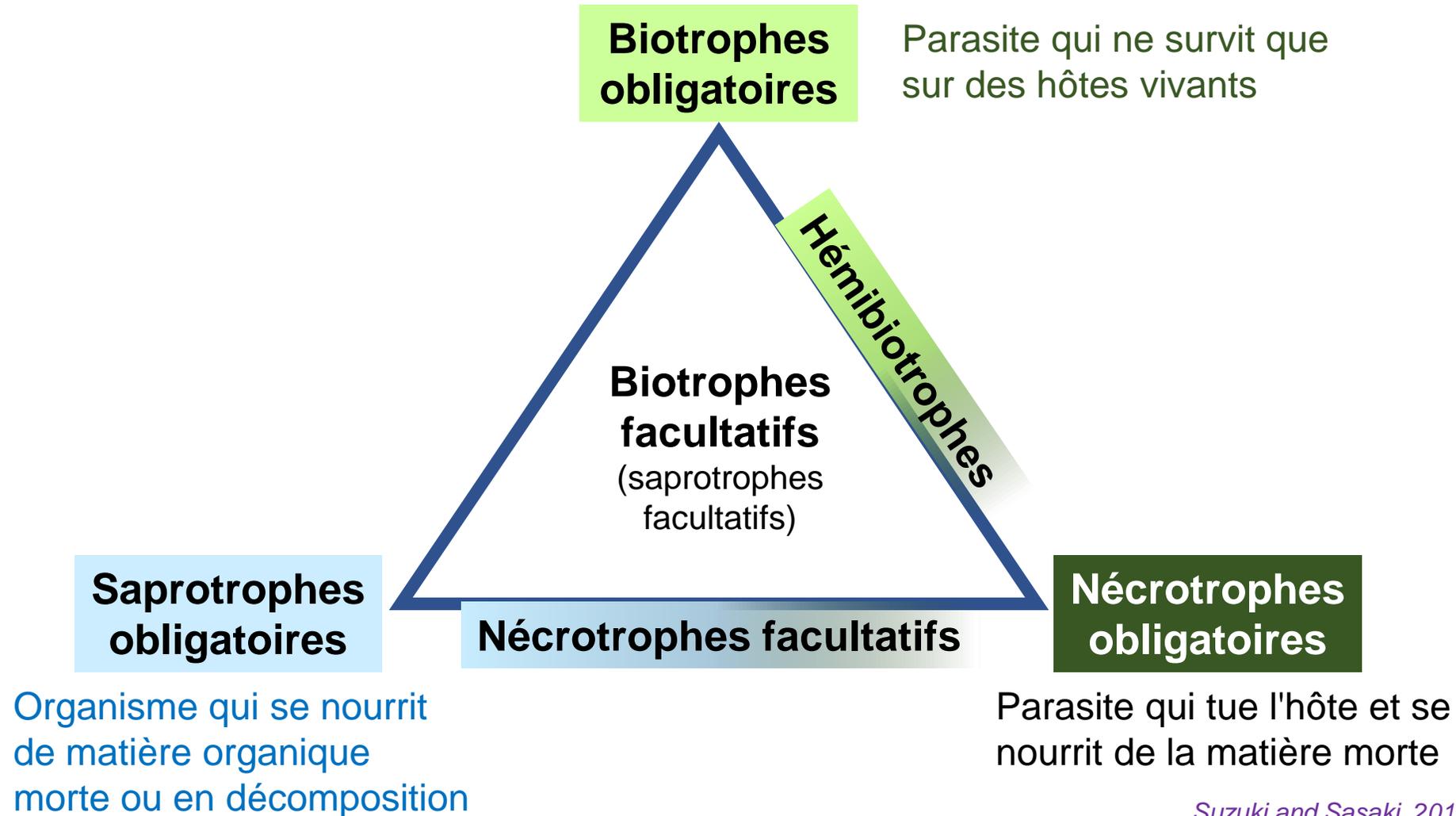
*Polymyxa betae*  
transmet le BNYVV  
(Beet necrotic yellow vein virus)



Hernie du chou  
*Plasmodiophora brassicae*

# Où vivent les agents pathogènes ?

- Hétérotrophes: utilisation de substances organiques
- Différents modes de vie selon l'organisme

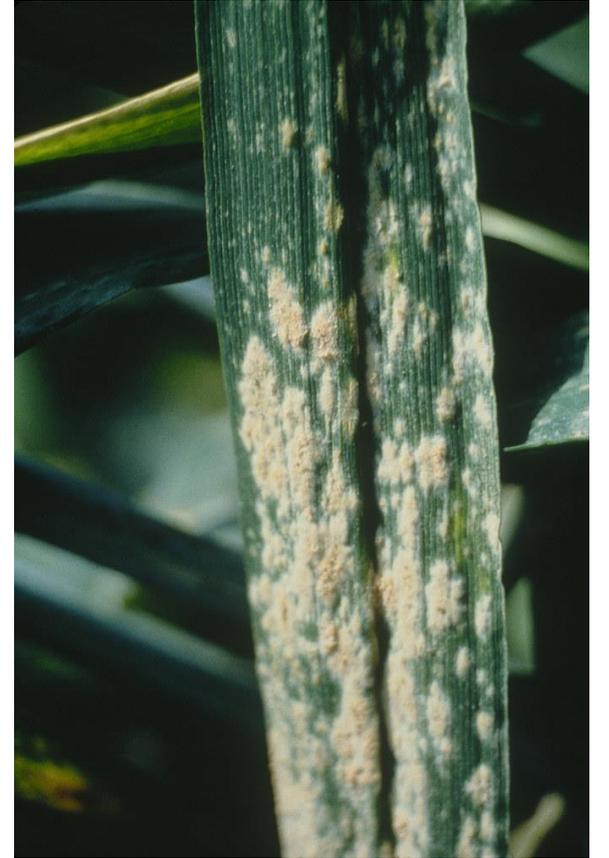
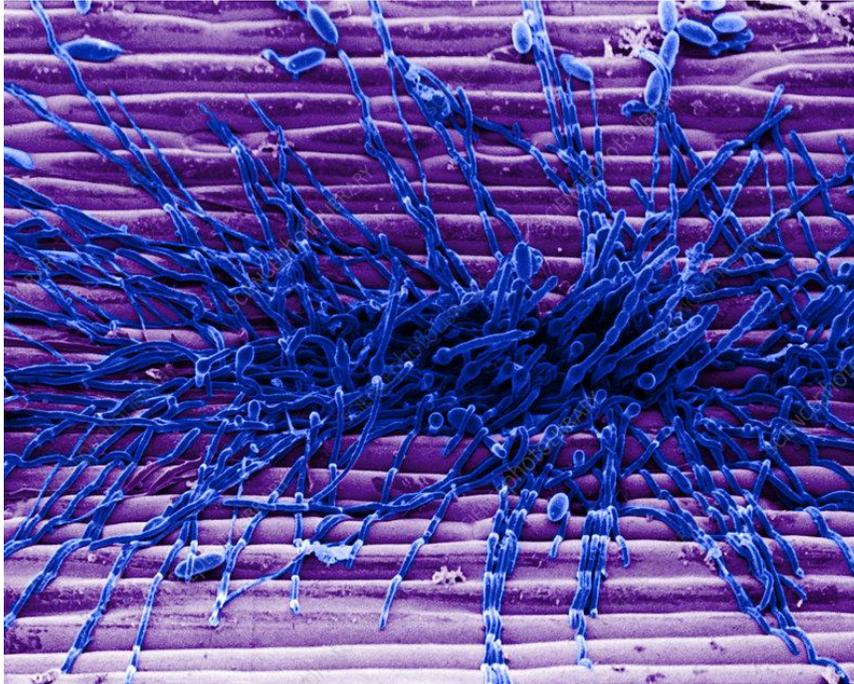
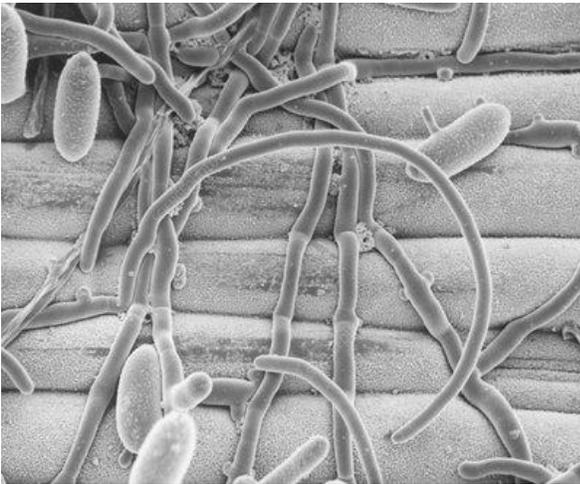


# Où vivent les agents pathogènes ?

Gamme d'hôte restreinte

Biotrophes  
obligatoires

Oïdium des graminées:  
*Blumeria graminis*



# Où vivent les agents pathogènes ?

Gamme d'hôte large

Nécrotrophes

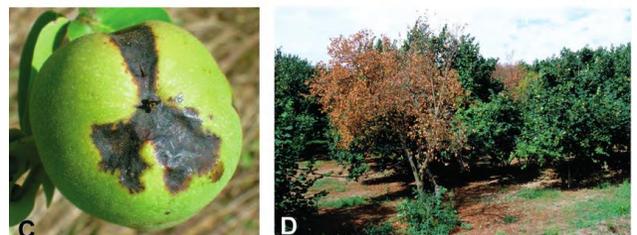
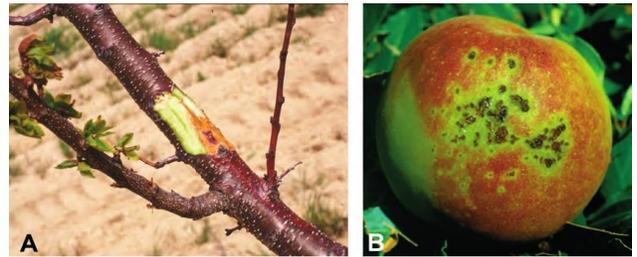
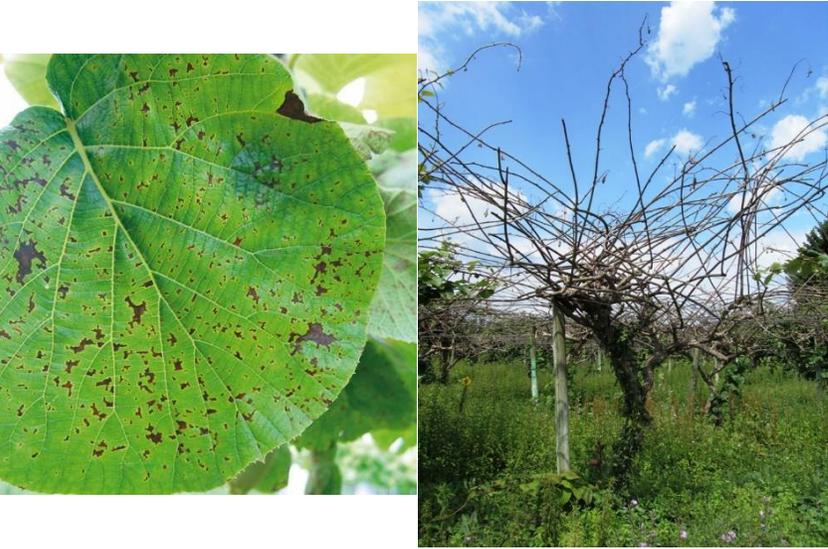
*Botrytis cinerea*



# Où vivent les agents pathogènes ?

**Gamme d'hôte large**

## *Pseudomonas syringae*



Test C-2013

	Spinach	Ranunculus	Plum Marina GF8-1	Kiwi plants	Hazelnut	Plum Myobolan plants	Cherry Pontaleb plants	Mustard	Poplar	Apricot Manicot plants	Cowpea	Clover	Soybean	Sorghum	Tomato	Melon	Peach Rubira plants	Peach Montclar plants	Sunflower	Favabeau	Gernanium
CFBP4219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFBP3205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PaV10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	ND	0	0	0	0	0	ND	0
CFBP3226	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFBP4217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
MAFF301020_PG03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
NCPBP2445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CFBP3225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
KG004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
MAFF302280_PT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
CFBP1754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
NCPBP3335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
NCPBP3489	0	0	0	0	1	0	0	0	0	ND	0	ND	0	0	ND	1	1	1	1	0	0
CFBP4060	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
CFBP6109	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
CFBP1702	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
IsPave037	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
1448A	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
PaVT28	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	ND	0	ND	1	0	ND	1	1	1	1	1
USA0007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
1_6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
CC1544	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
CSZ0350	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
MAFF302278	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
AF0015	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
KN10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NCPBP2585	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
B728a	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
0893_23	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
PseNe107	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
CFBP1657	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
KW30	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
PA459	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
ICMP18882	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
NCPBP4227	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
CFBP7286	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
BS002	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
41A	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

# Où vivent les agents pathogènes ?

Une vie (survie) possible en dehors du contexte agricole

*Botrytis cinerea*



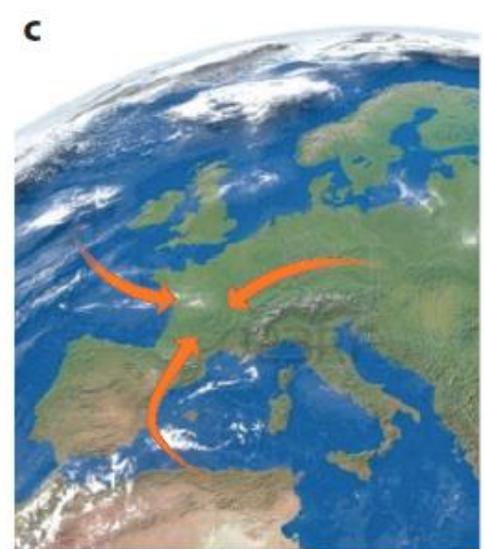
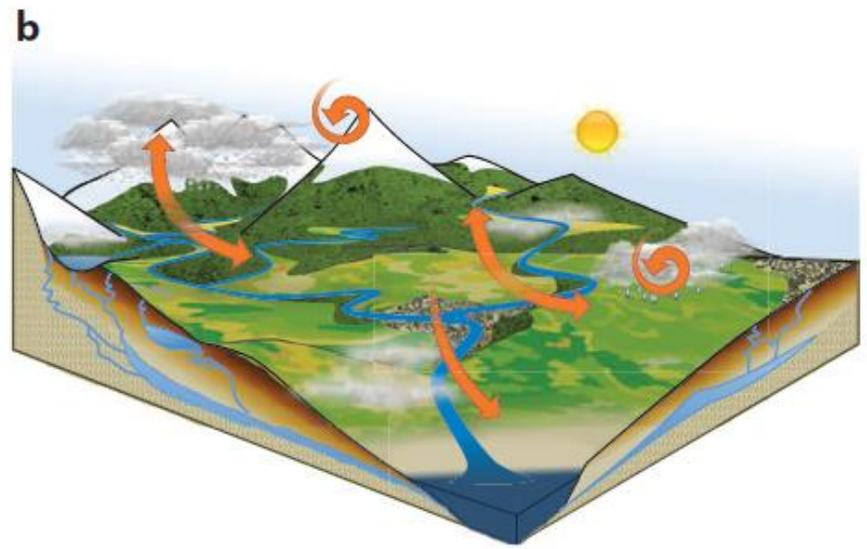
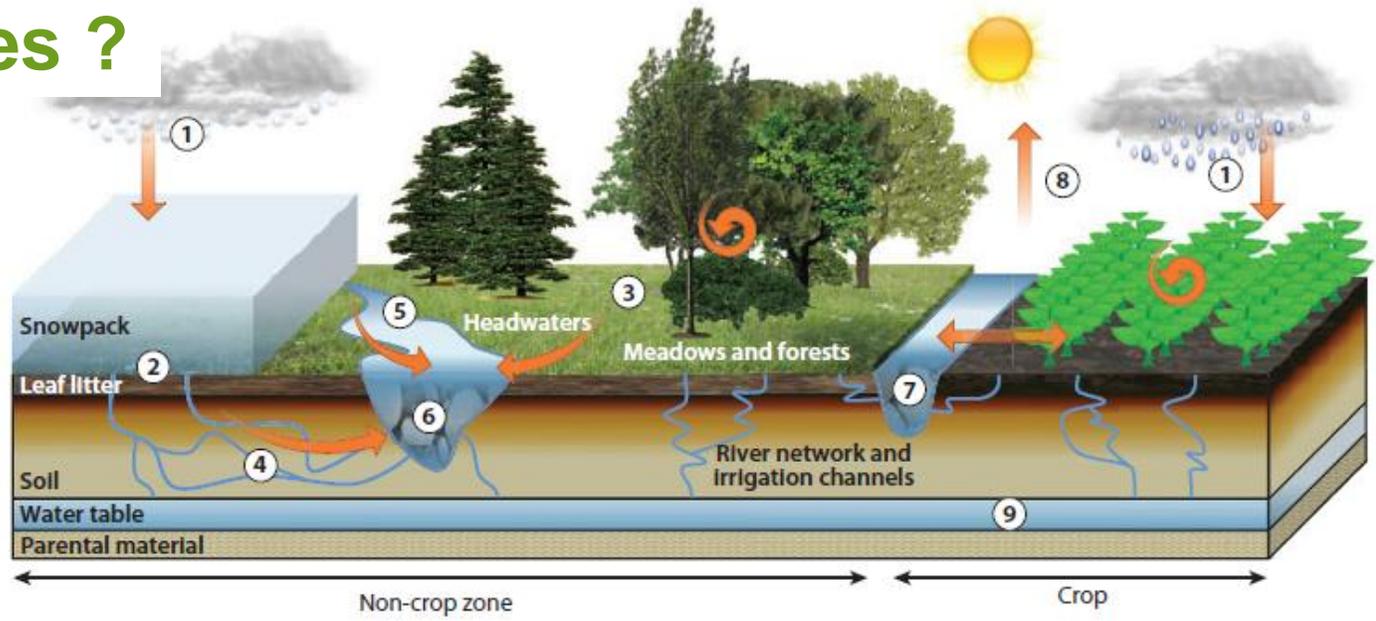
Saprotrophes



# Où vivent les agents pathogènes ?

Histoire de vie d'un agent pathogène à l'échelle du paysage

*Pseudomonas syringae*



- Snowpack
- Subsurface and ground waters
- Soil and parental material
- Non-crop zones
- Crops
- Sea
- Surface waters
- Cities

Morris et al, 2013. Ann. Rev. Phyto.

# Quelles sont les conséquences des maladies des plantes?

## Effet sur la production

### ✓ Grande famine d'Irlande (1845-1852)

- ~1 million de morts + émigration massive (~1,5 millions)
- mildiou de la pomme de terre

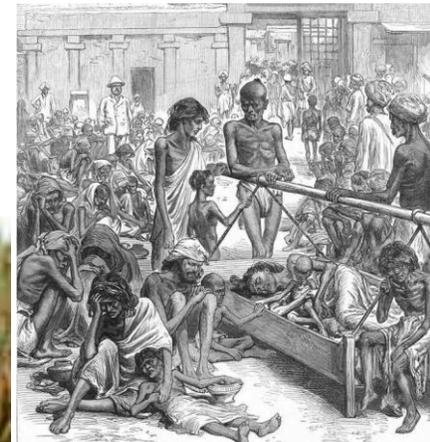
*Austin Bourke, P.M. 1964. Nature*



### ✓ Grande famine du Bengal (1942-43)

- ~2 millions de morts / famine
- helminthosporiose du riz  
(*Cochliobolus miyabeanus* syn. *Helminthosporium oryzae*)
- 40% - 90% perte de culture

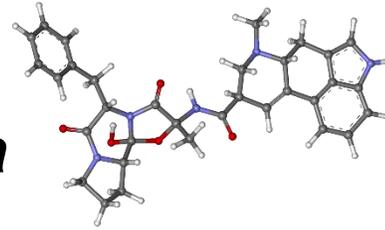
*Padmanabhan, 1973. Ann. Rev. Phyto.*



# Quelles sont les conséquences des maladies des plantes?

## Effet sur la qualité de la production

- ✓ **Empoisonnement par ergotamine**  
(mycotoxine alcaloïde hallucinogène)  
Ergot de seigle : ***Claviceps purpurea***



- **Des milliers de mort** depuis le moyen âge
- **"Chasse aux sorcières"** de Salem, USA (1692)
  - + 400 personnes accusées de sorcellerie
  - ~150 personnes emprisonnées (dont certaines exécutées)
- **Pont Saint Esprit (Gard), 1951**
  - 4500 habitants; 5-7 décès; ~300 malades



# Quelles sont les conséquences des maladies des plantes?

## Effet sur le paysage

### ✓ Graphiose de l'orme (Dutch elm disease)

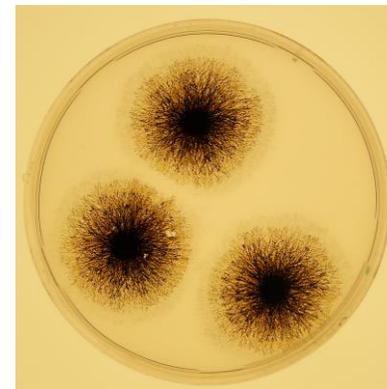
années 1950: disparition des ormes aux Etats-Unis

*Ophiostoma ulmi*

### ✓ Chancre coloré du platane

Depuis 1945: disparition des platanes en France

*40 000 platanes à risques  
le long du canal du midi*



*Ceratocystis platani*

# Quelles sont les conséquences des maladies des plantes?

Effet sur la production

+ paysage

## Histoire

### Les oliviers des Pouilles victimes de la Xylella et du scepticisme anti-sciences

Dans le Sud-Est italien, le vaste plan de destruction des arbres infectés a été arrêté et la justice locale, pressée par une partie des habitants, a mis en examen neuf chercheurs suspectés d'avoir introduit la bactérie.

par [Eric Jozsef](#), Envoyé spécial dans les Pouilles

publié le 19 janvier 2016 à 18h31

[https://www.liberation.fr/planete/2016/01/19/les-oliviers-des-pouilles-victimes-de-la-xylella-et-du-scepticisme-anti-sciences\\_1427536/](https://www.liberation.fr/planete/2016/01/19/les-oliviers-des-pouilles-victimes-de-la-xylella-et-du-scepticisme-anti-sciences_1427536/)



#### Italie : la bactérie Xylella fastidiosa menace la récolte d'olives et décime les arbres

Publié le 29/10/2019 16:47 Mis à jour le 29/10/2019 16:57

Durée de la vidéo : 3 min.



[https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/italie-la-bacterie-xylella-fastidiosa-menace-la-recolte-d-olives-et-decime-les-arbres\\_3680379.html](https://www.francetvinfo.fr/economie/emploi/metiers/agriculture/italie-la-bacterie-xylella-fastidiosa-menace-la-recolte-d-olives-et-decime-les-arbres_3680379.html)



<https://www.alternatives-economiques.fr/italie-salento-meurt-oliviers/00100549>



## PLANÈTEBIODIVERSITÉ

### Dans le sud de la France, la traque de la bactérie « Xylella fastidiosa », tueuse d'oliviers

La découverte à Antibes et à Menton de la souche « pauca » qui a fait des ravages dans les oliveraies italiennes inquiète les autorités.

Par Rémi Barroux(Menton, Nice, envoyé spécial) -

Publié le 17 octobre 2019 à 05h31 - Mis à jour le 17 octobre 2019 à 11h30 - Lecture 6 min.

[https://www.lemonde.fr/planete/article/2019/10/17/dans-le-sud-de-la-france-la-traque-de-la-bacterie-xylella-fastidiosa-tueuse-d-oliviers\\_6015806\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2019/10/17/dans-le-sud-de-la-france-la-traque-de-la-bacterie-xylella-fastidiosa-tueuse-d-oliviers_6015806_3244.html)

# Quelles sont les conséquences des maladies des plantes?

## Pertes de rendement au niveau mondial

Culture	Perte rendement (%)
Blé	10,1 - 28,1 %
Riz	24,6 - 40,9 %
Maïs	19,5 - 41,1 %
Pomme de terre	8,1 - 21,0 %
Soja	11,0 - 32,4 %

## Répartition inégale sur la planète

Pertes les plus importantes associées aux **régions à déficit alimentaire + populations à forte croissance + maladies et ravageurs émergents ou réémergents**

# Quelles méthodes pour protéger les plantes contre les maladies ?



# Quelles méthodes pour protéger les plantes contre les maladies ?

## Favoriser les mesures prophylactiques

- Epidémiologie-surveillance
- Quantification automatisée de l'inoculum et du climat

=> Modèles de prévision des risques /  
Systèmes d'aide à la décision



## Adapter les pratiques culturales

- Éviter la monoculture: rotation des cultures
- Adapter la fertilisation, l'apport en eau
- ...
- Gestion du paysage / "plantes de service"



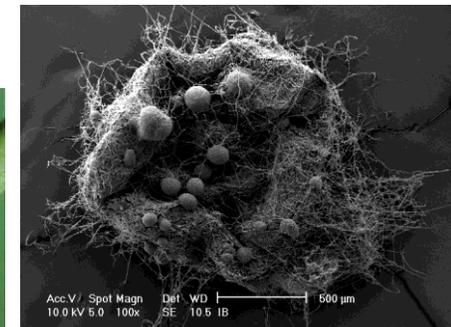
## Déployer des variétés résistantes

(aux agents pathogènes, aux ravageurs, au stress abiotique)



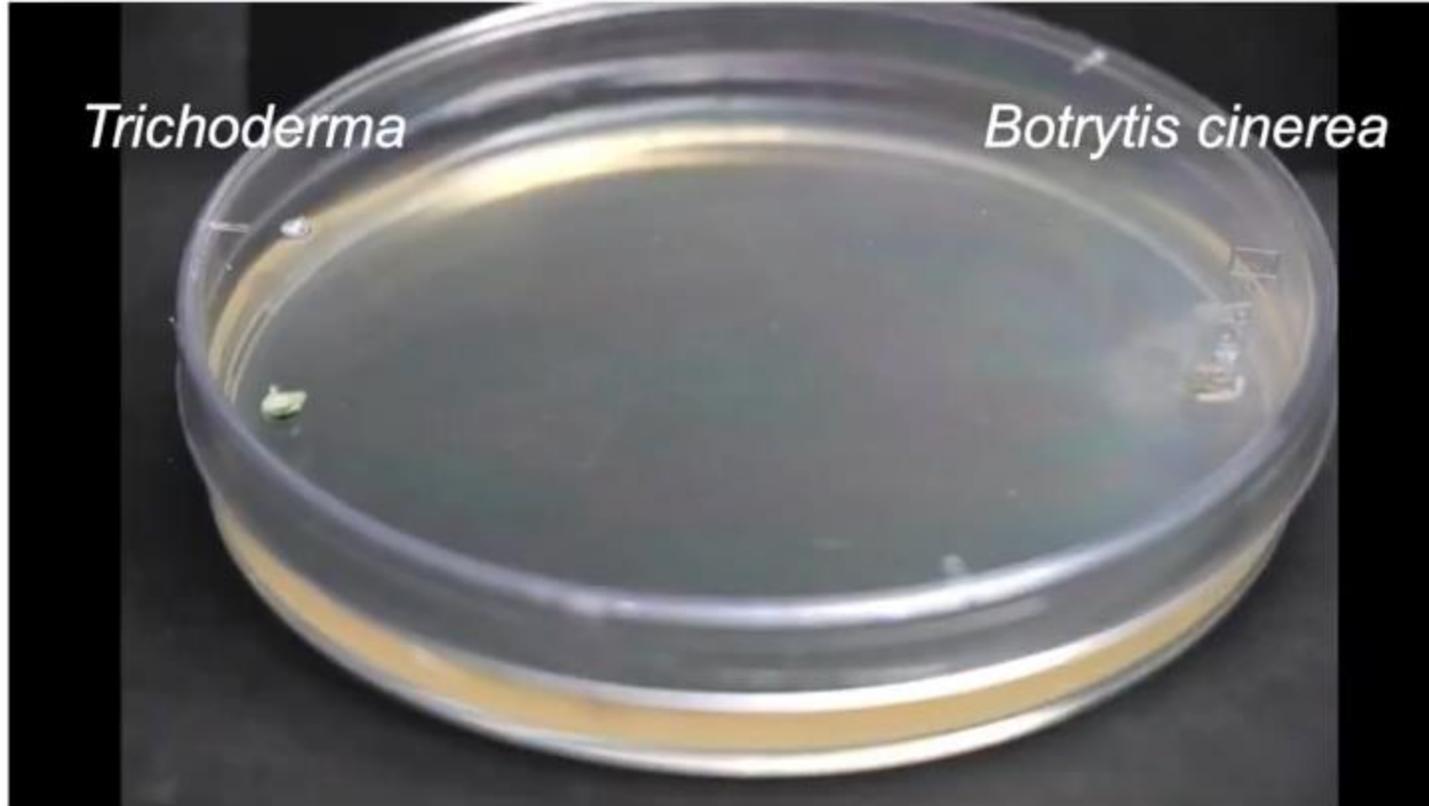
## Développer/optimiser des méthodes de substitutions

- Biocontrôle



# Quelles méthodes pour protéger les plantes contre les maladies ?

Utilisation du pouvoir antagoniste de certains microorganismes



[https://youtu.be/8XRjcX\\_Aghc?t=385](https://youtu.be/8XRjcX_Aghc?t=385)

# Quelle stratégie pour limiter l'utilisation de pesticides ?

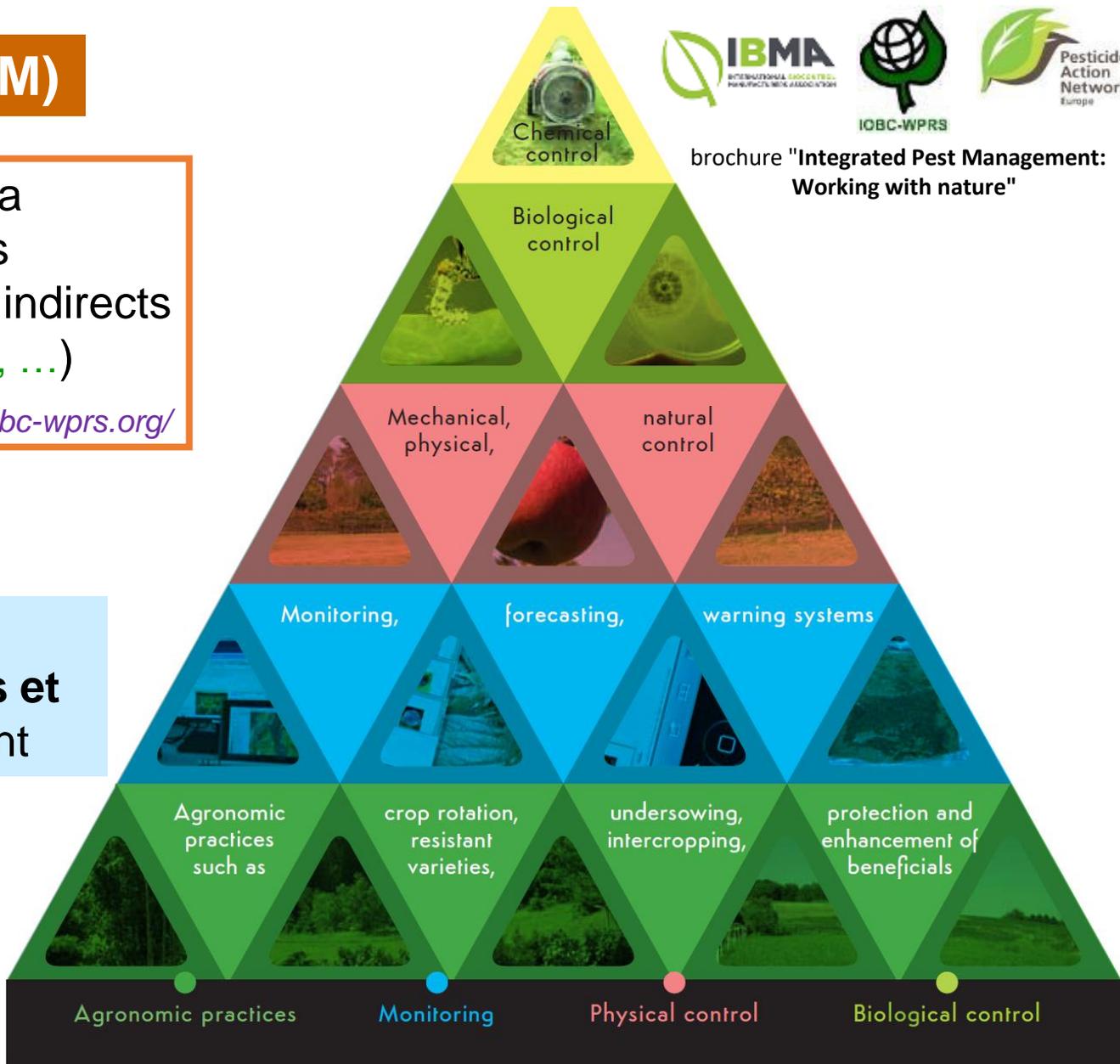
## Protection intégrée des cultures (IPM)

**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, ...**)

IOBC-WPRS1973

<http://www.iobc-wprs.org/>

→ processus en **constante amélioration** dans lequel des **solutions innovantes** sont **intégrées et adaptées localement** à mesure qu'elles émergent



<http://www.ibma-global.org/en/ipm-exhibition>

**Remerciements particuliers à Eric, Jonathan, Philippe & Cindy**

**Et aux étudiants du M1 IMAS**

**Merci**

**BEYOND**

