



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 ?



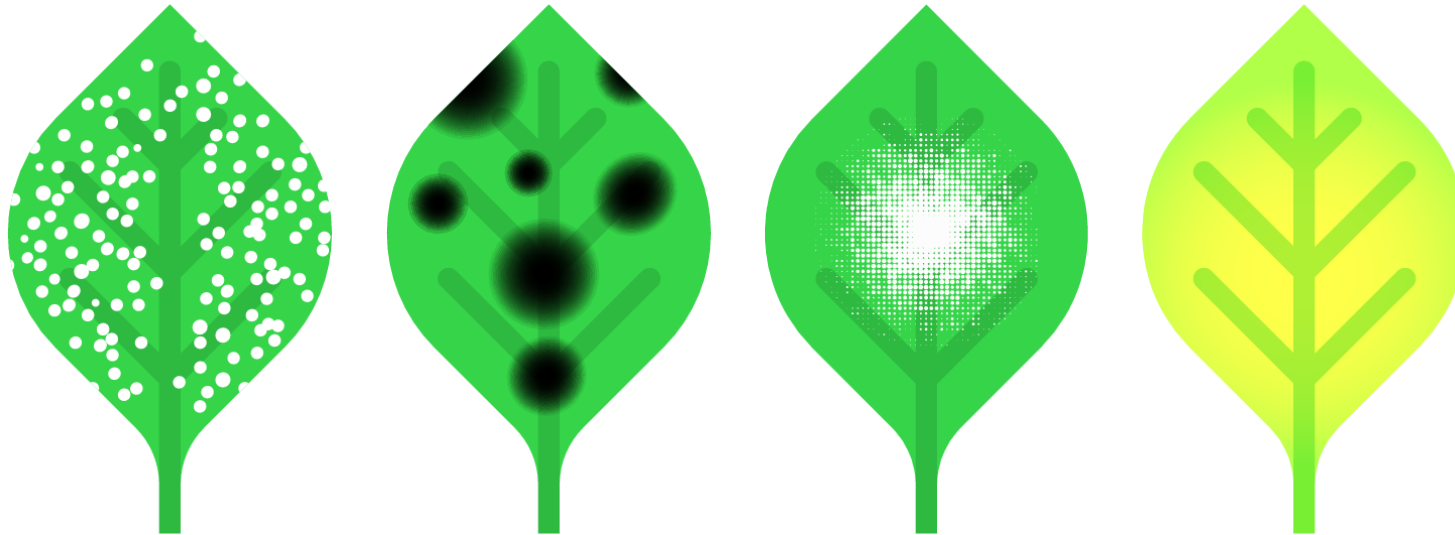
- **Altération** (nuisible) de l'état physiologique normal d'une plante
- L'altération s'aggrave dans le temps

→ 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?

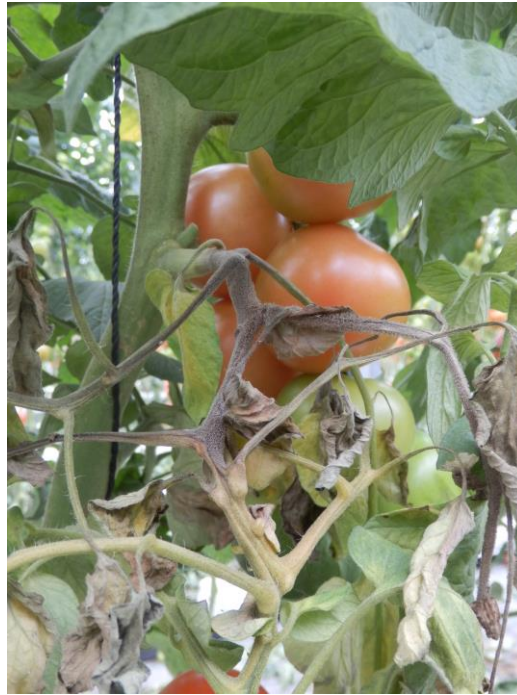
Observer les plantes malades



Symptômes sur différents organes



Botrytis cinerea
/ tomate



Copyright D. Blancard (INRA)

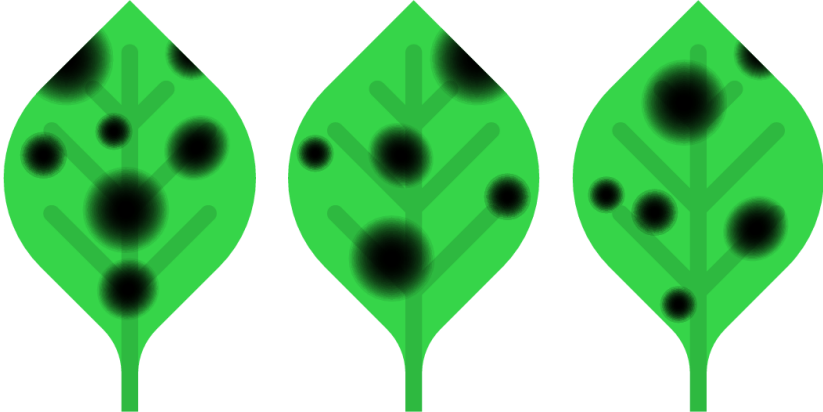
Copyright D. Blancard (INRA)

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



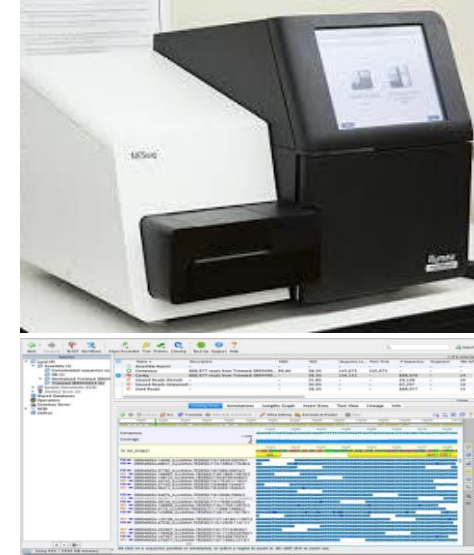
jusqu'aux années '70
critères biologiques,
morphologiques,
biochimiques...



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



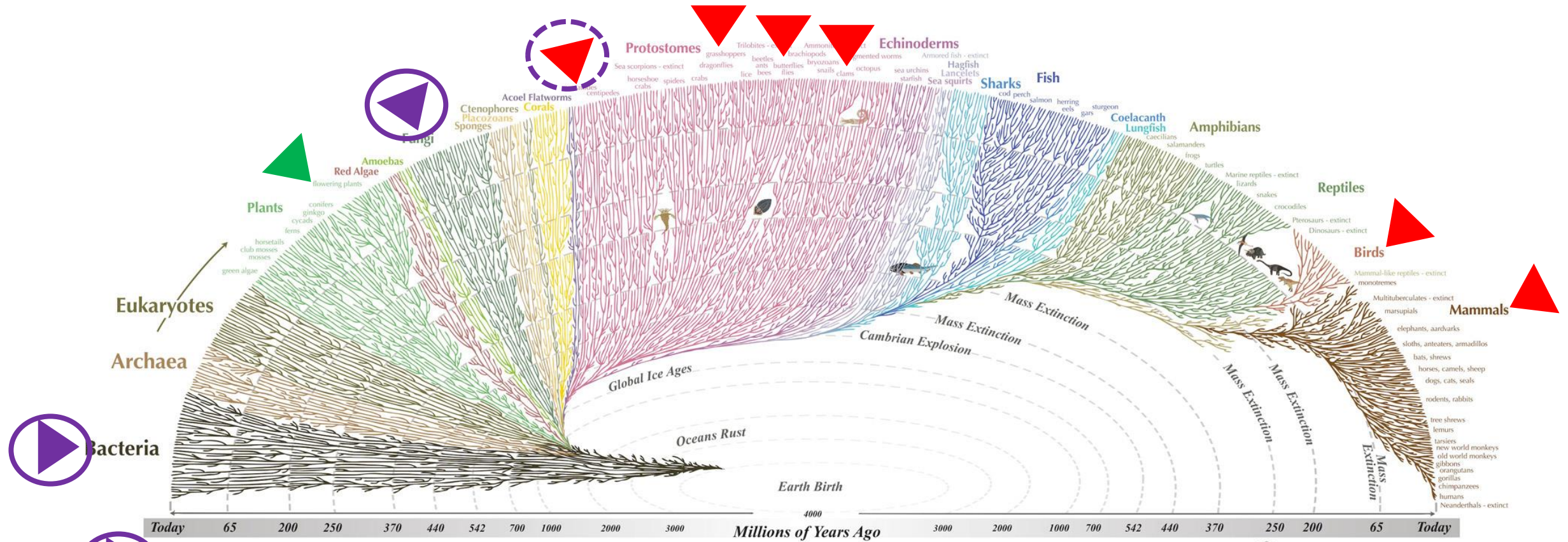
Qui causent les maladies des plantes ?

Maladies infectieuses

Microorganismes

Animaux (ravageurs, vecteurs)

Plantes parasites



Virus & viroïdes

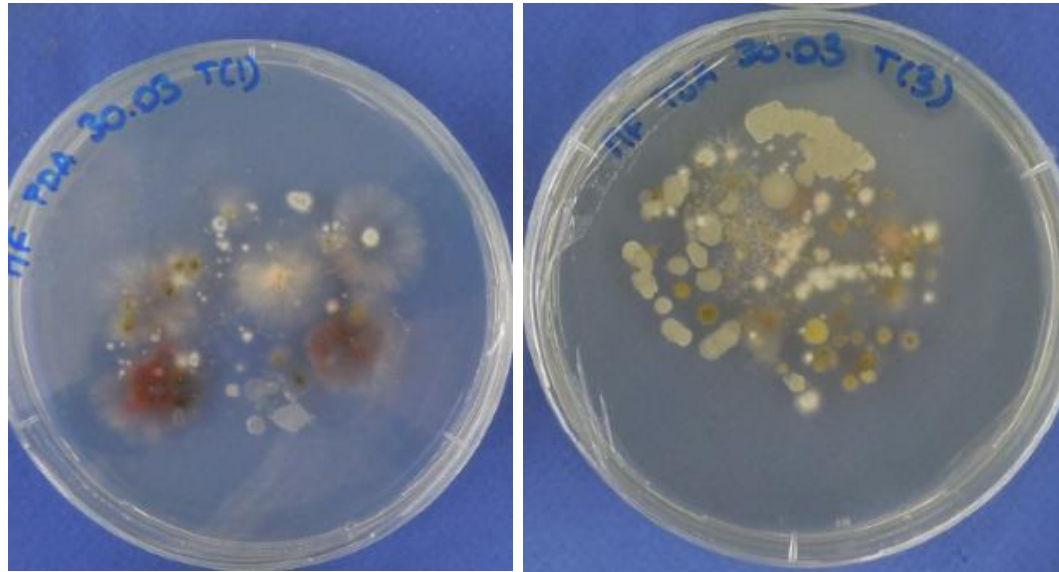
All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct



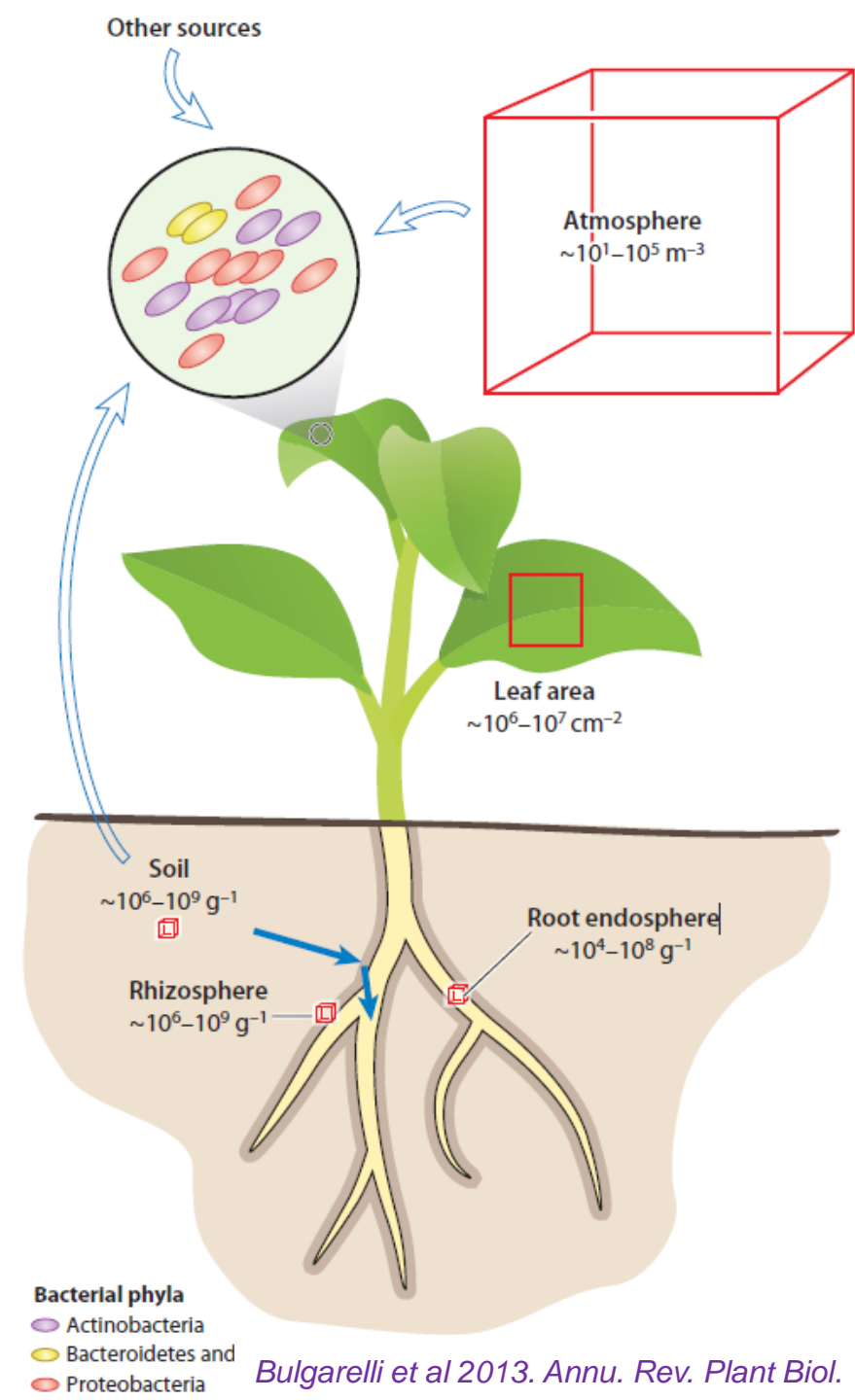
Les microorganismes associés aux plantes occasionnent-ils toujours une maladie?

Microflore d'une plante saine

Empreintes de folioles de fraisiers 'sains'



Forges et al, 2018. IOBC Bulletin

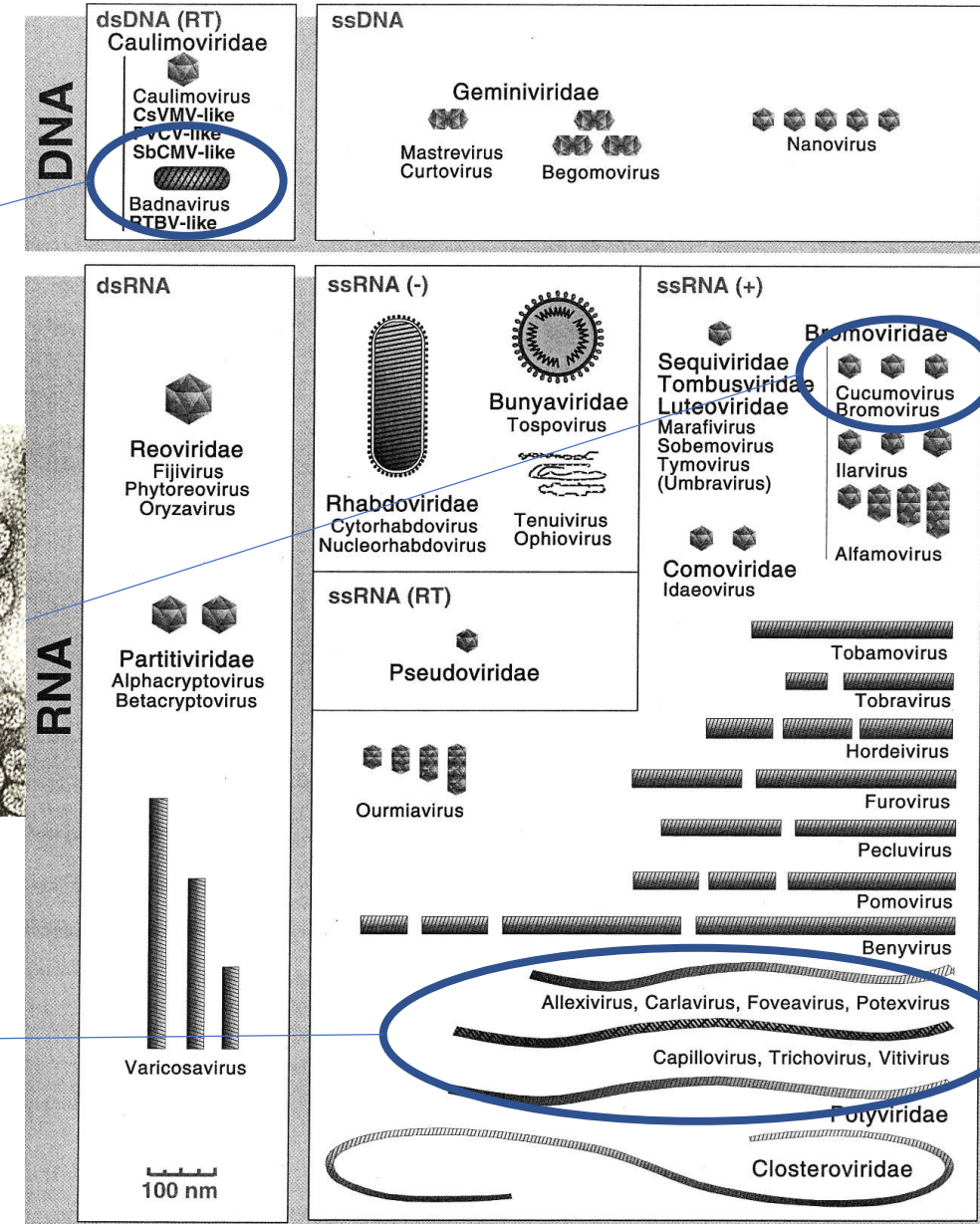
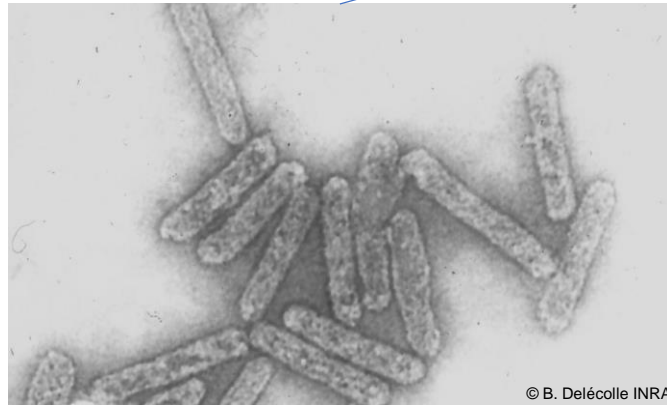


# espèces sur terre	Prédites <i>Mora et al, 2011. PLoS Biol.</i>	Phytopathogènes <i>Agrios, 2005</i>
Champignons	615 000	10 000
Bactéries	10 000	200

Qui cause les maladies des plantes ?

Virus et viroïdes

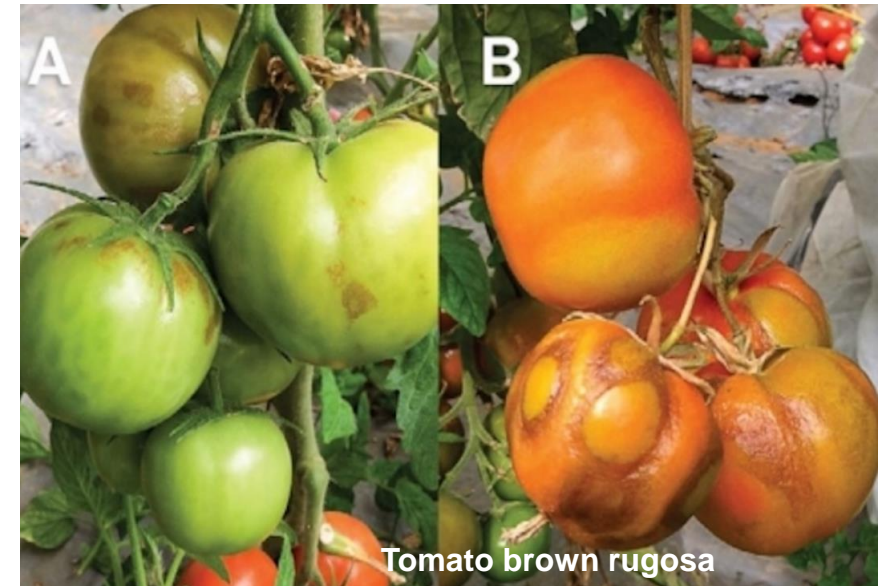
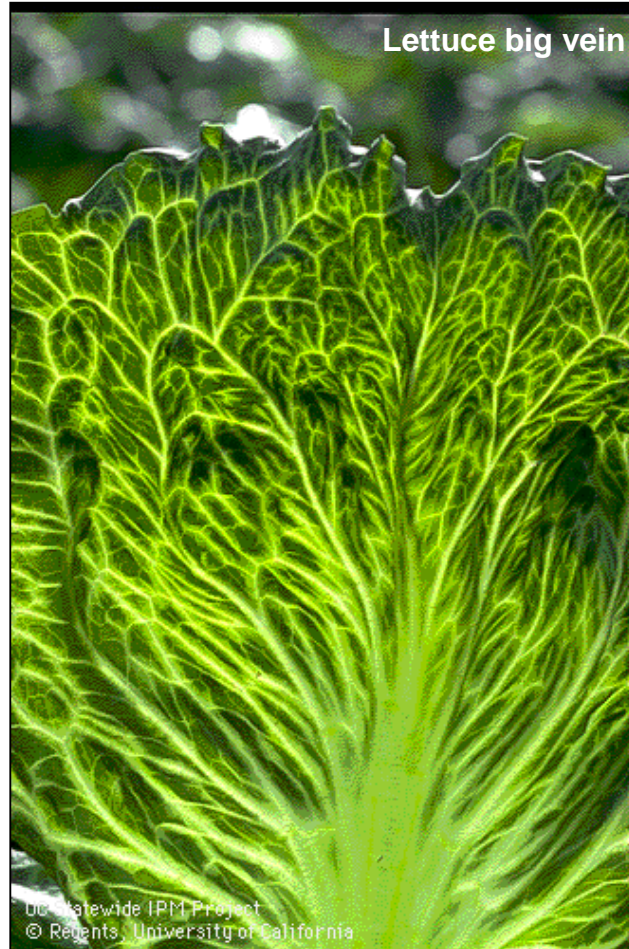
- **Virus:** particule infectieuse composée d'acide nucléique et de protéine
- **Viroïde:** particule infectieuse composée d'ARN infectieux (pas de protéine)



100 nm

Qui causent les maladies des plantes ?

Virus et viroïdes

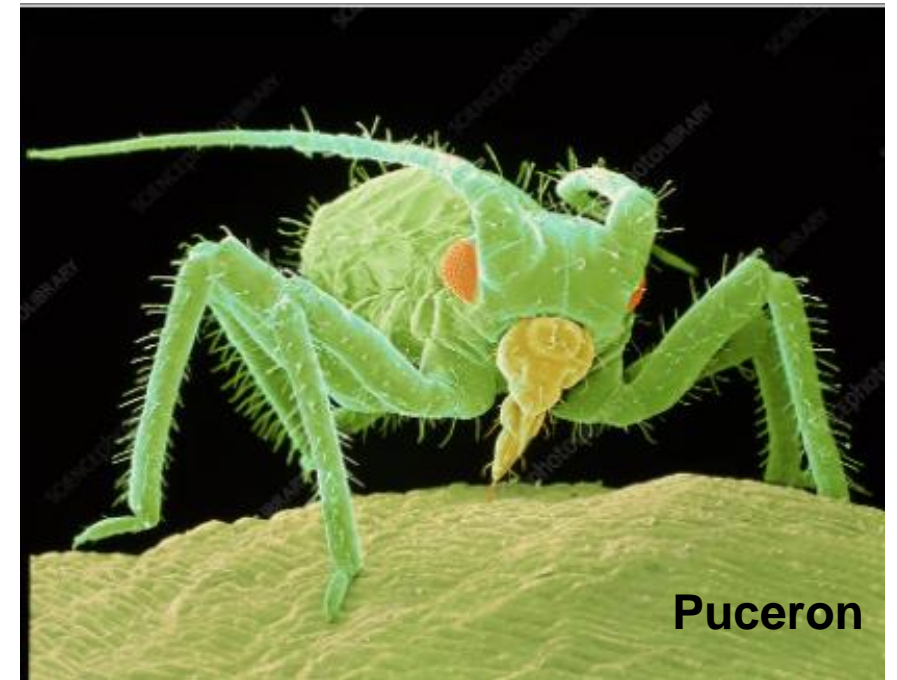


Qui causent les maladies des plantes ?

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

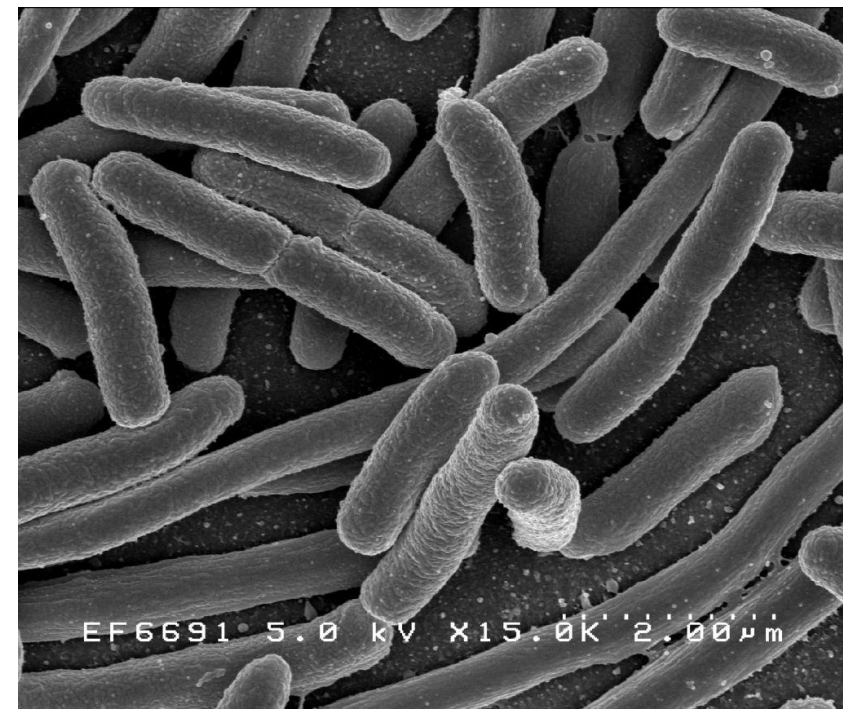
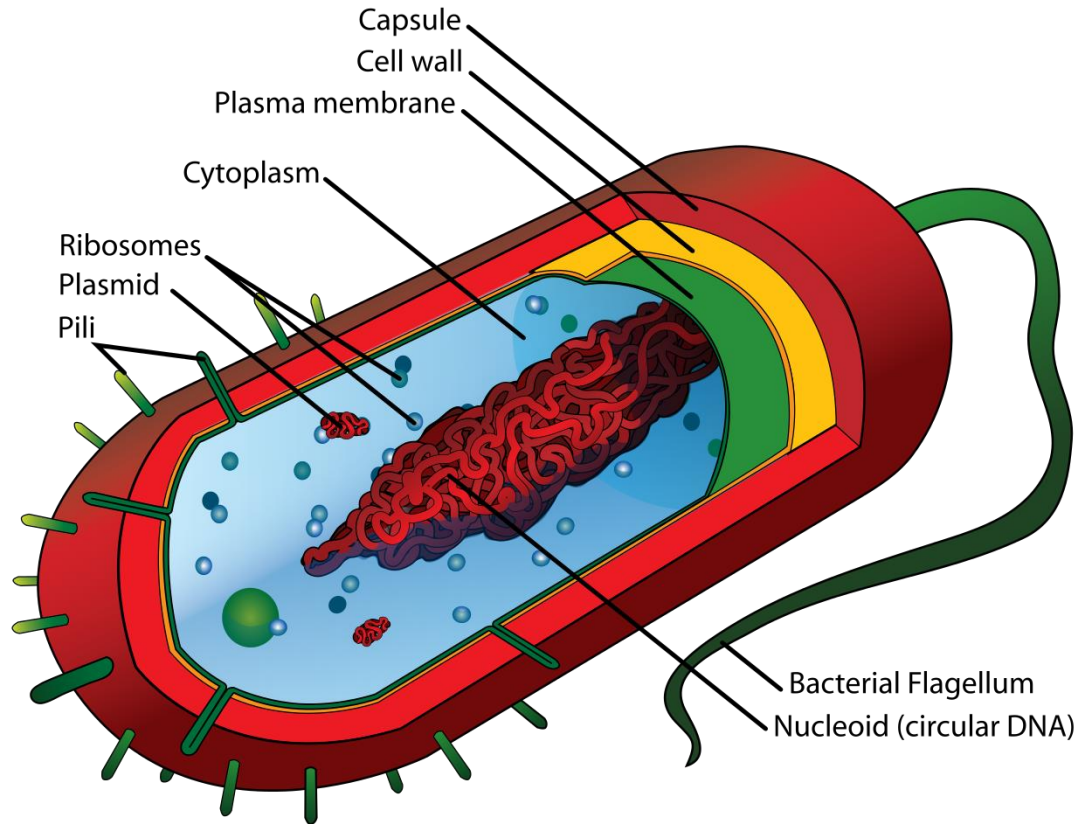


Thrips

Qui causent les maladies des plantes ?

Bactéries

Organismes **procaryotes** unicellulaires sans noyau



Qui causent les maladies des plantes ?

Bactéries

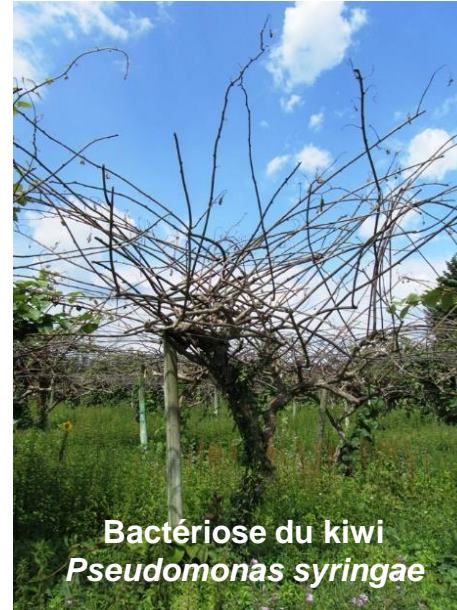
graisse du haricot
Xanthomonas axonopodis



feu bactérien du pommier
Erwinia amylovora



Bactériose du kiwi
Pseudomonas syringae



© Pablo A. Sanmartin

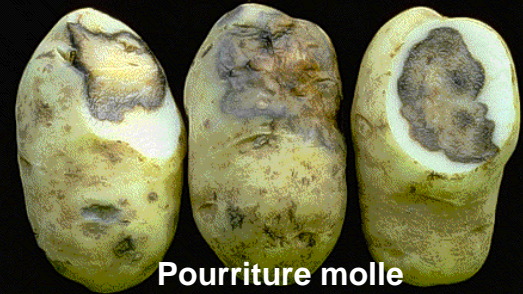


© Ron Vanderhof

Huanglongbing (HLB)
Ca. Liberibacter spp.



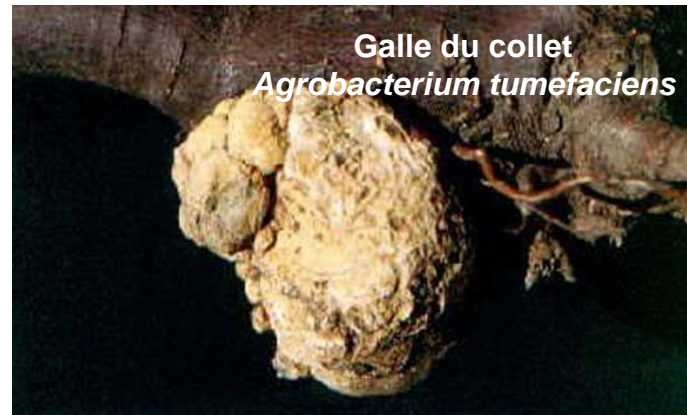
(c) USDA



Pourriture molle
Pectobacterium sp.

UC Statewide IPM Project
© Regents, University of California

Galle du collet
Agrobacterium tumefaciens



Chancre bactérien de la tomate
Clavibacter michiganensis

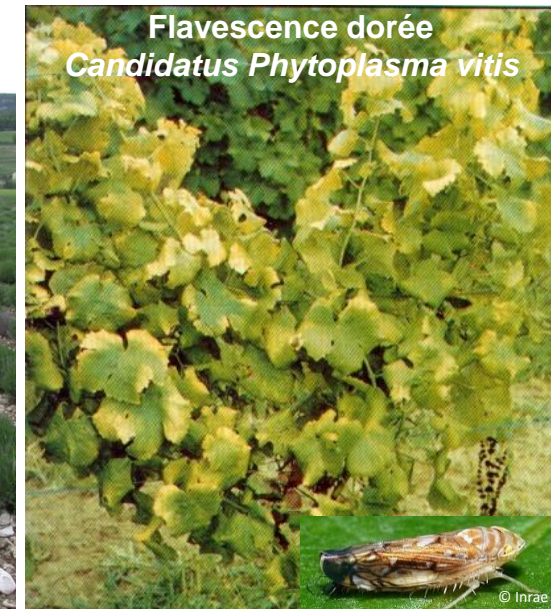


Blancard (INRAE)

Dépérissement de la lavande
Ca. Phytoplasma solani



Flavescence dorée
Candidatus Phytoplasma vitis

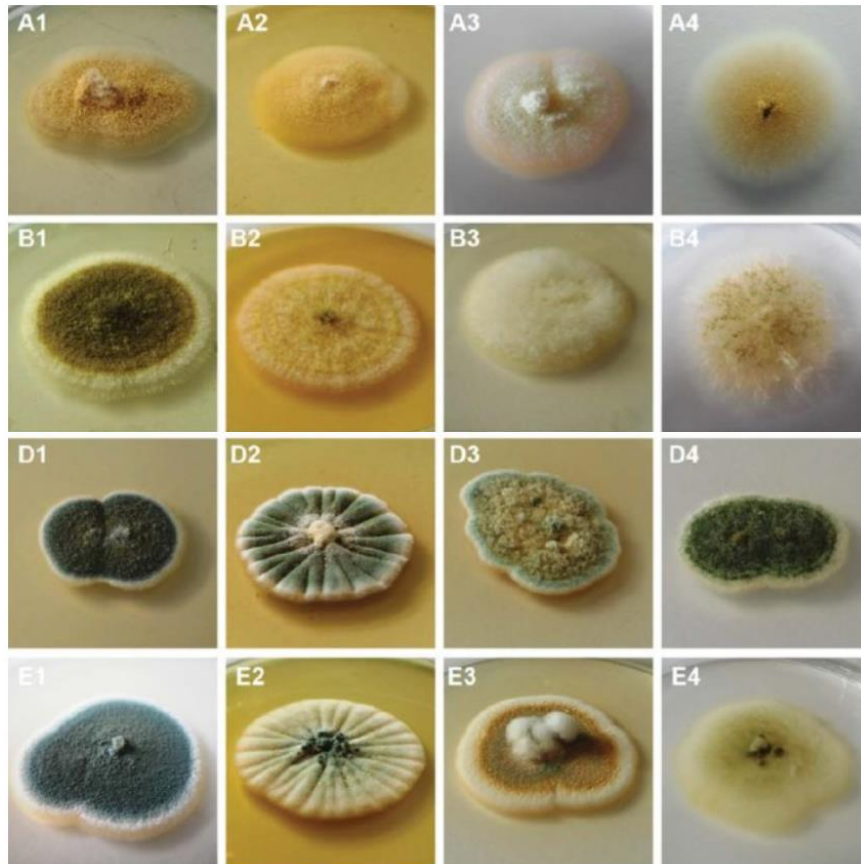


© Inrae

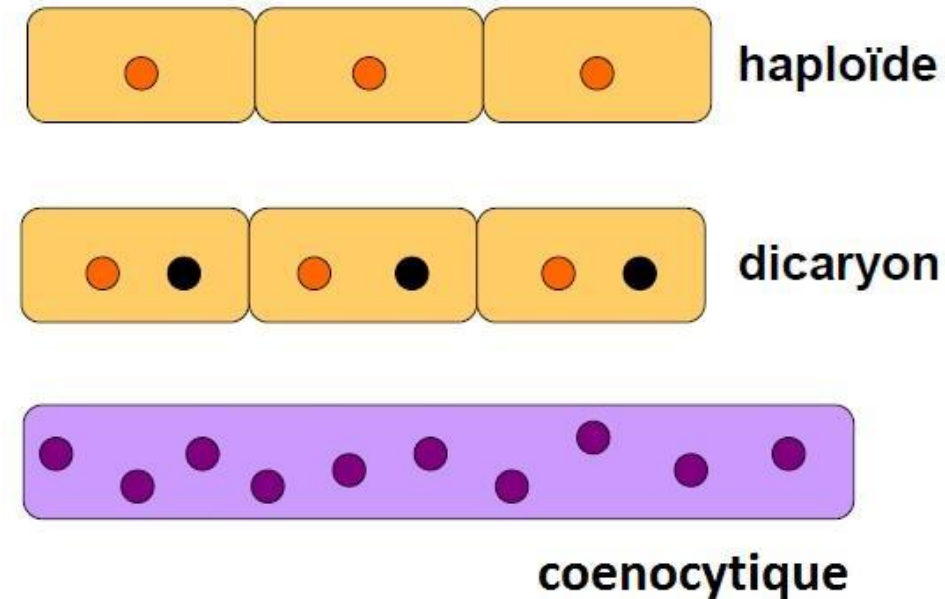
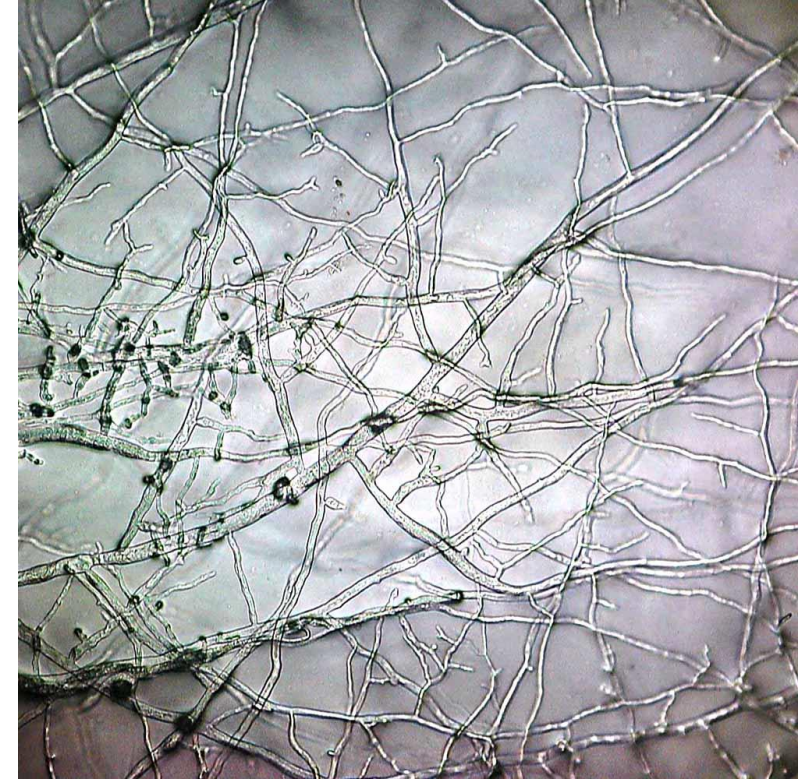
Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota (champignons 'vrais')

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

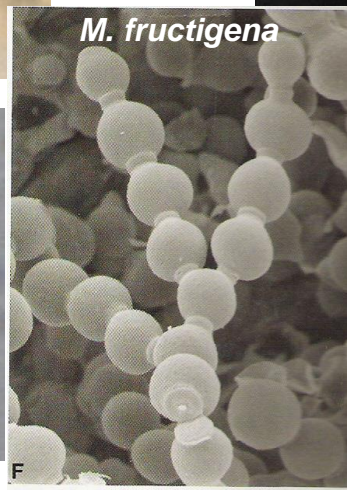
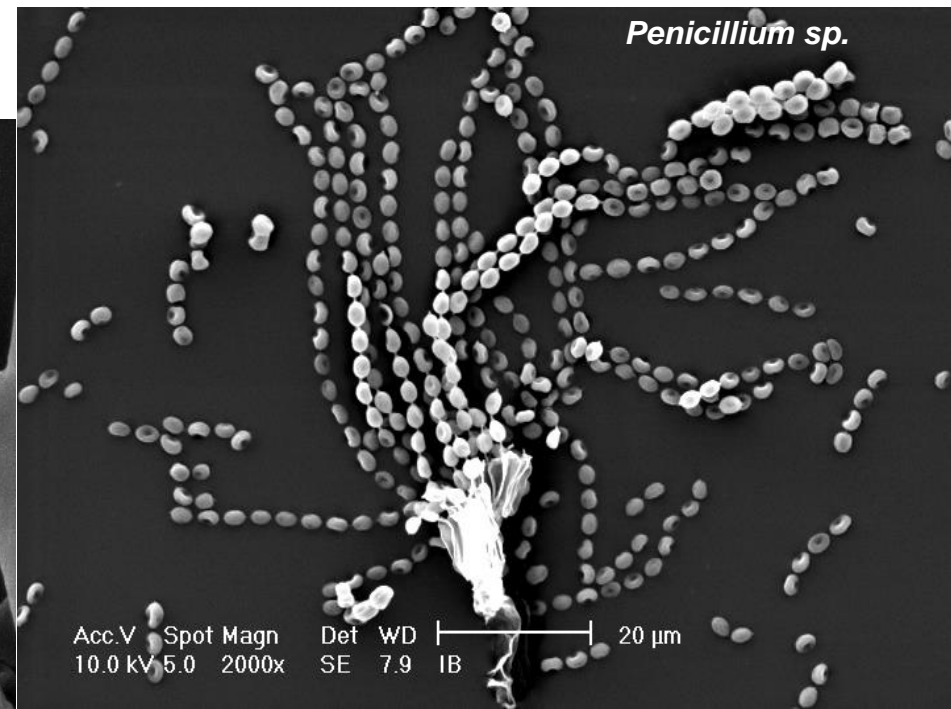
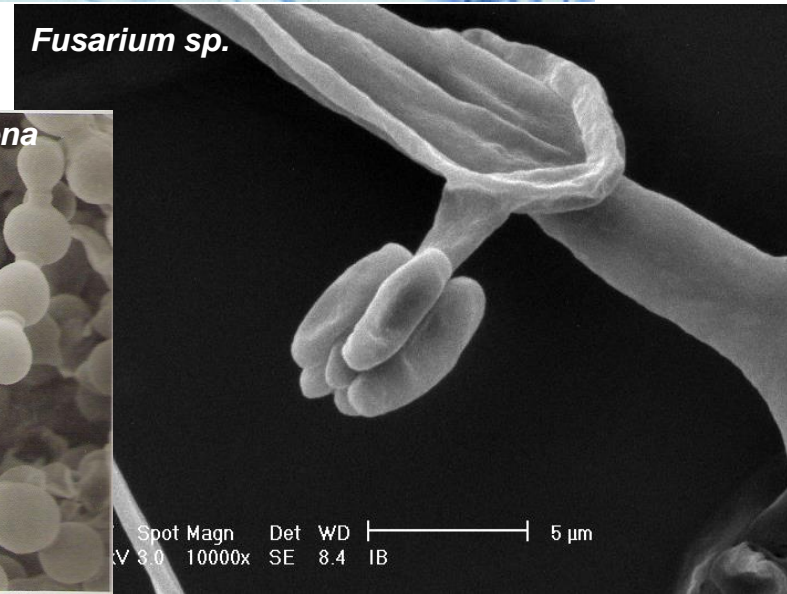
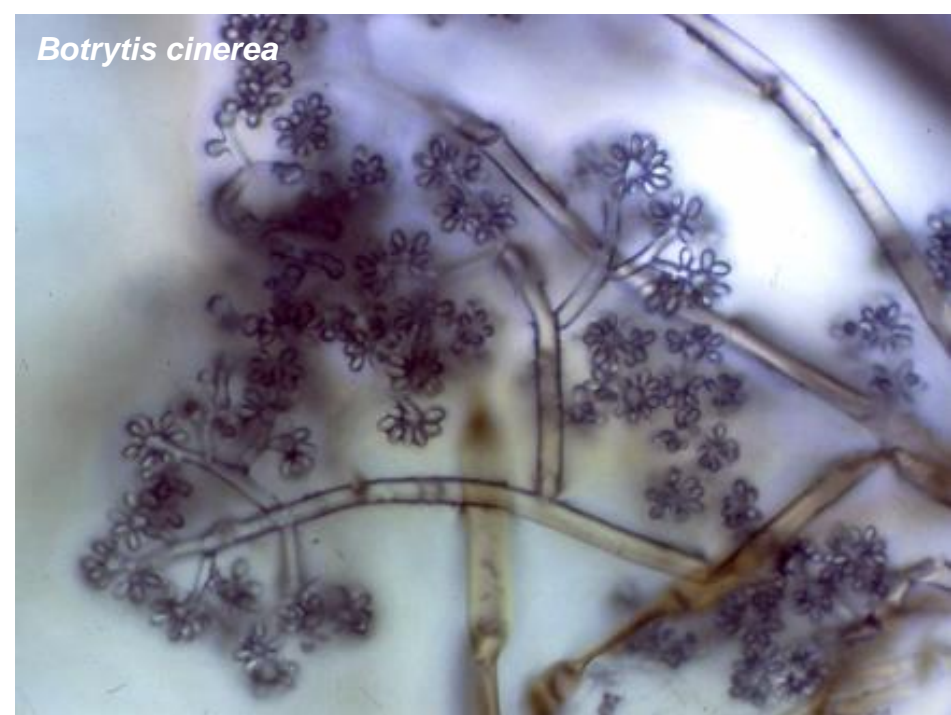
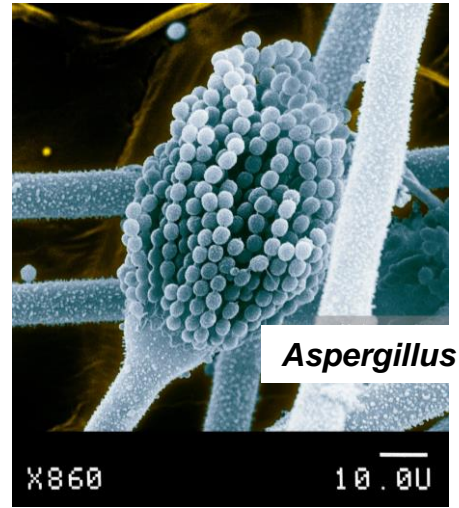


Ogorek, 2018. Geomicrob. J.



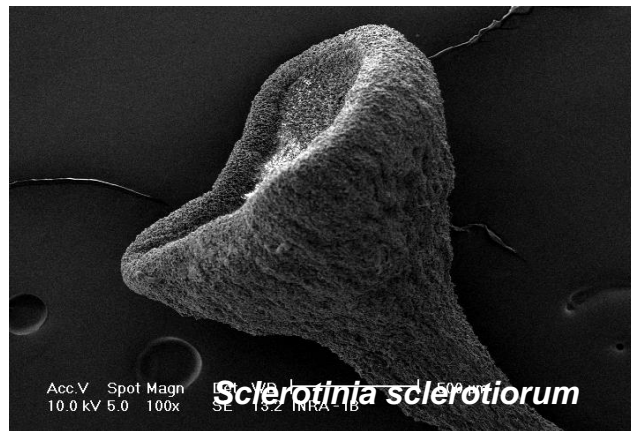
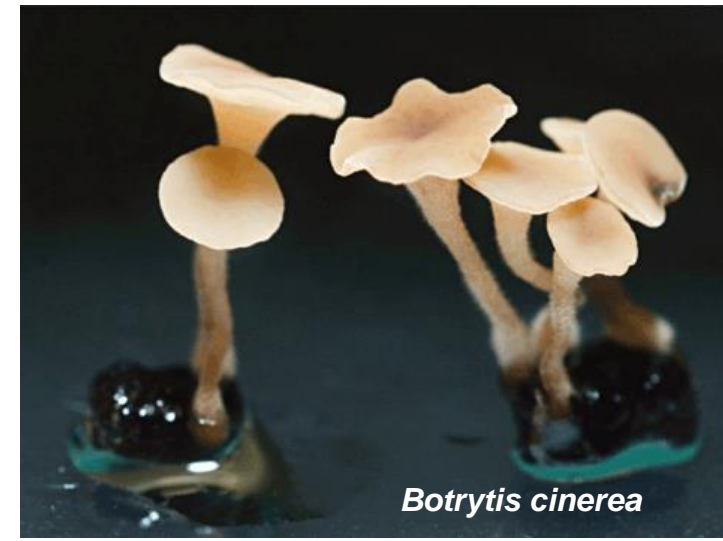
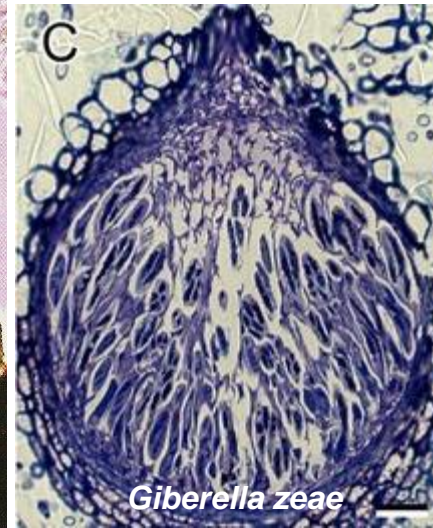
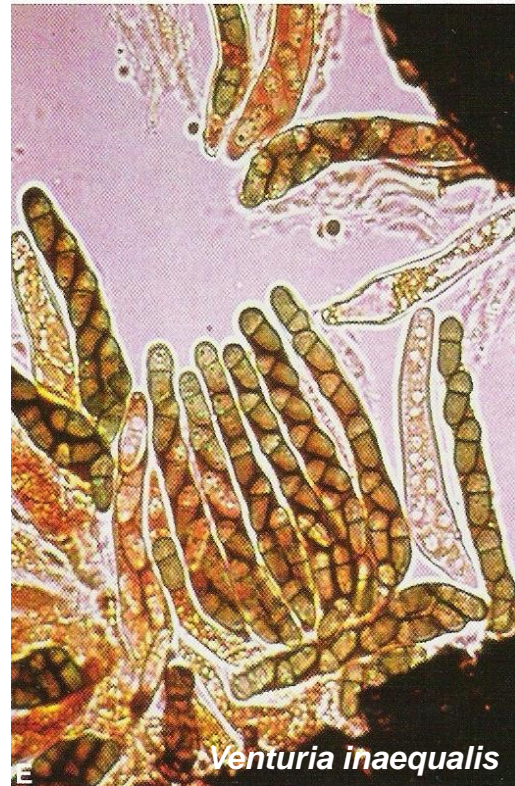
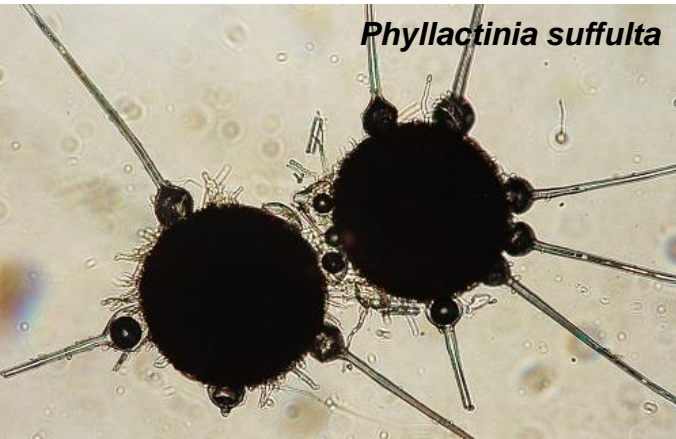
Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota



Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota



Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota



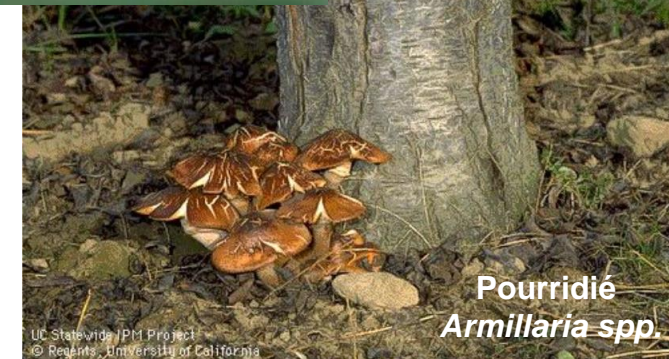
Estelle Turc, PV Avignon

Qui causent les maladies des plantes ?

Eumycota



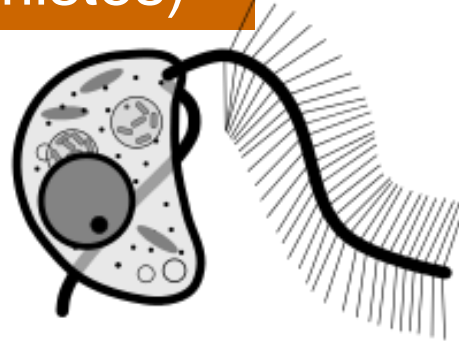
Rouille jaune / blé
Puccinia striiformis



Qui causent les maladies des plantes ?

Stramenopila (anciennement Chromistes)

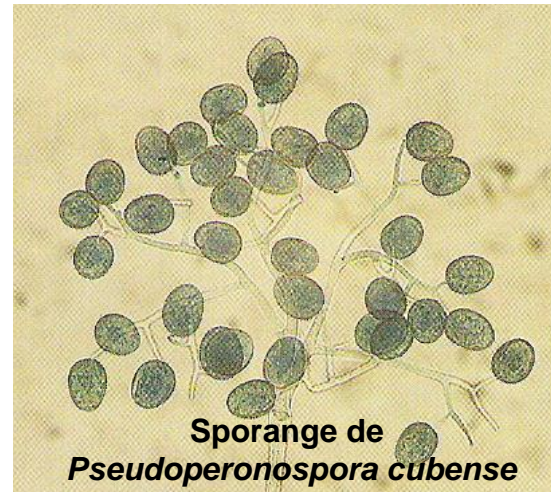
Groupe très hétérogène
(diatomées, algues brunes, certains
protozoaires, organismes de type fongique)



Fungal-like

Hyphochytriomycota
Labyrinthulomycota
Oomycota

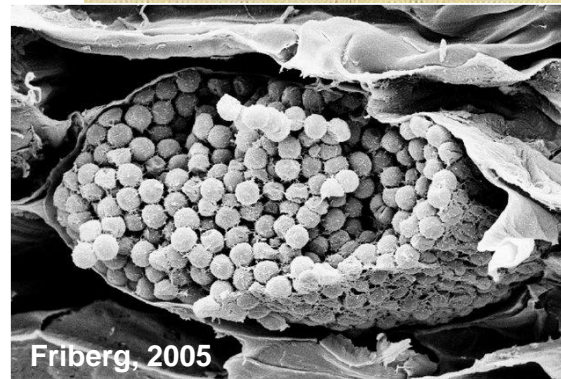
- Filamenteux
- Parois cellulaires avec cellulose
- Hyphes mycéliens non septés



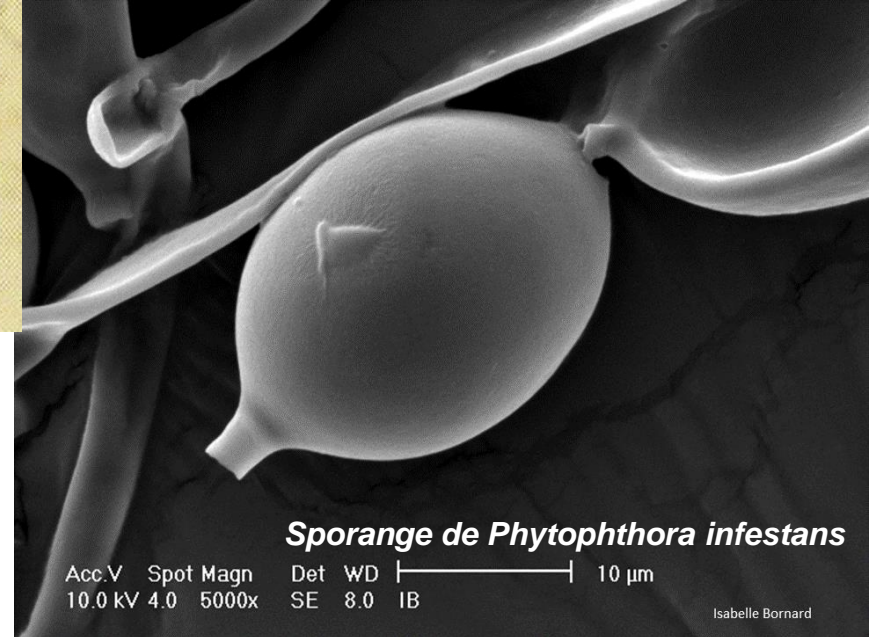
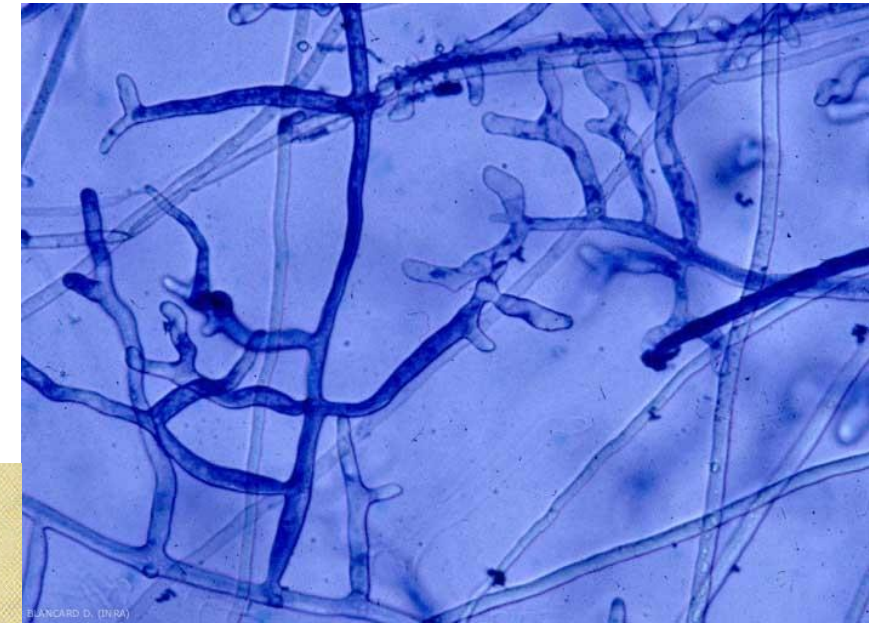
Sporange de
Pseudoperonospora cubense

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

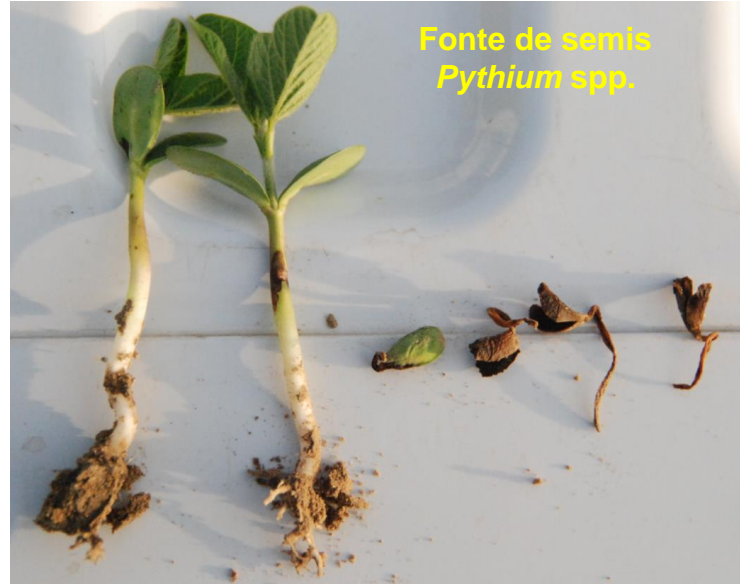
Isabelle Bornard

Qui causent les maladies des plantes ?

Stramenopila



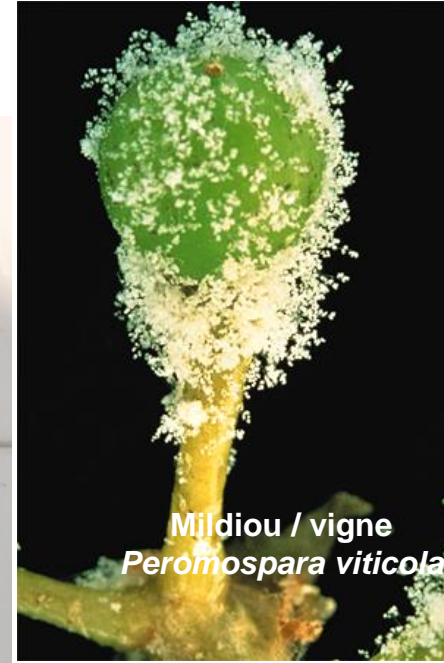
Mildiou de la pomme de terre
Phytophthora infestans



Fonte de semis
Pythium spp.



Mildiou de la laitue
Bremia lactucae



Mildiou / vigne
Peronospora viticola



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



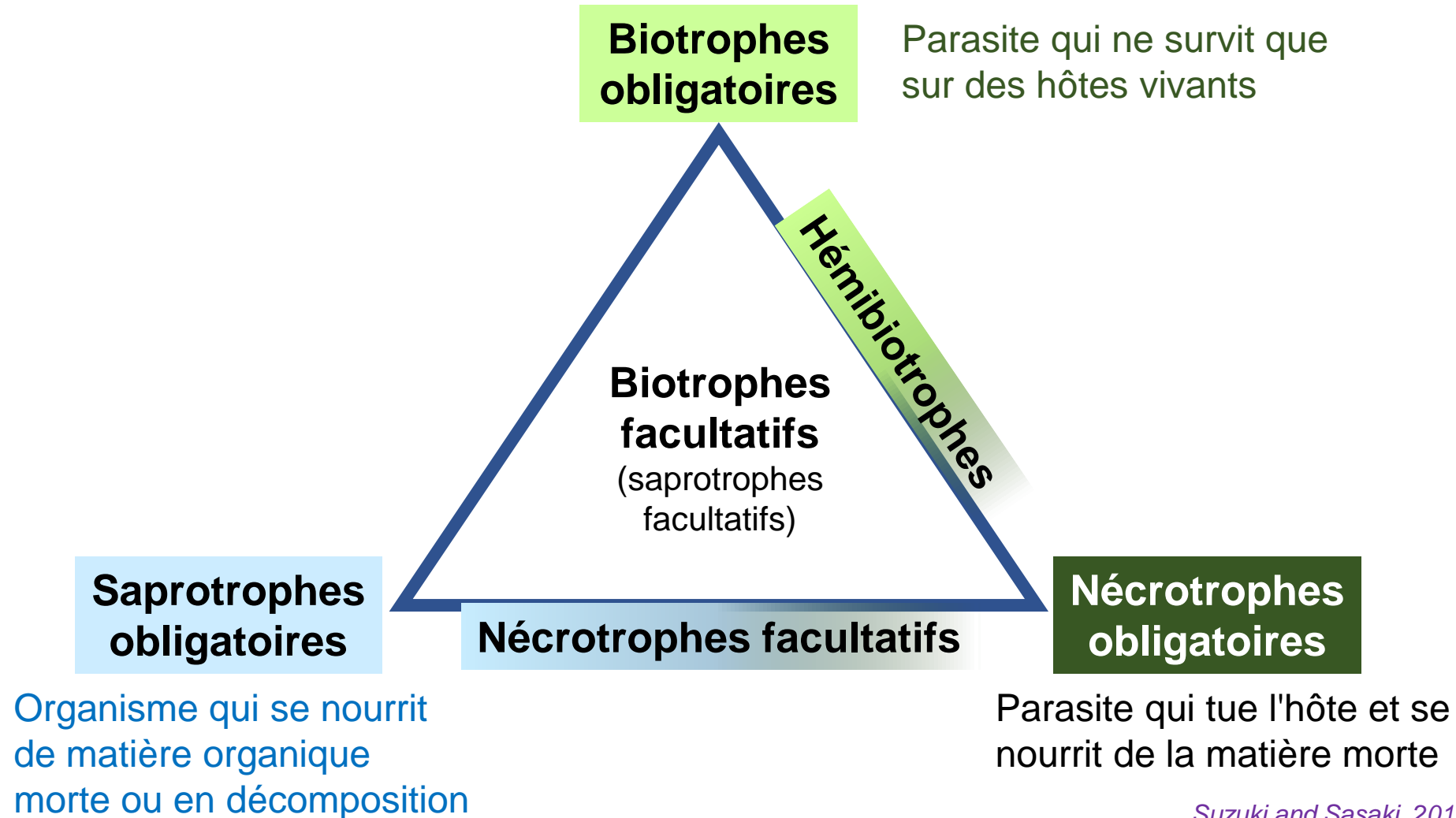
Hernie du chou
Plasmodiophora brassicae



Rouille blanche des crucifères
Albugo candida

Où vivent les agents pathogènes ?

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

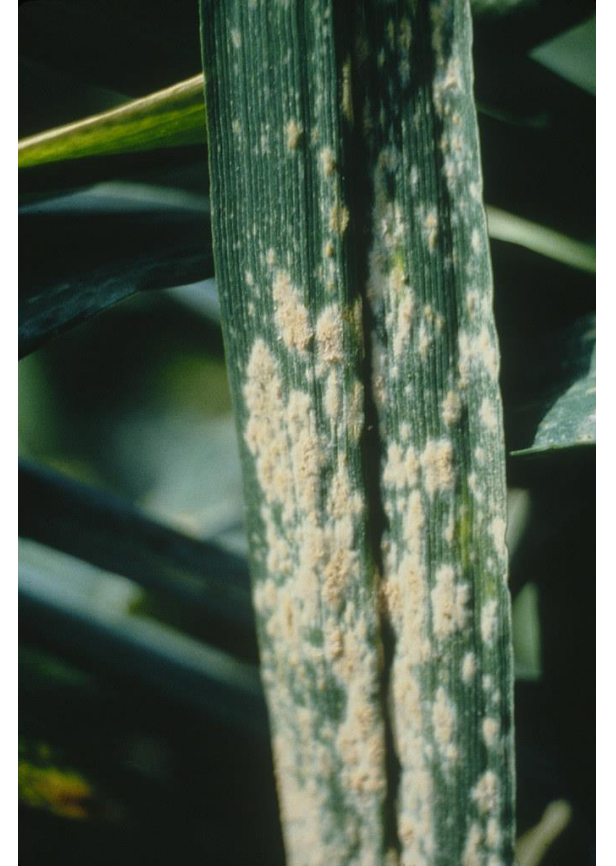
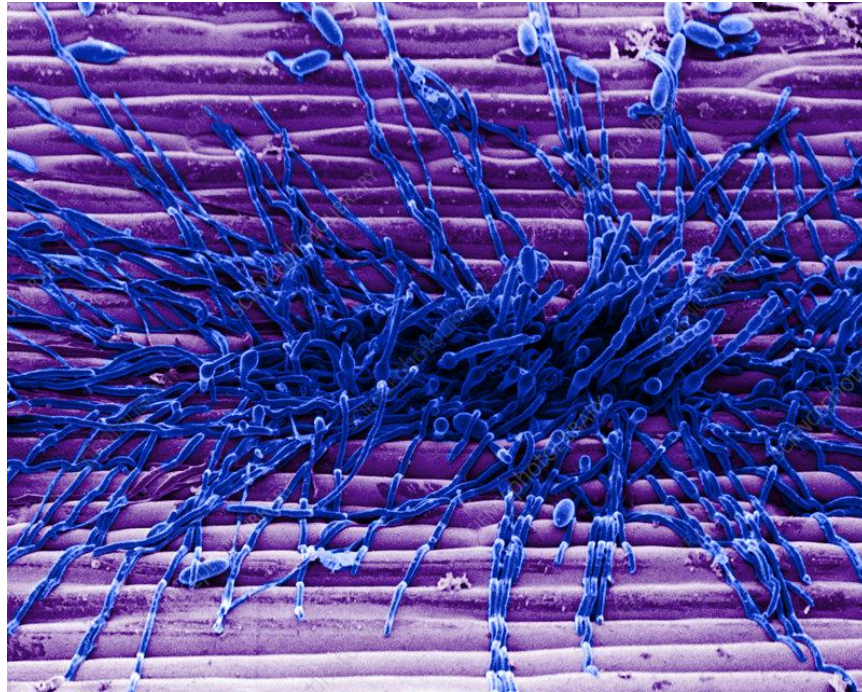
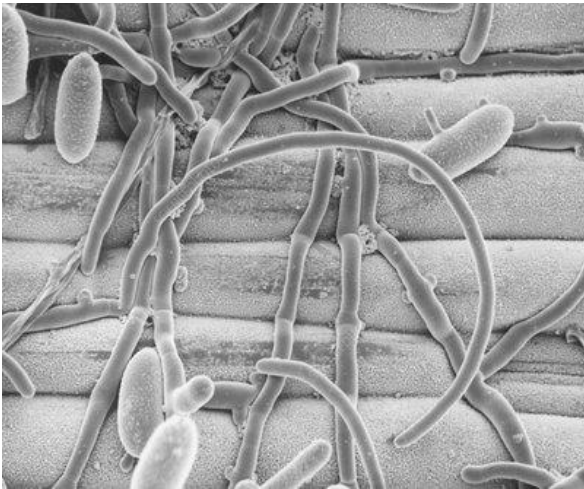


Où vivent les agents pathogènes ?

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	1	0	1
KG004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
MAFF302280_PT	0	0	0	0	0	1	0	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	0	0	1	0	ND	1	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	1	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



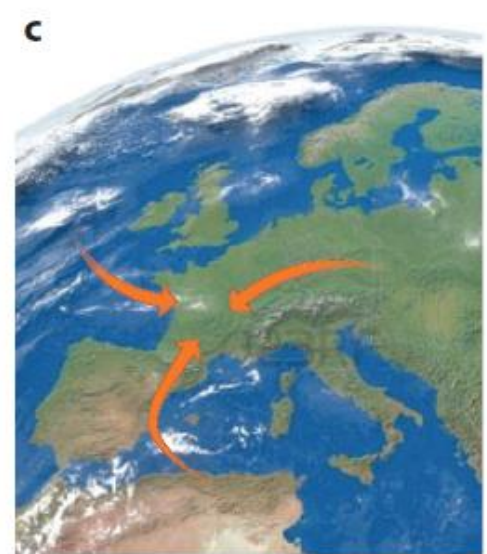
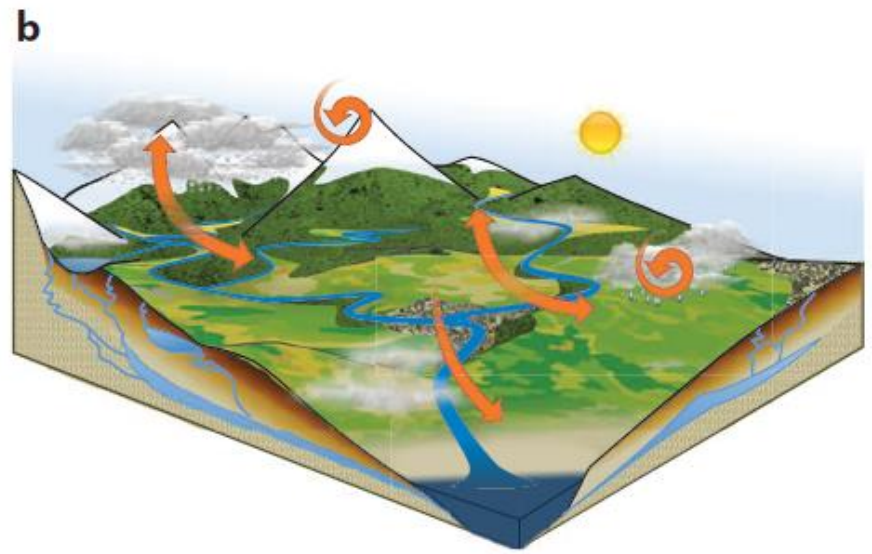
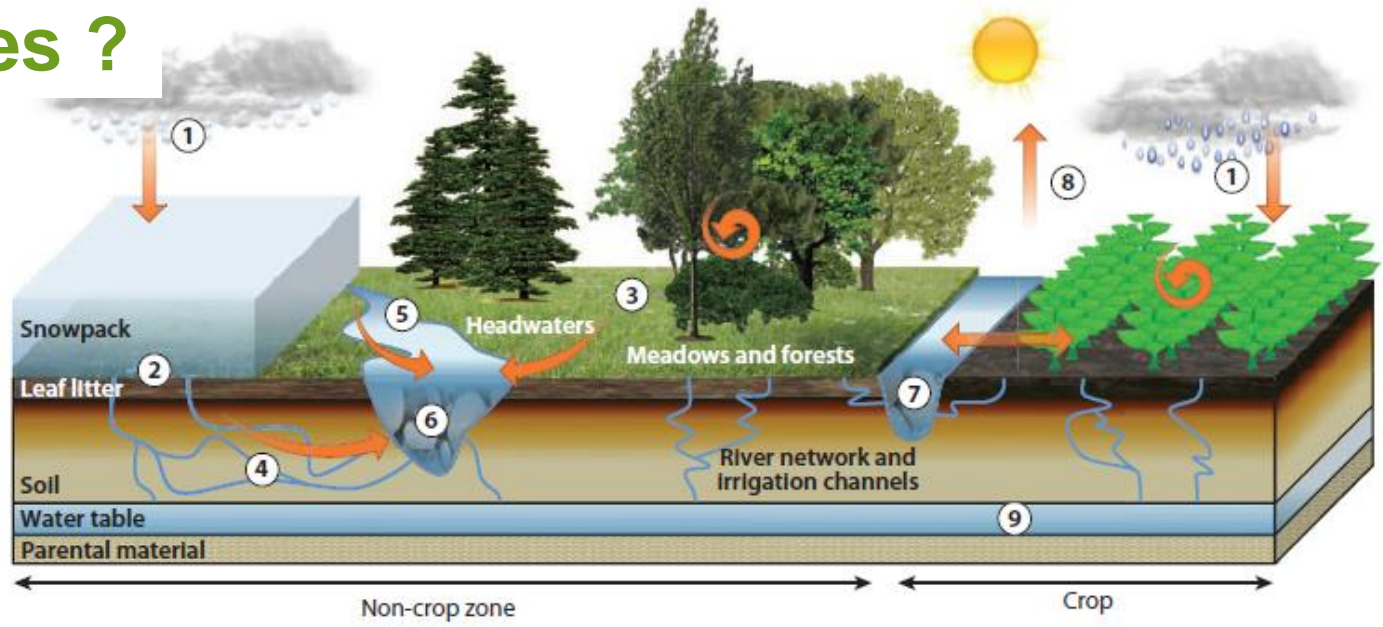
Saprotrophes



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

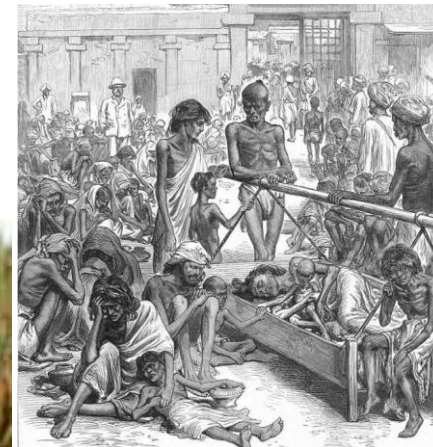
Austin Bourke, P.M. 1964. Nature



✓ Grande famine du Bengal (1942-43)

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

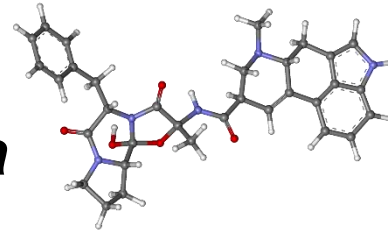
Padmanabhan, 1973. Ann. Rev. Phyto.



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/



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.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

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"



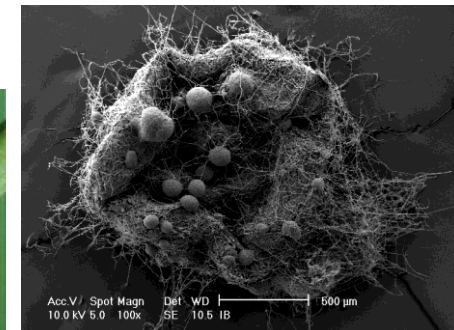
Déployer des variétés résistantes

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



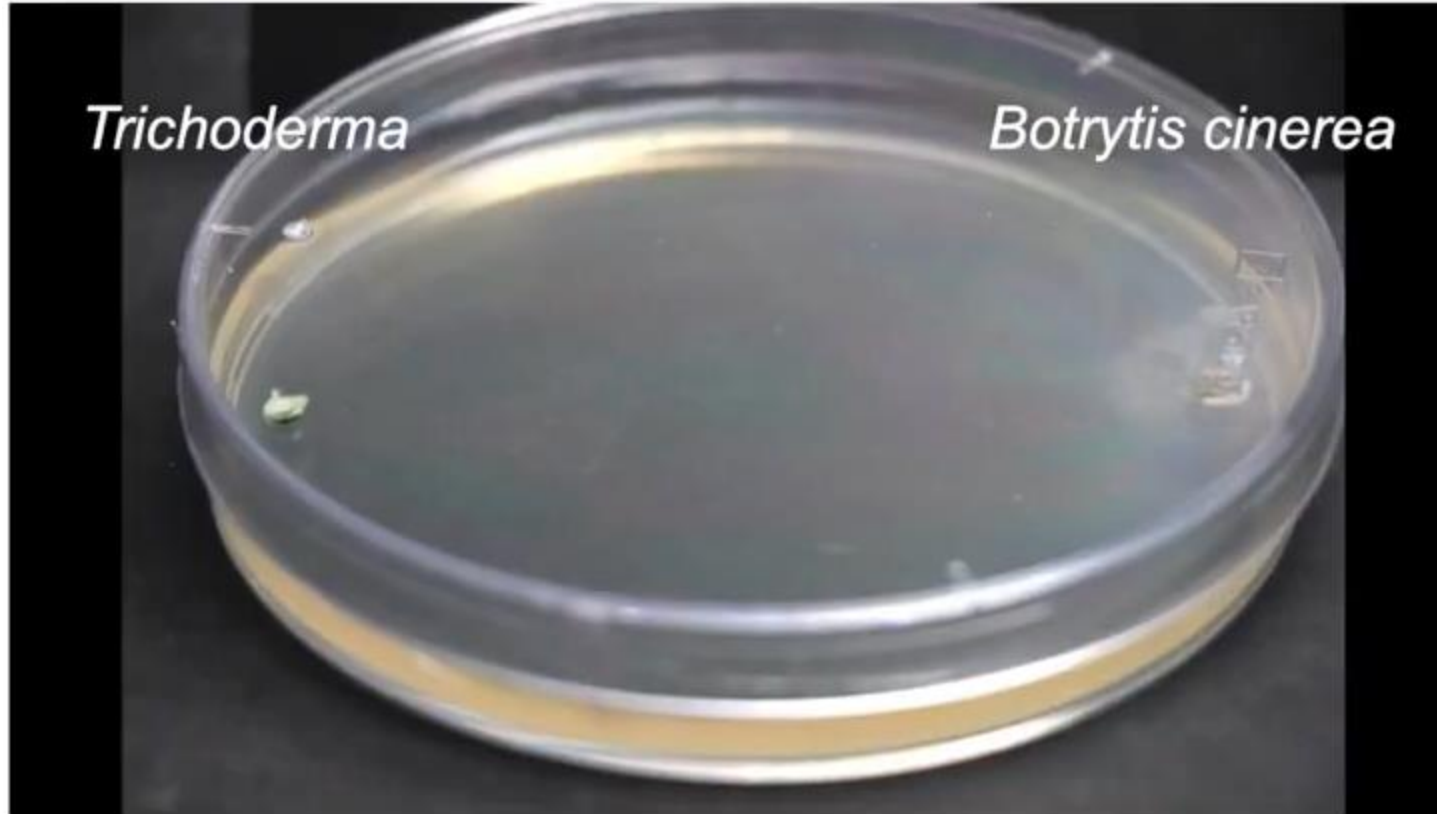
Développer/optimiser des méthodes de substitutions

- Biocontrôle



Quelles méthodes pour protéger les plantes contre les maladies ?

Utilisation du pouvoir antagoniste de certains microorganismes



https://youtu.be/8XRjcX_Aghc?t=385

Quelle stratégie pour limiter l'utilisation de pesticides ?

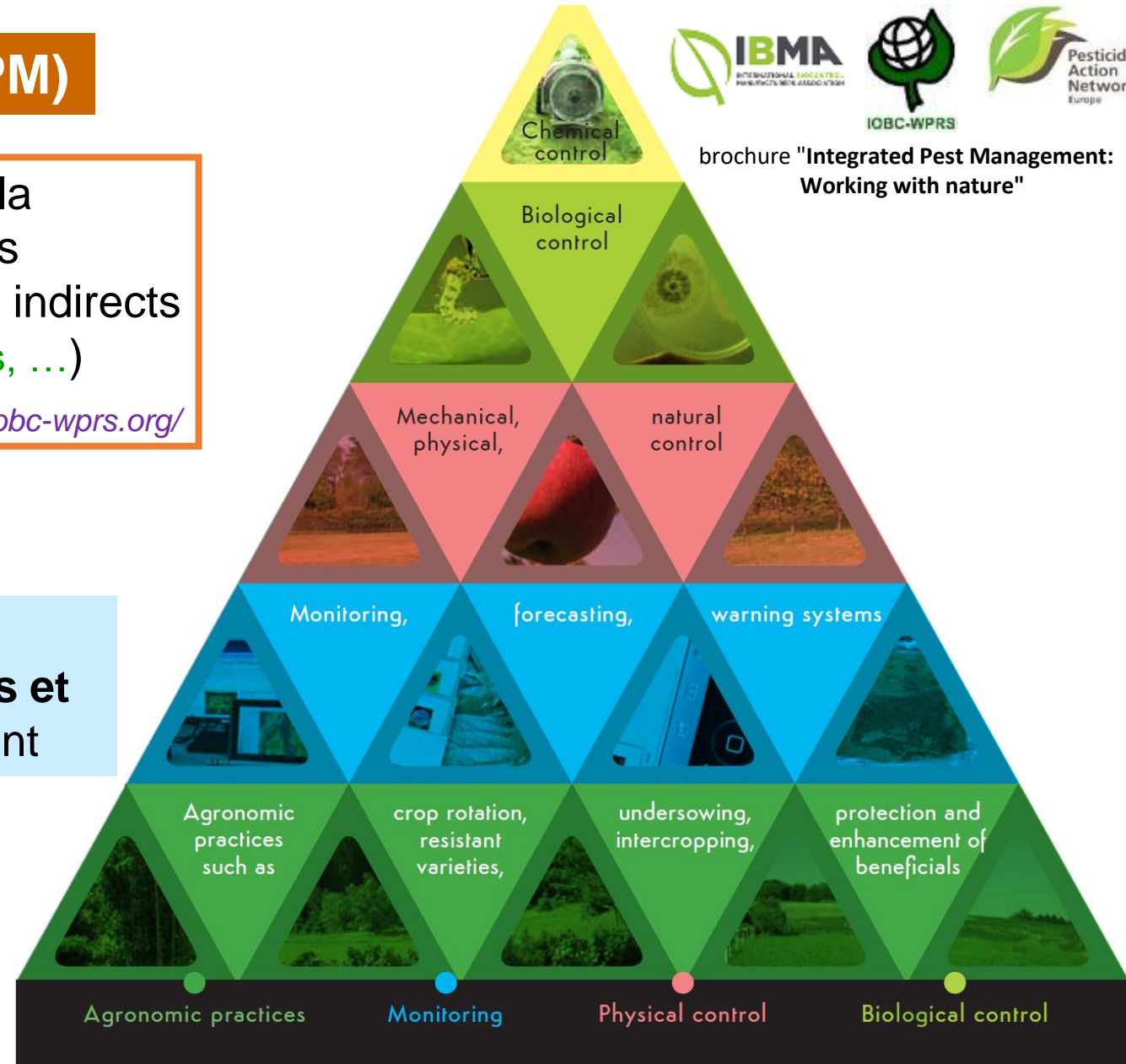
Protection intégrée des cultures (IPM)

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

