



MASTER « Fonctionnement des Ecosystèmes et Anthropisation »
Biosciences de l'Environnement

PROTECTION DES CULTURES

Septembre 2007

Grégory DECHAMP-GUILLAUME
Professeur de phytopathologie et malherbologie
(dechamp@ensat.fr)

Plan du cours

- Introduction et terminologie
- Étiologie des maladies parasitaires
- Les enjeux de la protection des cultures
- Les solutions actuelles



Introduction et Terminologie



Ennemis des cultures = bio-agresseurs



Parasites

Champignons
Bactéries
Phytoplasmes
Virus
Viroides
Végétaux 



Phytopathologie
Pathologie végétale
Phytiatrie
Phytopathology
Plant pathology
Plant disease

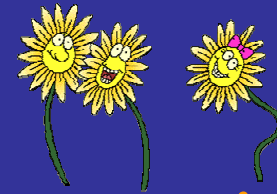


Ravageurs

Insectes
Acarions
Nématodes
Mammifères
Oiseaux



Zoologie
Zoology



Mauvaises herbes

Annuelles
Bisannuelles
Vivaces



Malherbologie
Weed science



Exemples de plantes parasites



Hampes florales d'orobanche
dans un champ de tournesol



Luzerne parasitée par de la cuscute



Pertes estimées des productions agricoles mondiales (estimation 1993) :

Cultures	Pertes dues aux maladies (%)	Pertes dues aux insectes (%)	Pertes dues aux mauvaises herbes (%)	Pertes totales (%)
Céréales	9.2	13.9	11.4	34.5
Pomme de terre	21.8	6.5	4.0	32.4
Fruits	12.6	7.8	3.0	23.4
Toutes cultures	11.8	12.2	9.7	33.7

En absence de toute lutte, les pertes potentielles dues aux maladies, aux animaux ravageurs et aux plantes adventices atteignent selon la culture et la zone géographique concernée entre 50 et 80% de la production potentielle.



Pertes estimées des productions agricoles (estimation 1993) :

Cultures	Pertes totales pour les pays développés (%)	Pertes totales en voie de développement (%)
Céréales	17.8	46.1
Pomme de terre	22.4	32.0
Fruits	19.0	26.8

Autre estimation FAO :

30%

> 50%



Typologie des pertes de récoltes occasionnées par les bio-agresseurs de peuplements cultivés :

Pertes directes	Pertes indirectes	
	Pertes primaires	Pertes secondaires
- quantité	contamination des semences	exploitation
- qualité	infestation du sol	communauté
- coût de gestion	affaiblissement des cultures pérennes	exportateurs
- coûts supplémentaires de récolte	coûts de gestion	commerce (gros, détail)
- coûts supplémentaires de tri		consommateurs
- coût de re-semis / replantation		gouvernements
- coût lié au remplacement par une culture moins rentable		environnement



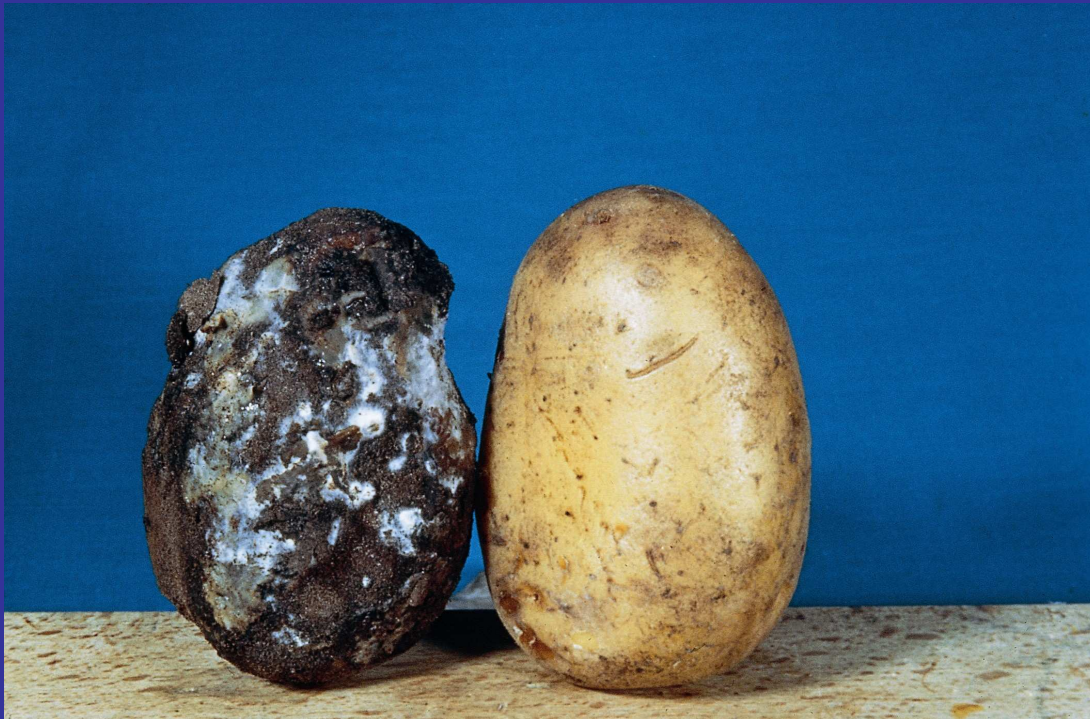
L'objectif ultime de la protection des cultures est de réduire les pertes de récoltes occasionnées par les bio-agresseurs

Terminologie

- **Dégâts** : altérations du produit récolté ou du potentiel de production
- **Pertes de récolte (=dommages)** : dégâts exprimés en terme monétaire



Exemple 1



Pourriture de tubercules
de pomme de terre

Symptômes ?



Dégâts ?

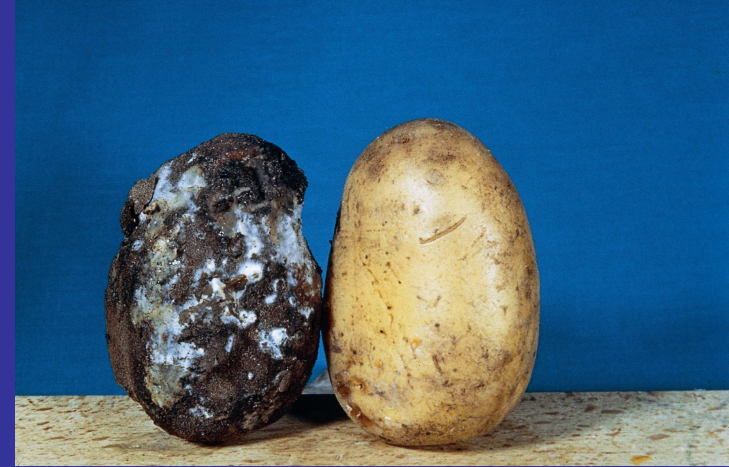


Pertes ?

Qu'en pensez-vous ?



Exemple 1



Symptômes : oui, le phénotype des tubercules n'est pas normal



Dégâts : oui, le rendement est réduit



Pertes : oui, les tubercules pourris ne sont pas commercialisables



Exemple 2



Balai de sorcière chez du trèfle
(= développement des bourgeons
axillaires suite à la perte
de la dominance apicale)

Symptômes ?



Dégâts ?



Pertes ?

Qu'en pensez-vous ?



Exemple 2



Symptômes : oui, le phénotype est modifié



Dégâts :

- Non, en cas de culture fourragère, les pertes de biomasse sont peu importantes
- Oui, s'il s'agit d'une production de graines



Pertes :

- Non, dans le cas de la culture fourragère
- Oui, s'il s'agit d'une production de graines



Exemple 3



Panachure chez une plante de tulipe
viroyée dont la coloration est
normalement unie

Symptômes ?



Dégâts ?



Pertes ?

Qu'en pensez-vous ?



Exemple 3

Symptômes : oui, le phénotype est certainement modifié par l'infection virale



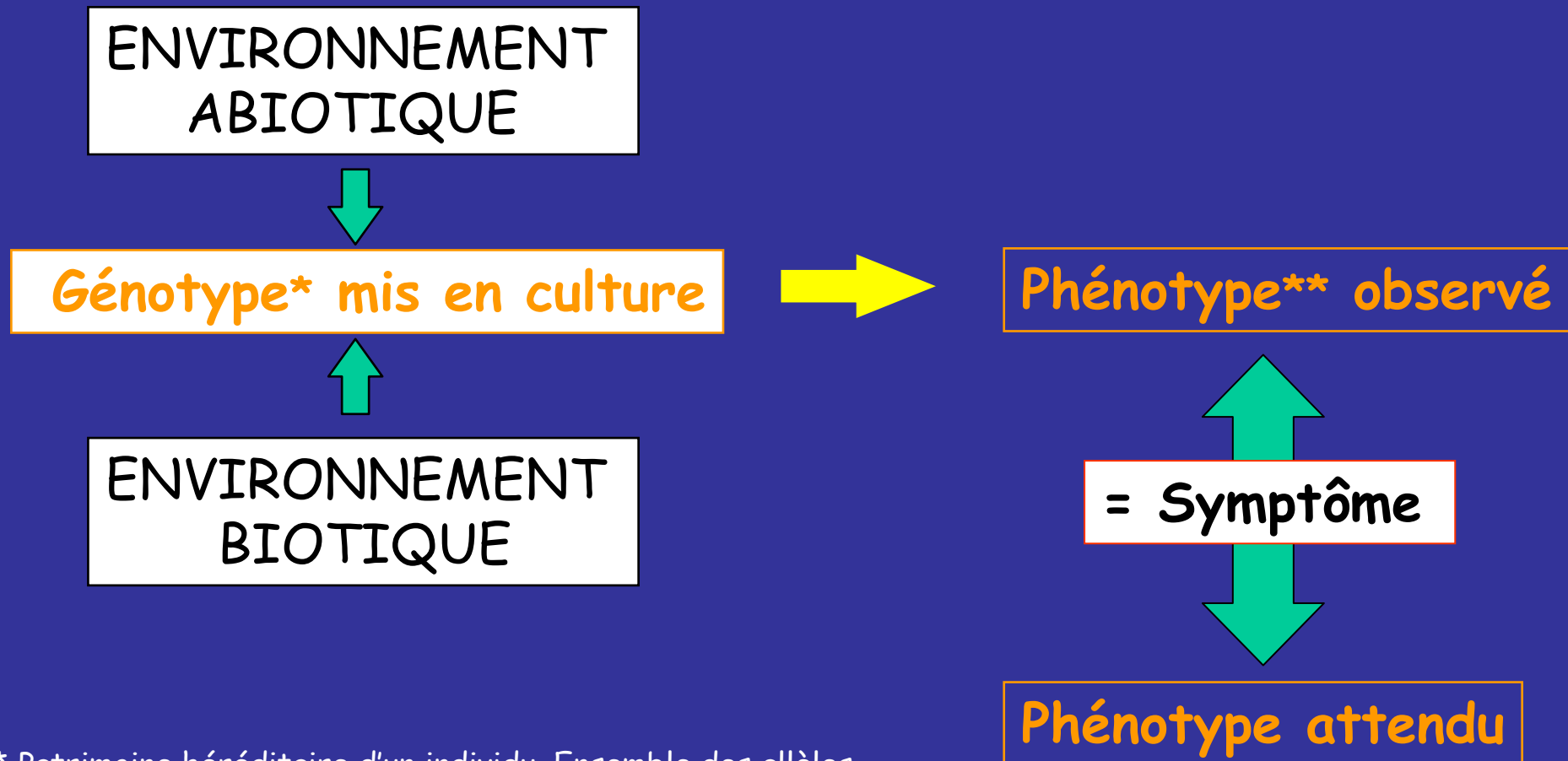
Dégâts : non, la production est toujours commercialisable



Pertes : non, certains consommateurs apprécient ce phénotype qui peut même donner une valeur accrue à la fleur



Terminologie



* Patrimoine héréditaire d'un individu. Ensemble des allèles d'un individu portés par l'ADN d'une cellule vivante.

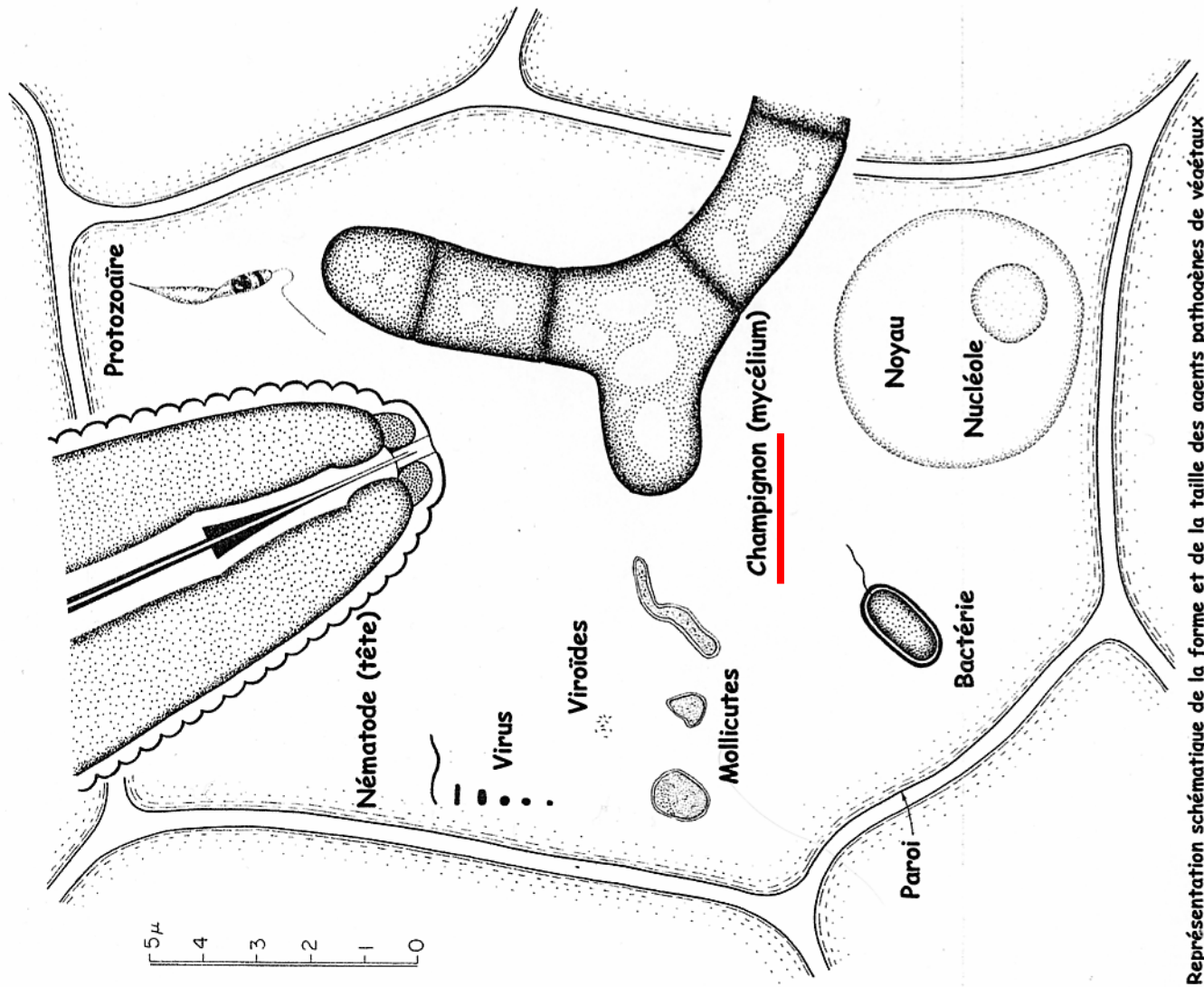
** Ensemble des caractères anatomiques, morphologiques et physiologiques caractérisant un être vivant donné. Réalisation du génotype est fonction de certaines conditions spécifiques du milieu



Etiologie* des maladies parasitaires

*L'étiologie définit l'origine d'une pathologie en fonction des manifestations sémiologiques**.

*Sémiologie : étude des symptômes et des signes et de la façon de les relever et de les présenter afin de poser un diagnostic.



Représentation schématique de la forme et de la taille des agents pathogènes de végétaux

Caractères généraux des champignons phytopathogènes

- Parasites les plus importants
- Parasites facultatifs* ou parasites obligatoires***
- Infection directe, par orifices naturels ou par blessures
- Spécifiques ou polyphages (gamme d'hôtes)
- Champignons vrais :
 - ascomycètes
 - basidiomycètes
 - deutéromycètes
- Organismes fongiformes :
 - oomycètes
- Dissémination : vent, eau, manipulations

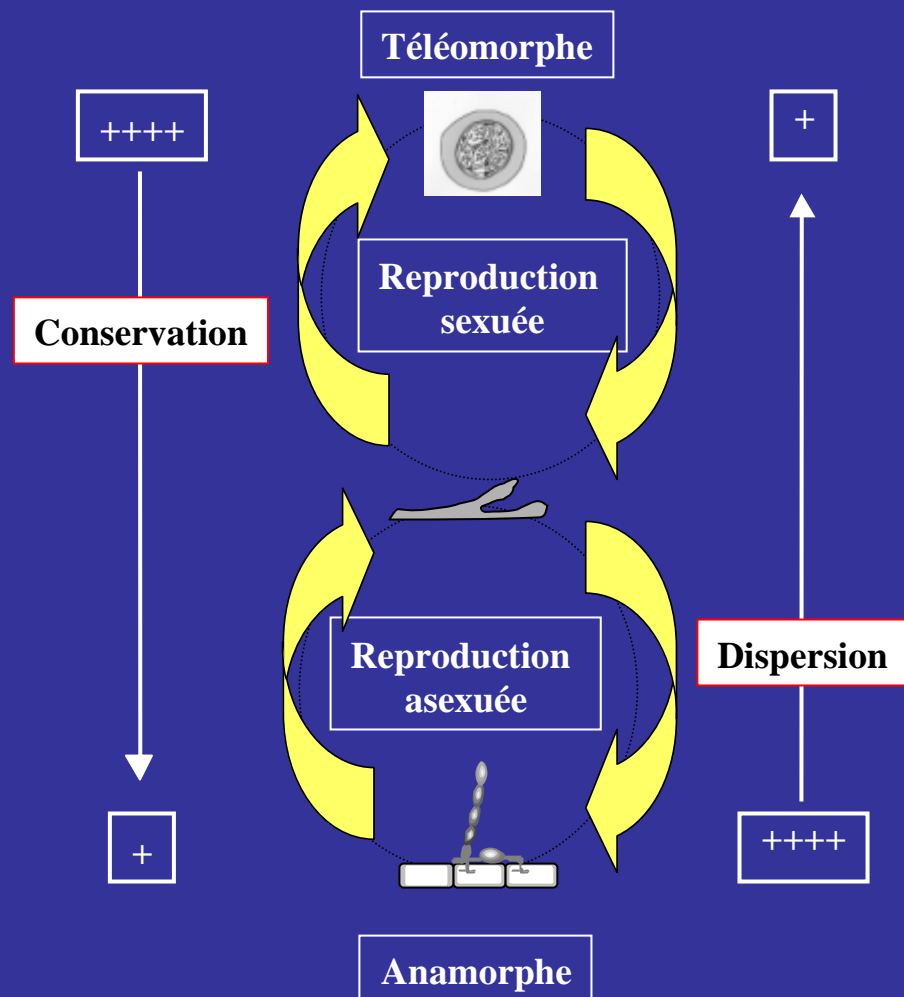
* Saprophytes** et parasites, biotrophes ou nécrotrophes

** Organisme dont la nutrition est assurée directement à partir de matières organiques en décomposition

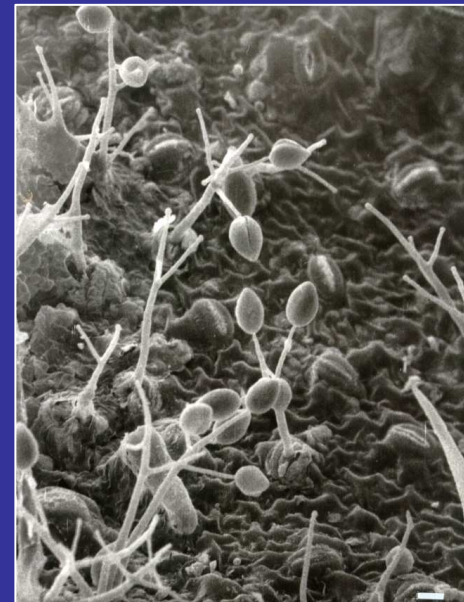
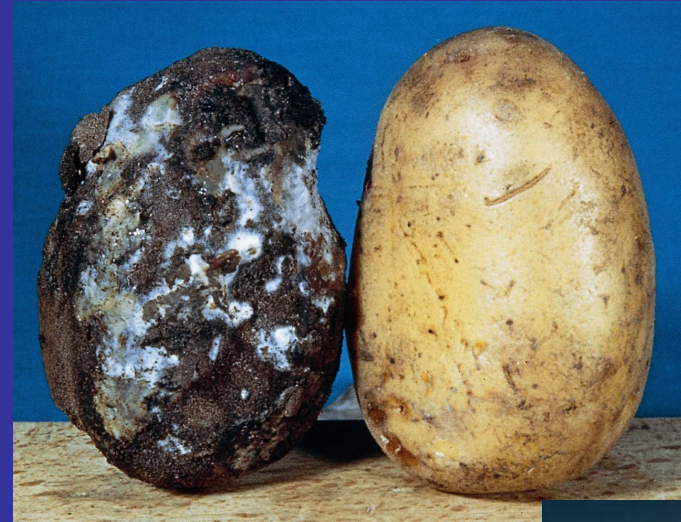
*** Strictement parasites, biotrophes stricts (relation trophique établie avec cellule vivante)



Deux modes de reproduction des champignons



Exemple de maladie fongique



1845, l'agent du mildiou de la pomme (*Phytophthora infestans*), originaire d'Amérique latine, est introduit accidentellement en Irlande...



Exemple de maladie fongique

L'ergot des céréales



Ces sclérotés contiennent des alcaloïdes toxiques (parmi lesquels l'acide lysergique*) dont l'absorption provoque des affections convulsives (le "feu sacré") ou gangreneuses (déformations et nécroses des membres) pouvant conduire à la mort des personnes ou des animaux intoxiqués.



L'histoire a retenu maints souvenirs de cas d'ergotisme généralisé, liés aux périodes de disette, notamment au Moyen Age. En 1722, l'ergot du seigle aurait provoqué l'effondrement de l'armée du tsar Pierre le Grand de Russie, en marche vers la Turquie. L'un des derniers cas d'ergotisme eut lieu en 1951 à Pont Saint-Esprit (France).

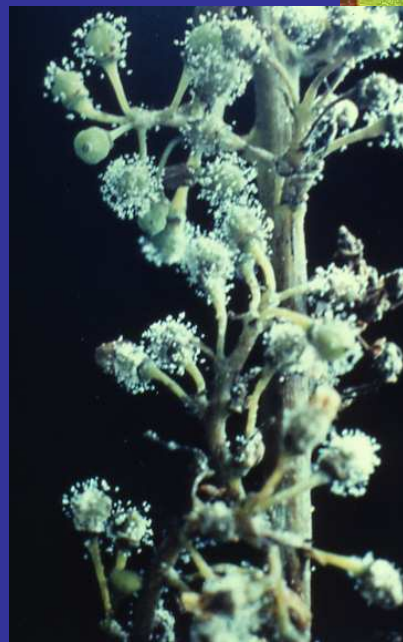
* : Lyserg Säure Diethylamid



Exemples de maladies fongiques



Mildiou



Exemples de maladies fongiques



Sphaerotheca fuliginea
Erysiphe cichoracearum

Oïdium



Uncinula necator



Erysiphe cichoracearum



Exemples de maladies fongiques

Rouille



Puccinia recondita



Phragmidium disciflorum



Exemples de maladies fongiques



Charbon commun
(*Ustilago maydis*)



Charbon des inflorescences
(*Sporisorium reilianum zae*)



Exemples de maladies fongiques



Fusariose
(*Fusarium* spp.)



Pourriture grise
(*Botrytis cinerea*)



Criblure du pêcher (*Coryneum beijerinckii*)





Pyrales adultes



Larve de pyrale



Exemples de maladies fongiques



Pourriture grise de la vigne
(*Botrytis cinerea*)



Pourriture de raisins en conservation
(*Botrytis cinerea*)



Tordeuse de la grappe

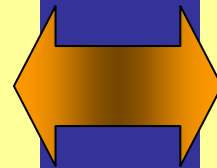


Piétin échaudage du blé

(*Gaeumannomyces graminis*)



Pourriture racinaire
(symptôme primaire
= symptôme cause)



Échaudage (épis de droite)
(symptôme secondaire
= symptôme conséquence)



Exemples de maladies fongiques



Pourriture à *Sclerotinia* sur carotte



Pourriture de pommes en conservation



Exemples de maladies fongiques



La maladie « des taches noires » du rosier
(*Marssonina rosae*)

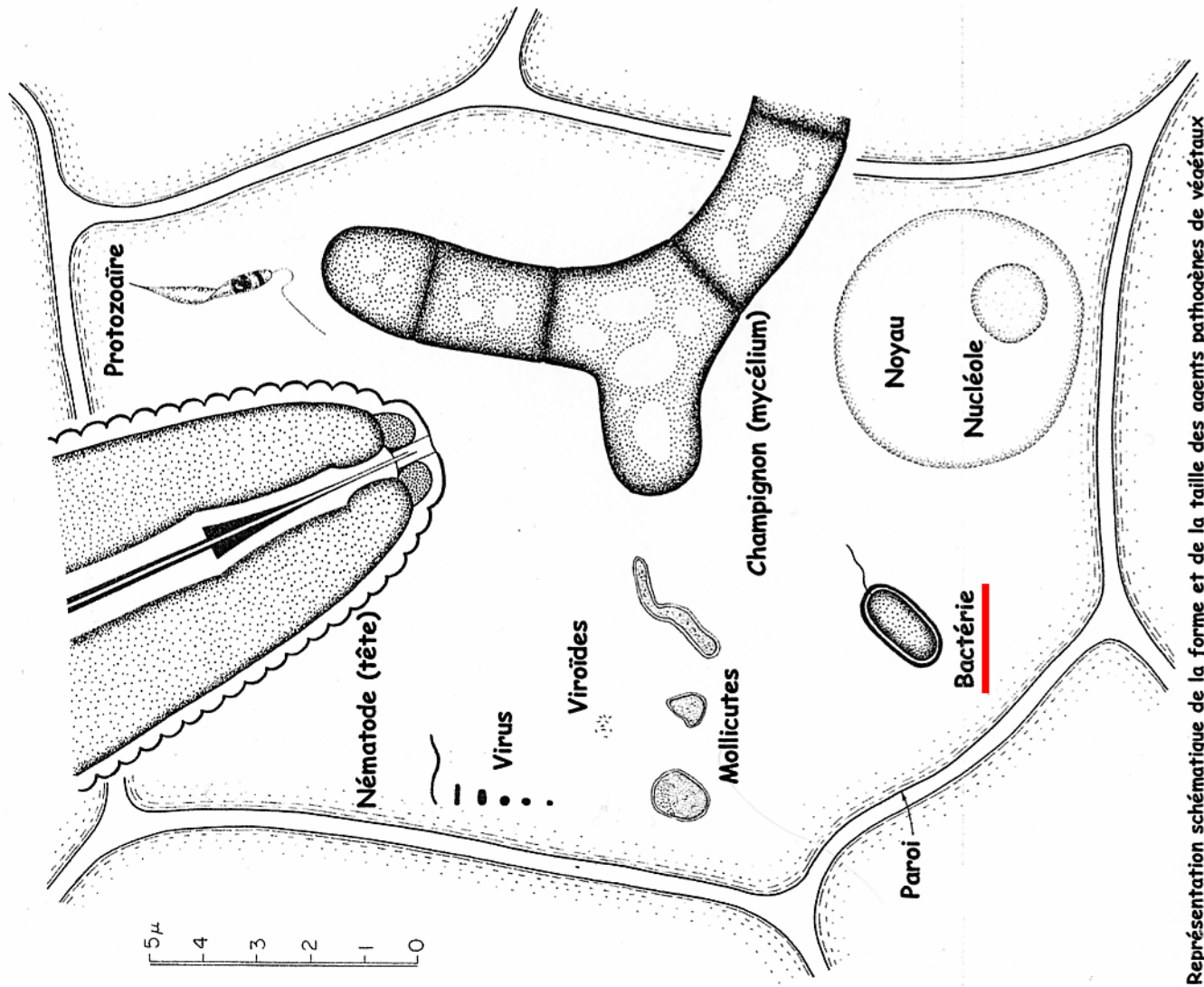


Exemple de maladies fongiques



Pourridié agaric
(*Armillaria mellea*)





Représentation schématique de la forme et de la taille des agents pathogènes de végétaux

Caractères généraux des bactéries phytopathogènes

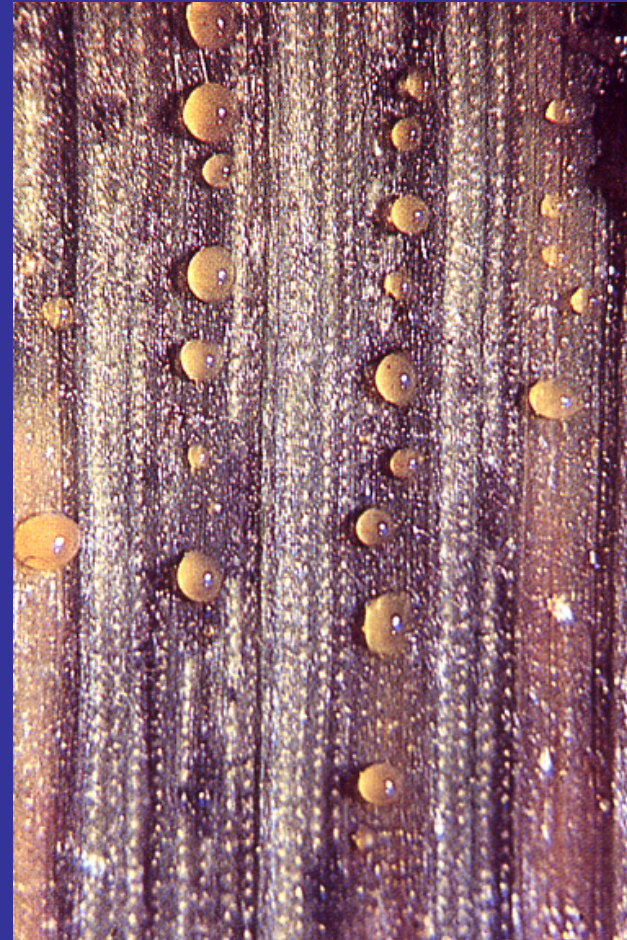
- La plupart des bactéries phytopathogènes sont des parasites facultatifs
- Les bactéries phytopathogènes sont des bacilles (bâtonnets allongés)
- Spécifiques ou polyphages (gamme d'hôtes)
- Infection par orifices naturels ou blessures
- Lutte difficile : antibiotiques interdits en France
- Dissémination : eau, vecteurs



Exemples de maladie bactérienne



Nécrose bactérienne sur haricot
(*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*)
(*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)
(*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)



Exsudats bactériens (ooze) sur orge
(*Xanthomonas campestris* pv. *translucens*)



Le feu bactérien des rosacées



Rameau atteint par
le feu bactérien

Erwinia amylovora



Dépérissement d'un
jeune cognassier



Charpentière taillée
et tronc curé

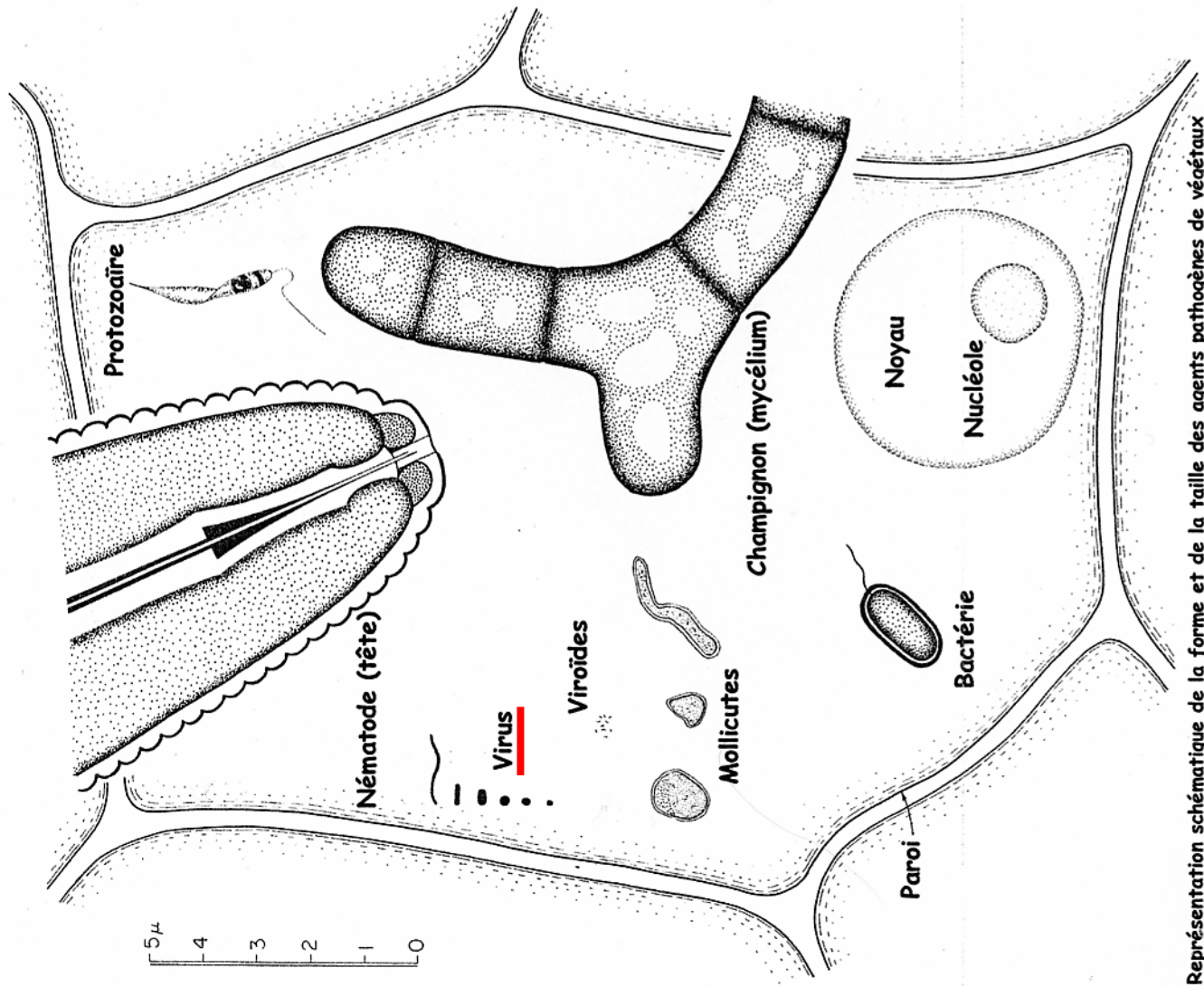


Exemple de maladie bactérienne



Tumeur d'*Agrobacterium tumefaciens*





Représentation schématique de la forme et de la taille des agents pathogènes de végétaux

Caractères généraux des virus phytopathogènes (=phytovirus)

- Diagnostic difficile
- Ce sont des parasites obligatoires
- L'infection nécessite une blessure
- Spécifiques ou polyphages (gamme d'hôtes)
- Dissémination : manipulations, vecteurs
- Lutte difficile :
 - pas de traitements chimiques
 - thérapie, prémuniton
 - prophylaxie*
 - sélection sanitaire
 - variétés résistantes

***Prophylaxie** : processus actif ou passif ayant pour but de contrecarrer l'apparition ou la propagation d'une maladie



Exemple de maladie virale

Virus de la mosaïque
de l'orge



Photo FUSAGx

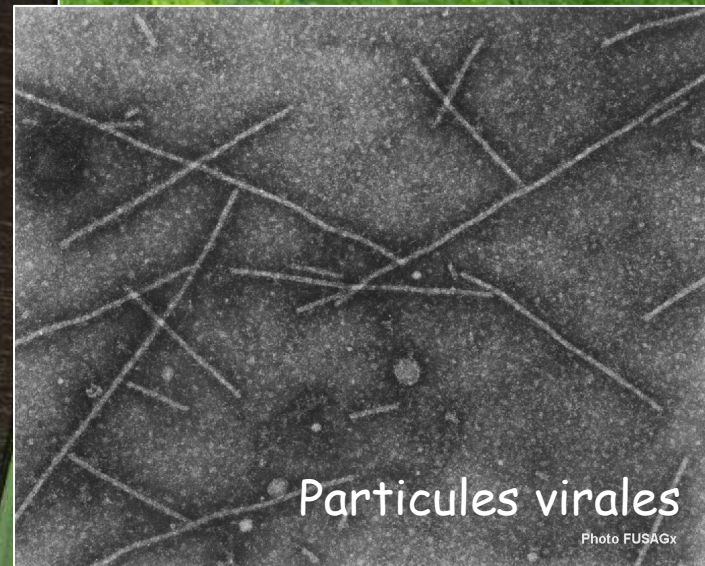


Photo FUSAGx



Exemple de maladie virale



Virus de la mosaïque dorée
du haricot
(BGMV)



Mosaïque virale sur courgette



Synthèse des causes des maladies chez les plantes

Agents parasites

*Parasites facultatifs
ou obligatoires*

Virus, viroïdes
Bactéries, phytoplasmes, protozoaires,
champignons, phanérogames non
chlorophylliens,
Phanérogames chlorophylliens

Agents non parasites (physiques-chimiques)

Climat { Froid, chaud, sécheresse, excès de
précipitation, grêle, foudre, vent, neige

Nutrition { Déséquilibres, carences, excès, pH, salinité,
toxiques naturels

Pollution { Atmosphérique (SO_2 , F, etc...), sols, eaux
(nitrate, pesticides), poussières industrielles
(Pb, Zn), pesticides (herbicides)



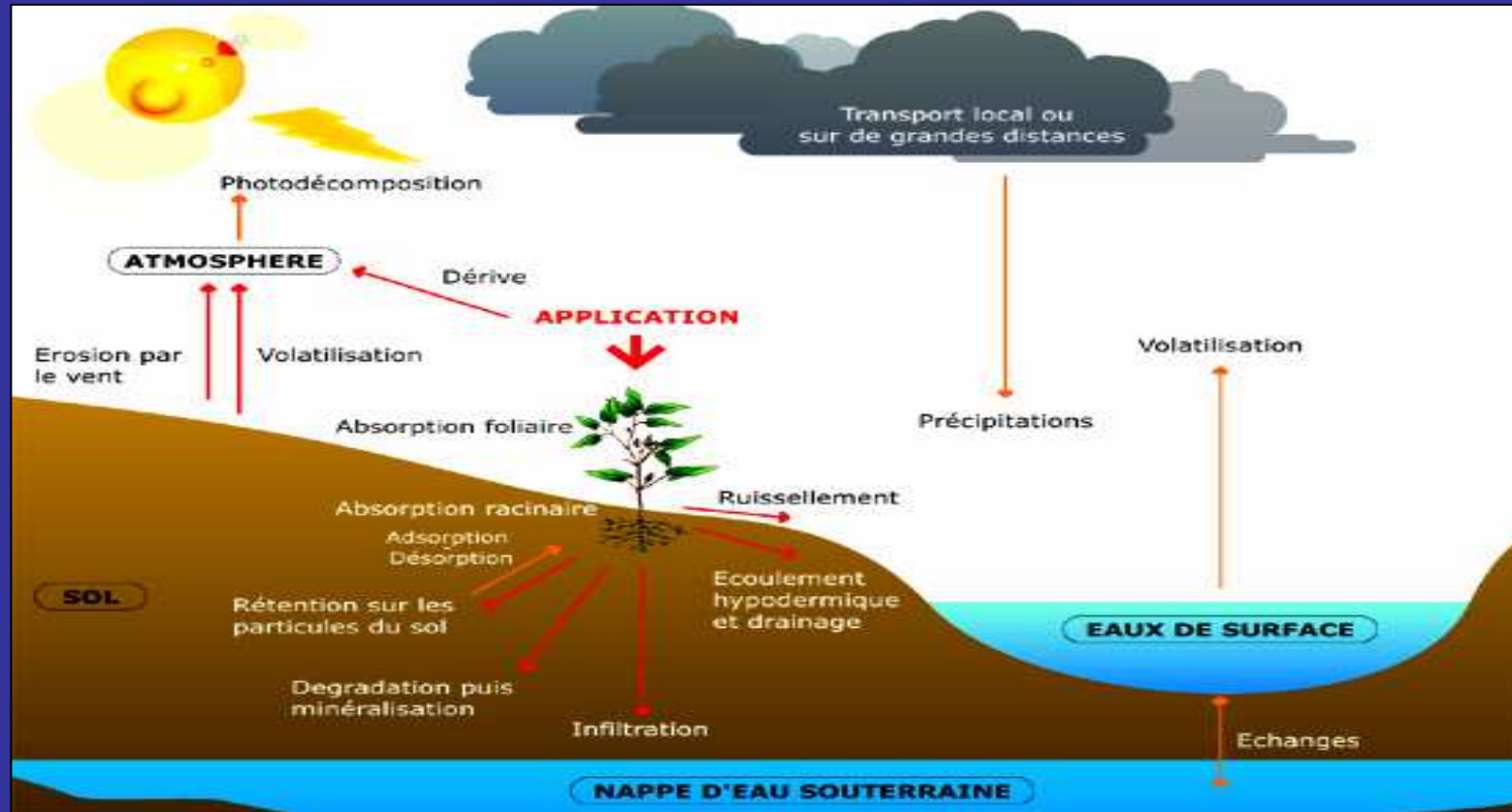
Les enjeux de la protection des cultures

Amélioration de la production

- Limiter les pertes de rendement
- Limiter les dégradations qualitatives des productions végétales :
 - Aspect (ex : taches sur fruit)
 - Goût (ex : vin)
 - Etat sanitaire (ex : mycotoxines, LSD)



Préserver l'environnement



www.srpv-midi-pyrenees.com

www.gramip.fr

- Eaux (ex : atrazine)
- Sols (ex : cuivre, lindane)
- Équilibres naturels (ex : imidaclopride)



Préserver l'environnement

- Transport des produits phytosanitaires
- Stockage des produits phytosanitaires :

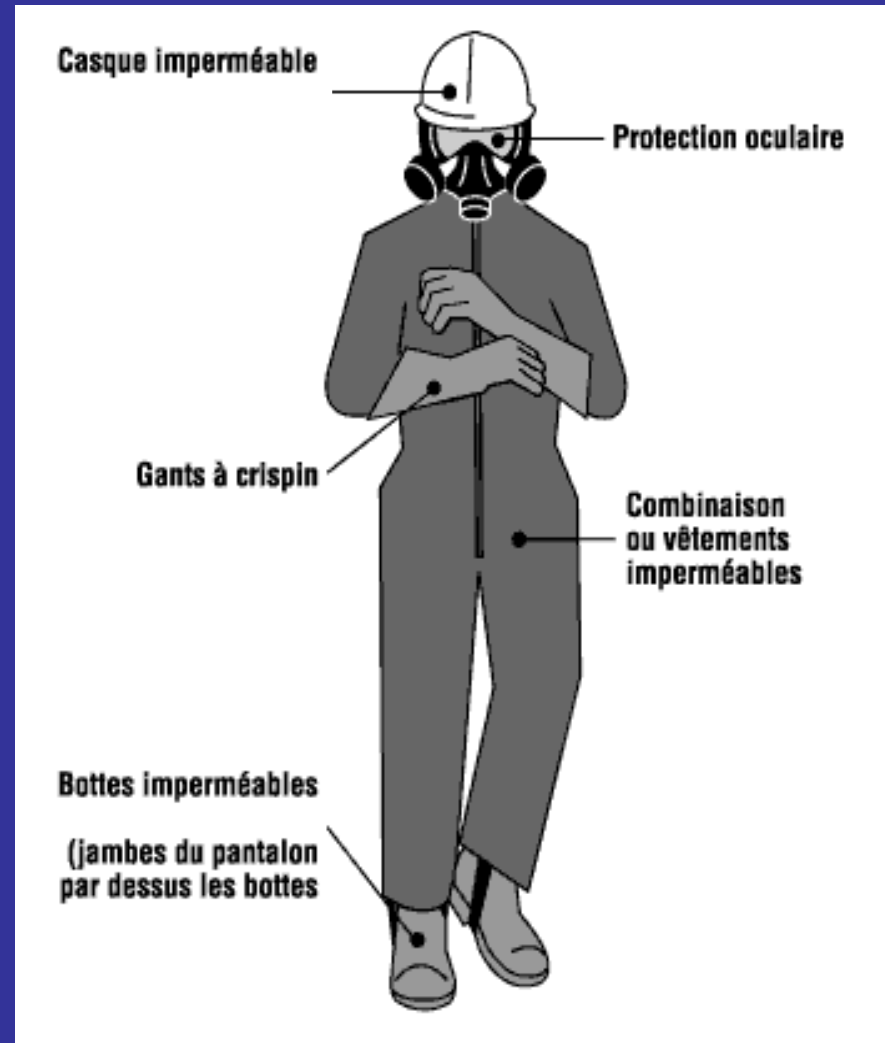


- Préparation des bouillies, réglage des buses, rinçage des cuves
- Recyclage des déchets de produits phytosanitaires :



Préserver du manipulateur

Produit phytosanitaire
= biocide



Equipements de Protection Individuelle

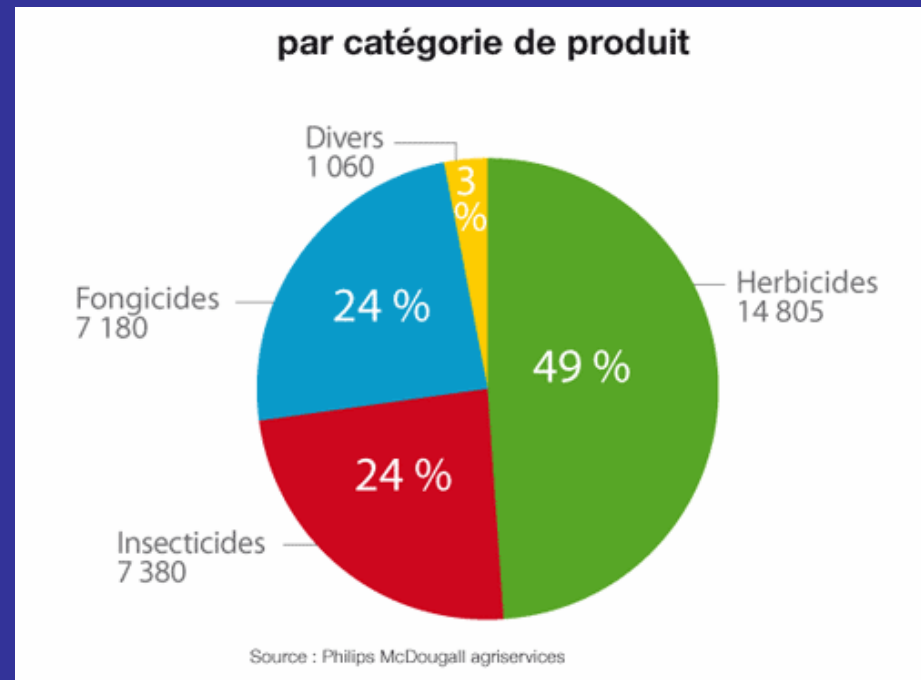
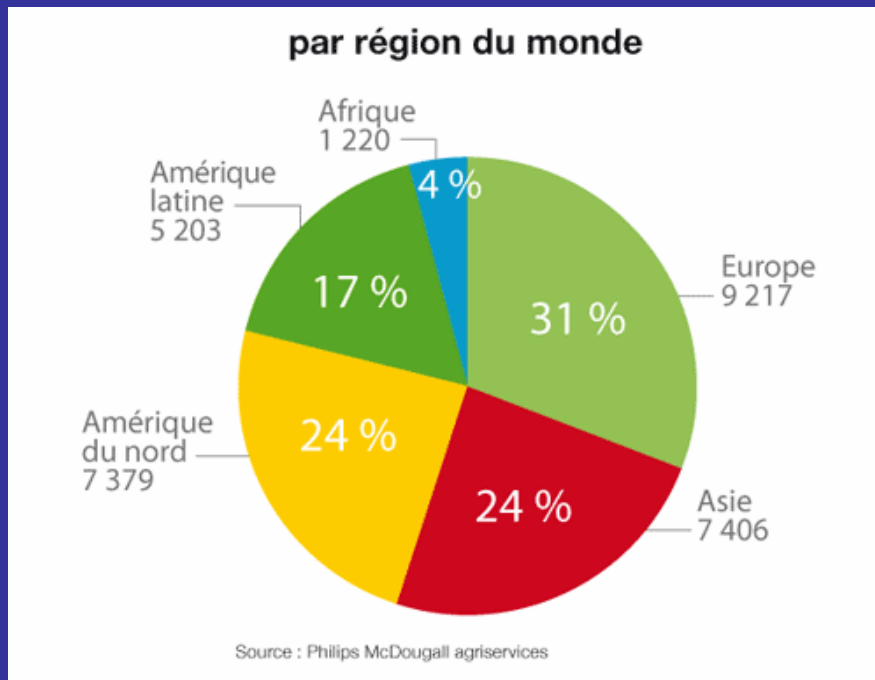


Résultats économiques de l'UIPP

(Union des Industriels de la Protection des Plantes)

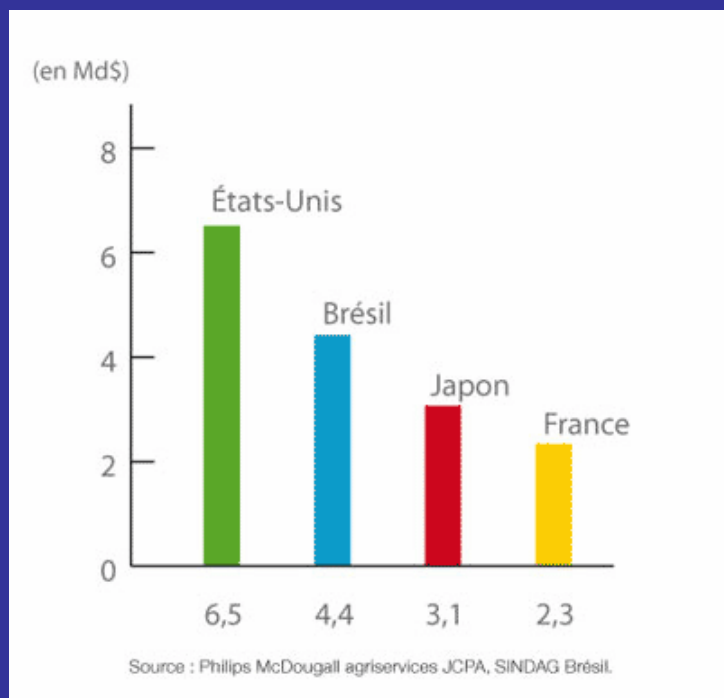
<http://www.uipp.org>

Répartition du marché mondial 2006 par région du monde et par catégorie de produits

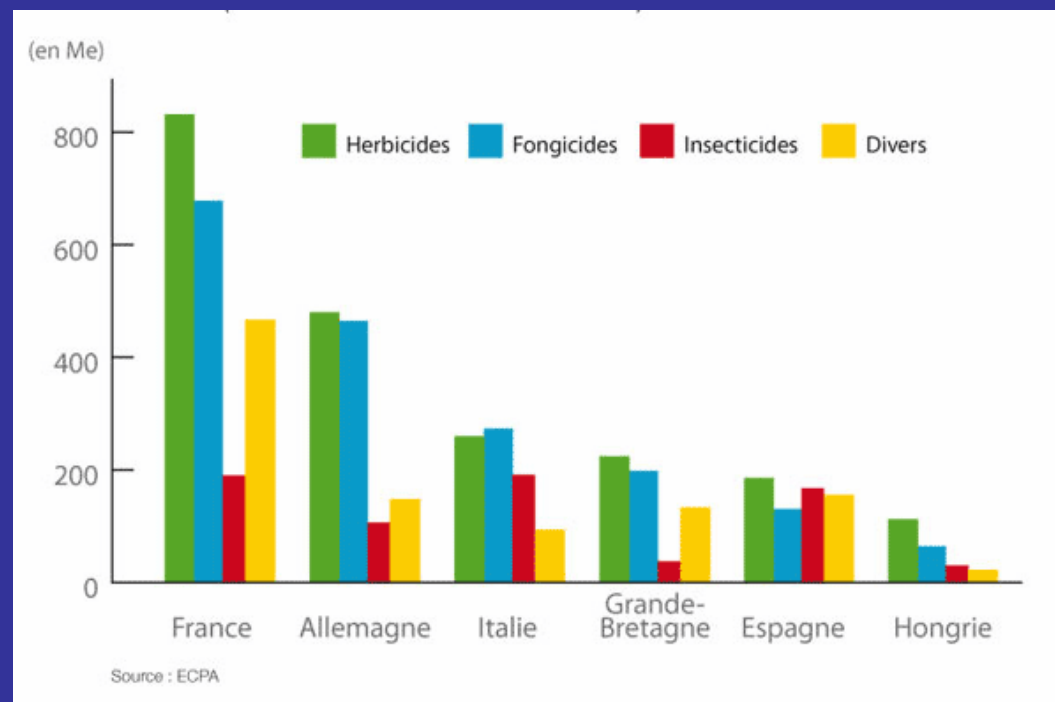


Les principaux marchés phytosanitaires en 2005 (en millions d'euros)

Monde

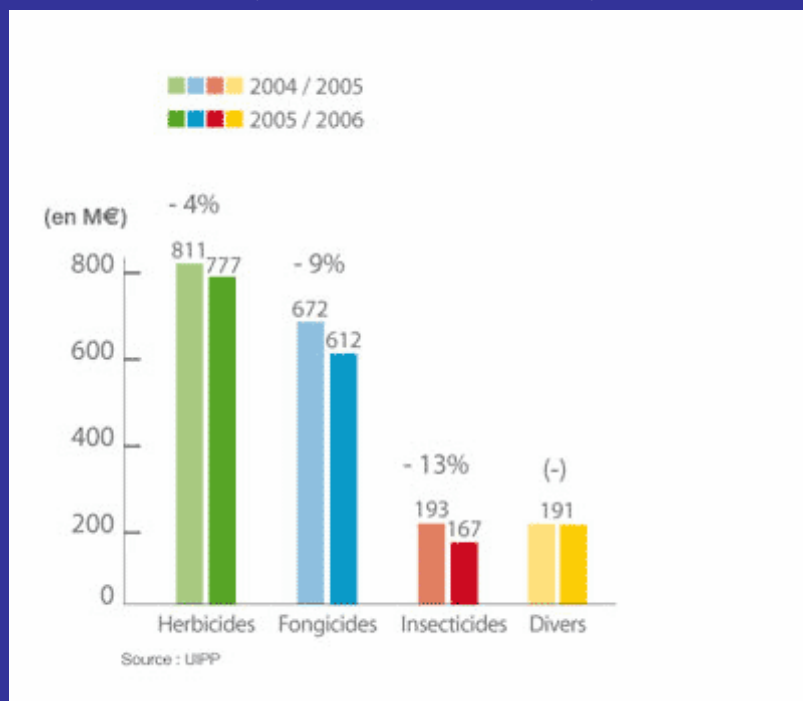


Europe

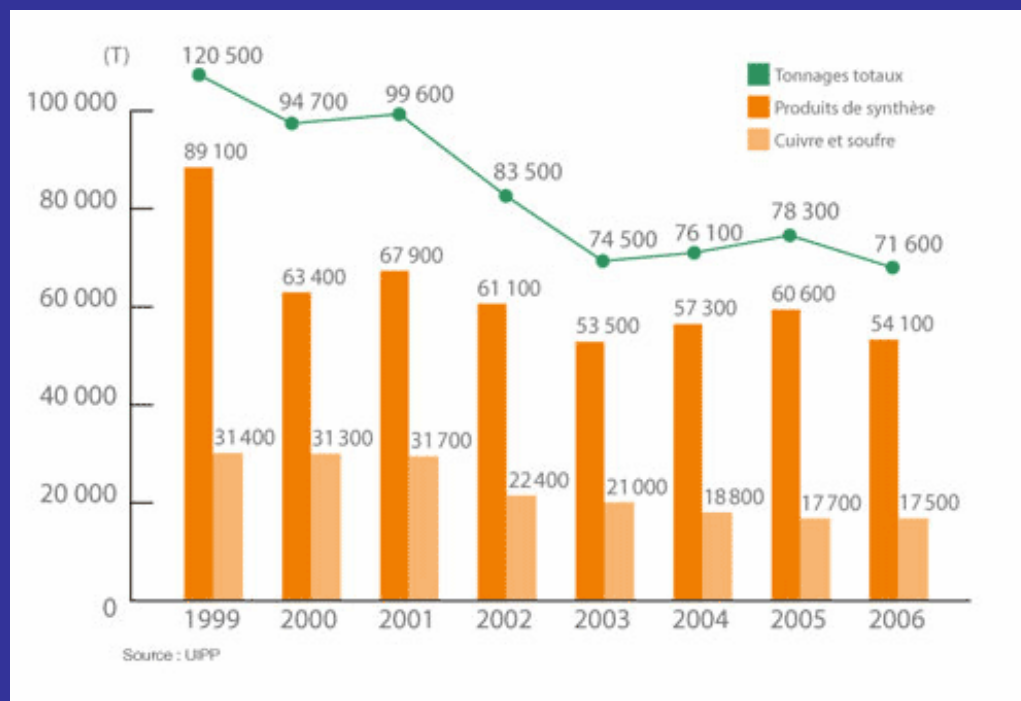


Situation actuelle en France

Evolution du chiffre d'affaires des campagnes agricoles par famille de produits (en millions d'euros)



Tonnage des substances actives vendues de 1999 à 2006



Analyse de l'UIPP

Les ventes en France en 2006 :

Depuis 1999, un marché structurellement en baisse.

- Une baisse moyenne des utilisations estimée à 2,2 % par an.
- Une baisse cumulée des ventes aux distributeurs de 13 %.
- Une baisse cumulée des tonnages vendus de 40,5 %.

Campagne agricole 2005 / 2006 :

Baisse de 6,4 % par rapport à la campagne précédente (1,747 milliards d'euros).

Résulte de facteurs structurels (agriculture raisonnée, pressions réglementaires et économiques) et de facteurs conjoncturels (conditions climatiques et faible parasitisme).

• Fongicides : - 9%

Conditions climatiques (hiver long, un mois de mai marqué par de la pluie et du vent, et un mois de juin chaud et sec) ont stoppé la progression des maladies sur l'ensemble des cultures.

• Herbicides : - 4%

Raisonnement des programmes de désherbage tant en automne qu'en sortie d'hiver, liée aux conditions climatiques et au faible salissement des parcelles (céréales). Sur maïs, changement de comportement, réduction des surfaces et bonne efficacité des traitements de pré-levée.

• Insecticides : - 13 %

Tous les marchés (céréales, vigne, colza) ont été marqués par une pression des ravageurs faible à très faible.

http://e-phy.agriculture.gouv.fr/

e-phy
Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE

ACTUALITÉ voir toute l'actualité

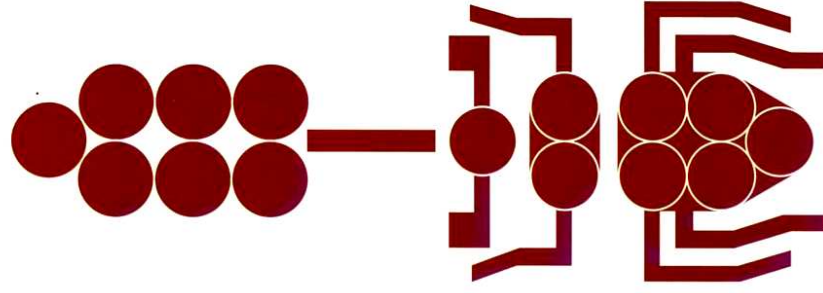
- Communiqué de presse du ministre sur le recours plus simple aux mélanges de produits phytosanitaires Paris, le 25 mars 2005
- Catalogue des usages en cours mise à jour 2002
- La liste des désinfectants agréés MRC au titre de l'arrêté du 28/02/57 est désormais consultable à <http://www.agriculture.gouv.fr>, cliquer ressources, santé et protection des animaux, maladies animales ou animaux d'élevage, pharmacie
- Comptes rendus de la Commission d'Etude de la Toxicité des produits antiparasitaires et assimilés à usage agricole.
- Comptes rendus du Comité d'Homologation des produits antiparasitaires à usage agricole.

MENU

- Produits phytosanitaires
- Usages
- Produits phytosanitaires retirés
- Comités
- Substances
- LMR
- Effets non intentionnels
- Toxicologie
- Mélanges
- Matières fertilisantes
- Firmes
- Mentions
- Recherche libre
- Portail DGAL/SDQPV
- Contacts

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE

**INDEX
PHYTOSANITAIRE
ACTA
2007**

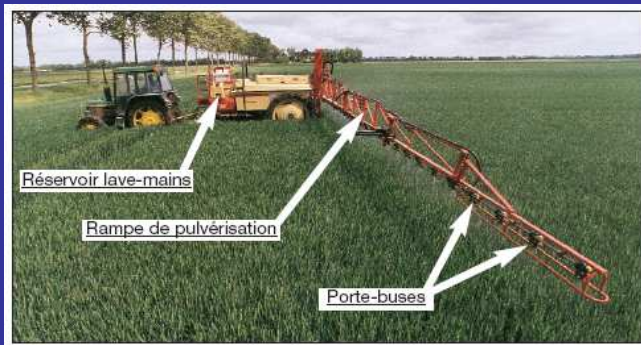


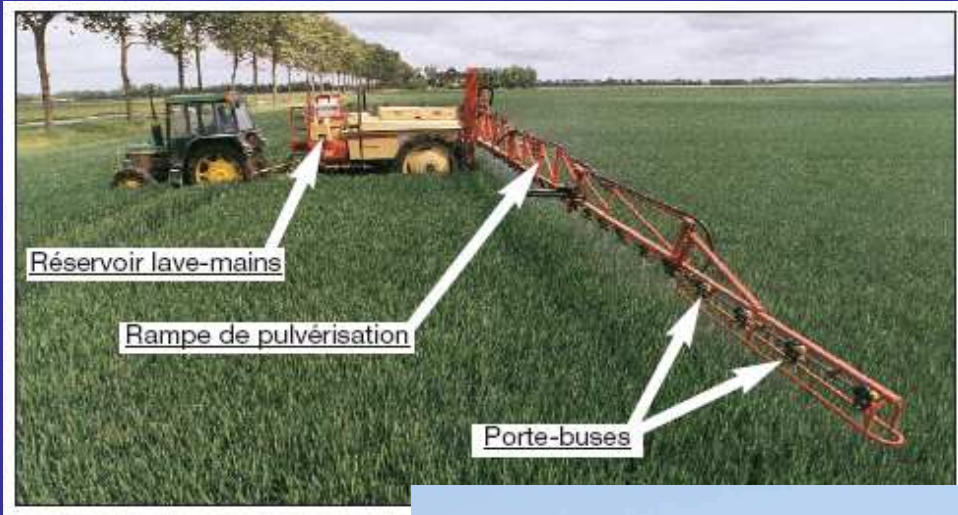
ACTA

Les solutions actuelles

Les produits phytosanitaires

- Retrait de l'homologation de produits dangereux :
 - arsenite de sodium (Esca)
 - organo-chlorés (insectes)
- Disparition de 20 à 30% des produits phytosanitaires (Europe)
- Réduction des doses de matières actives :
 - 1950 : 1000g/ha
 - aujourd'hui : <100g/ha
- Réduction des volumes de bouillies (ULV < 5L/ha)
- Produits à large spectre (ex : strobilurines)





Pulvérisateur
à rampe



Pulvérisateur
à rampe



Pulvérisateur atomiseur



Les produits phytosanitaires

- Stimulateurs de défenses naturelles (SDN)
 - acide salicylique
 - extraits d'algues
- Formulations plus sûres pour le manipulateur
 - formulations liquides
 - formulations en granulés dispersibles

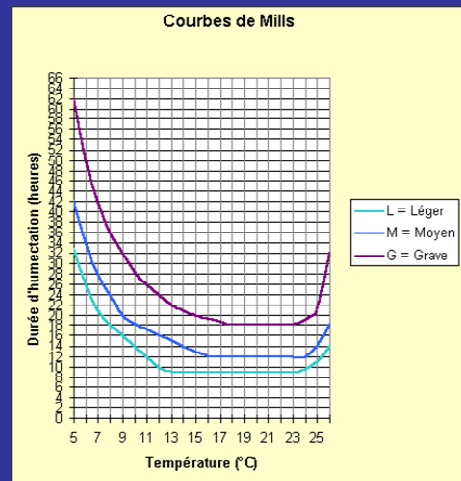
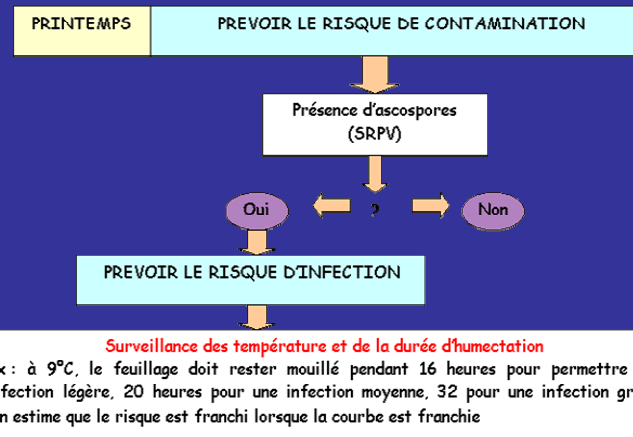


Le raisonnement de la lutte

- Estimation du risque à l'échelle de la parcelle pour raisonner les traitements et donc éviter la lutte chimique systématique
- Intérêts :
 - environnement et économies
 - gestion des résistances
- « Le bon produit, au bon moment, sur la bonne cible »
- Diagnostics plus rapides et plus fiables
- Prévission de l'apparition et du développement des problèmes phytosanitaires :
 - modèles de prévision
 - avertissements agricoles



Exemple de prévision du risque maladie



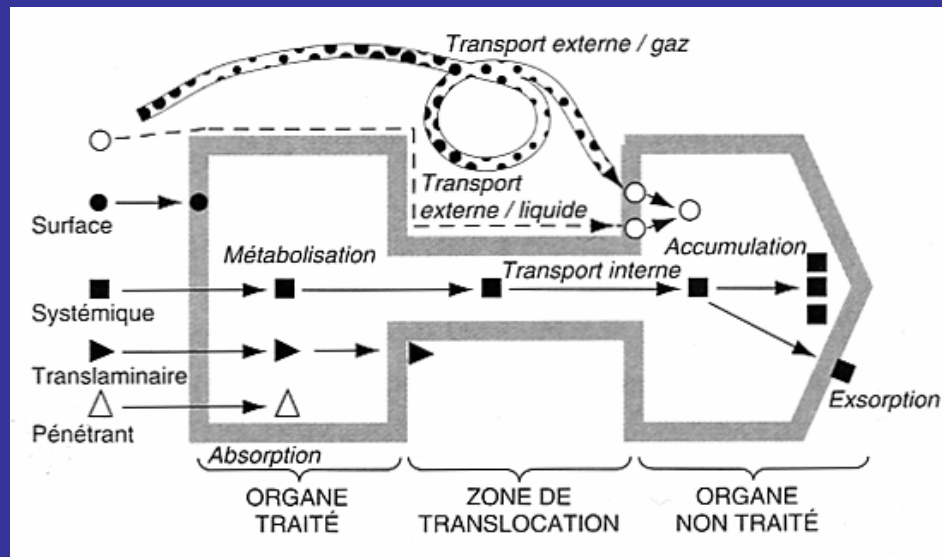
Avertissements agricoles



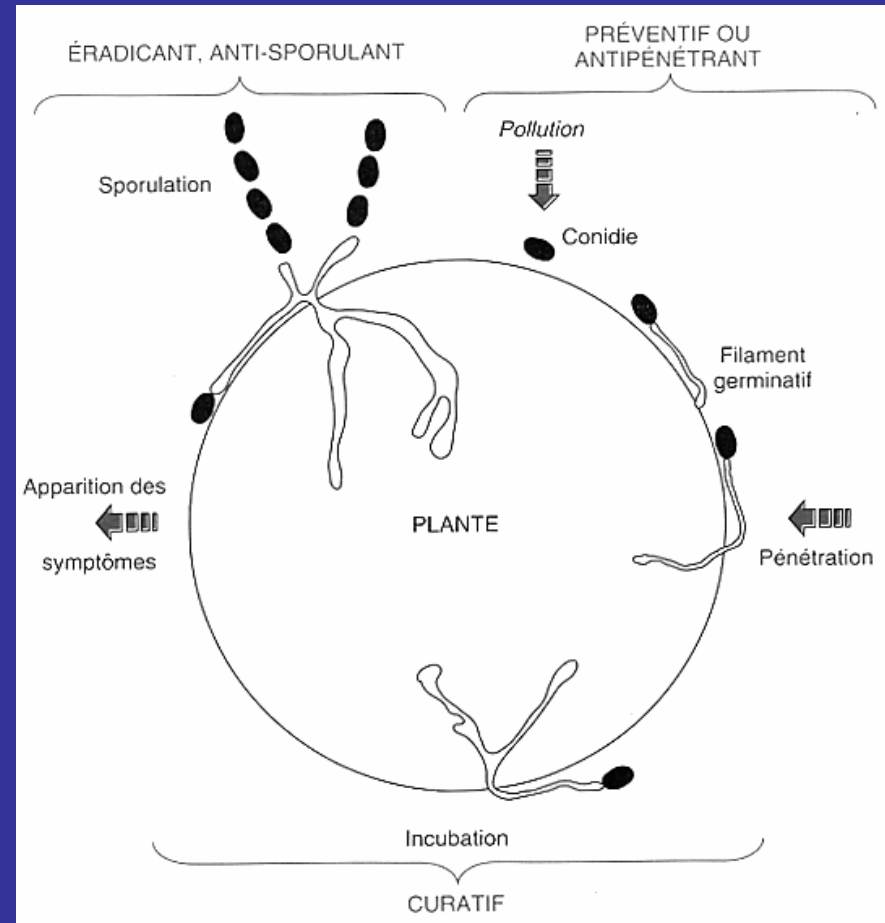
Mode d'action des fongicides

Produit phytosanitaire :

- nom commercial
- matière(s) active(s)
- adjuvants



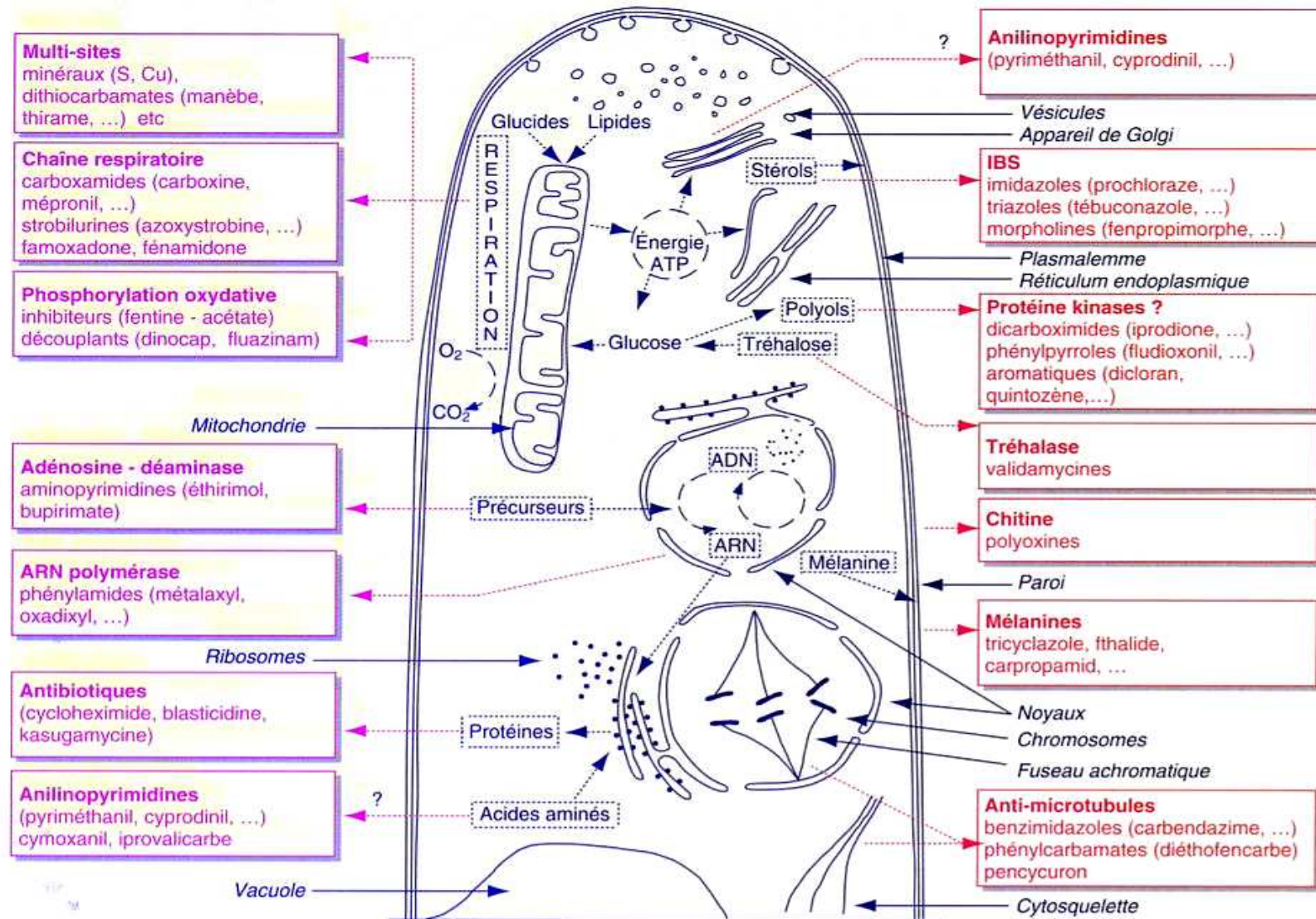
Comportement des produits phytosanitaires au niveau des plantes



Effet des fongicides sur les diverses phases du cycle épidémique de base d'un champignon pathogène



Mode d'action des fongicides



La prévision du risque maladie

- Virulence / Avirulence
- Agressivité
- Disponibilité

AGENT PATHOGENE



MALADIE
(interaction)

PLANTE HOTE

- Résistance / Sensibilité
- Tolérance
- Réceptivité

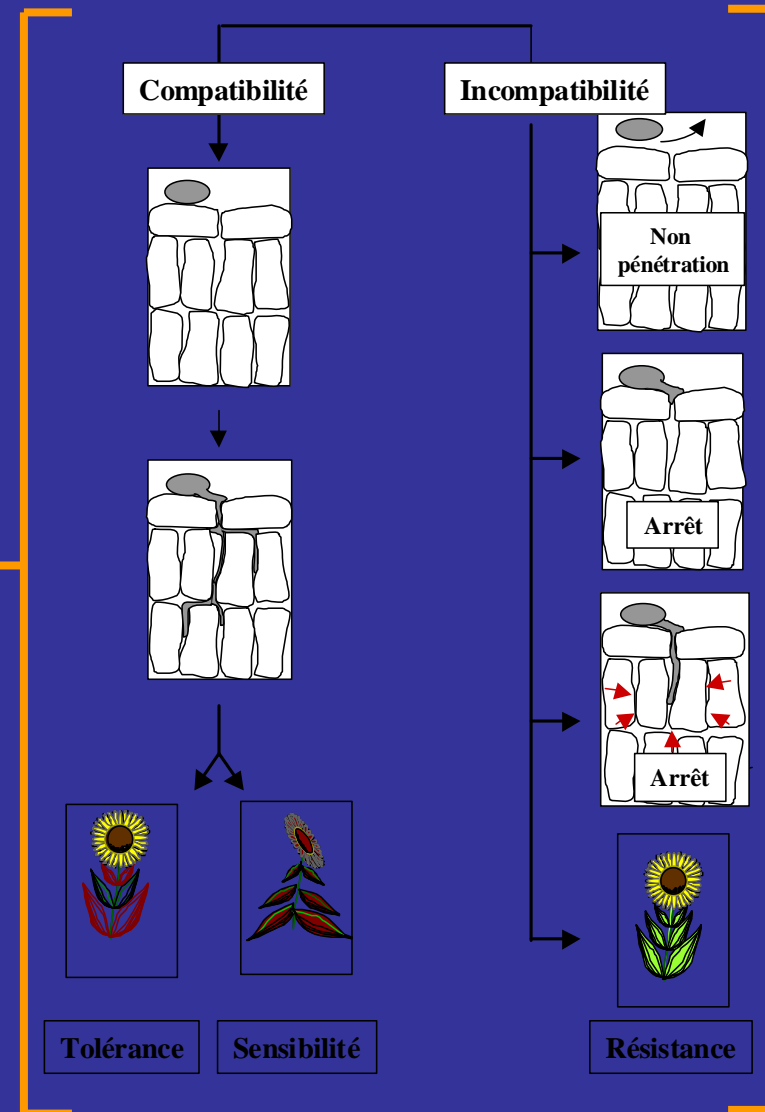
ENVIRONNEMENT

- Facteurs biotiques
- Facteurs abiotiques



Relations compatibles et incompatibles

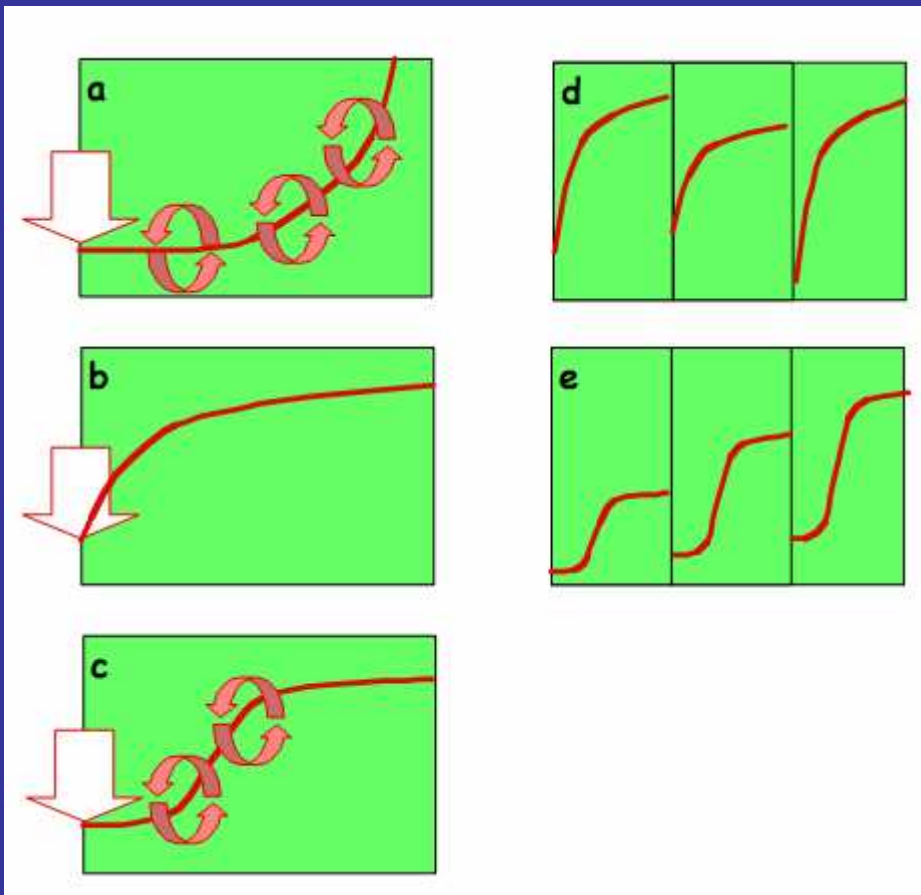
La relation parasitaire **compatible** aboutit à une multiplication active du pathogène et à une colonisation de tout ou partie de l'hôte par ce dernier



La relation parasitaire **incompatible** correspond à un arrêt précoce de la croissance du parasite et de la colonisation de l'hôte



Typologie des cycles biologiques des bio-agresseurs








Dynamiques exponentielle (a), monocyclique (b), polycyclique (c), et polyétiques (d, e)

Les flèches de grande dimension en début de cycle représentent un influx, ou la mobilisation, de populations initiales. Les flèches en boucle représentent des processus monocycliques

Les processus exponentiels et monocycliques résultent à la fois d'un influx initial et de processus monocycliques successifs, tandis que ces derniers font défaut dans le cas de dynamiques mono-cycliques. Les dynamiques polyétiques résultent de l'enchaînement (au cours de générations d'hôtes successifs, au cours des années ou des saisons) de dynamiques monocycliques (d) ou polycycliques (e).



La lutte biologique

- Insectes / insectes : (lutte biologique *sensus stricto* en entomologie)
 - insectes aphidiphages (coccinelles, syrphes) 
- Champignons / ravageurs :
 - *Beauveria* contre chenilles 
- Bactéries / ravageurs :
 - *Bacillus thuringiensis* contre chenille de la processionnaire du pin
- Virus / insectes : 
 - Carpovirusine contre carpocapse 
- Champignons / champignons :
 - *Coniothyrium minitans* contre *Sclerotinia* 
- Champignons / mauvaises herbes : rétropathologie
 - mycoherbicides





Syrphe adulte



Larve de syrphe avec des pucerons





Larves de syrphe en action de
prédation contre des pucerons





Pyrales adultes



Larve de pyrale



University of Nebraska
Department of Entomology

Larve de pyrale parasitée
par *Beauveria*



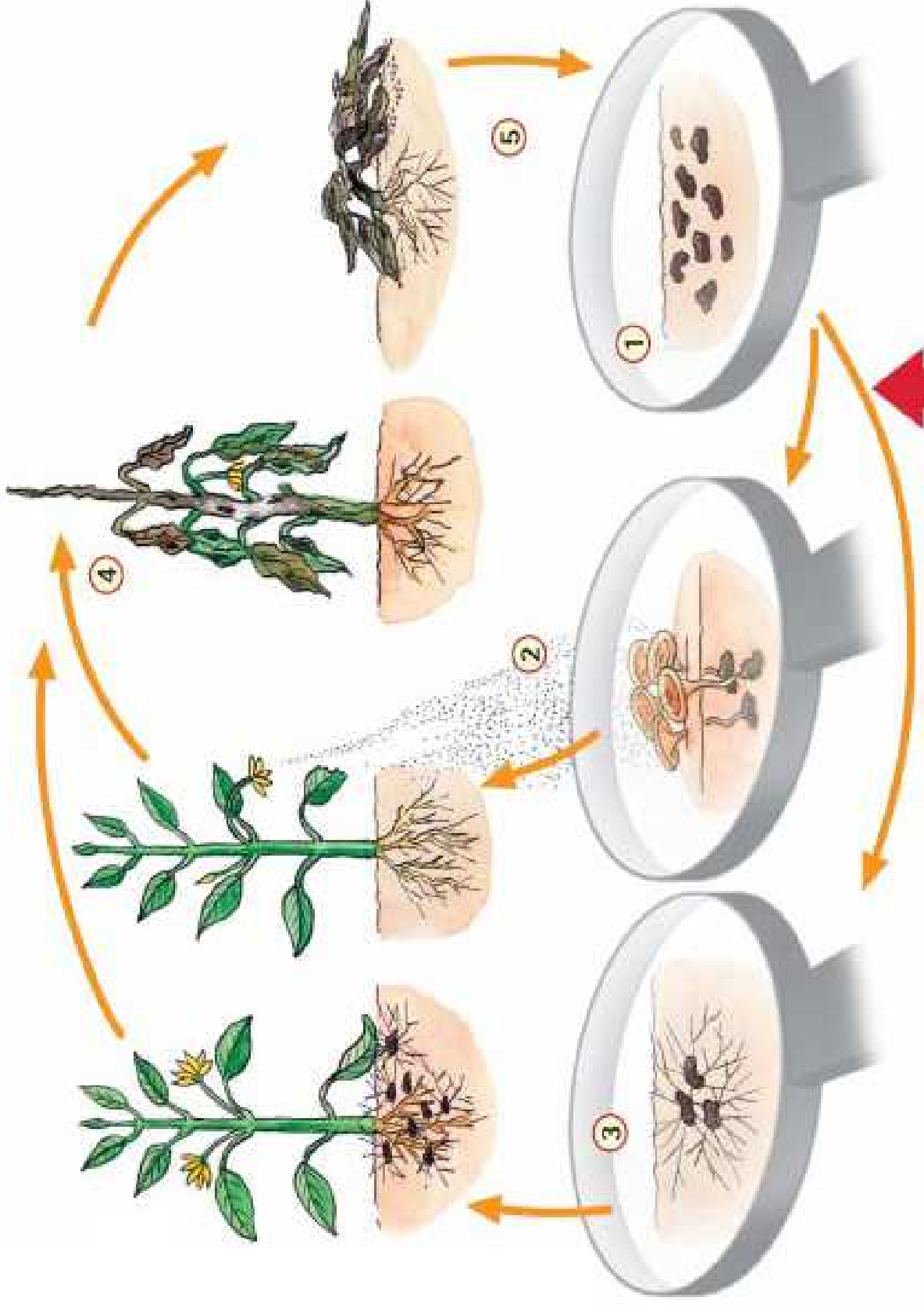
Chenille de la processionnaire du pin





Carpocapse du pommier





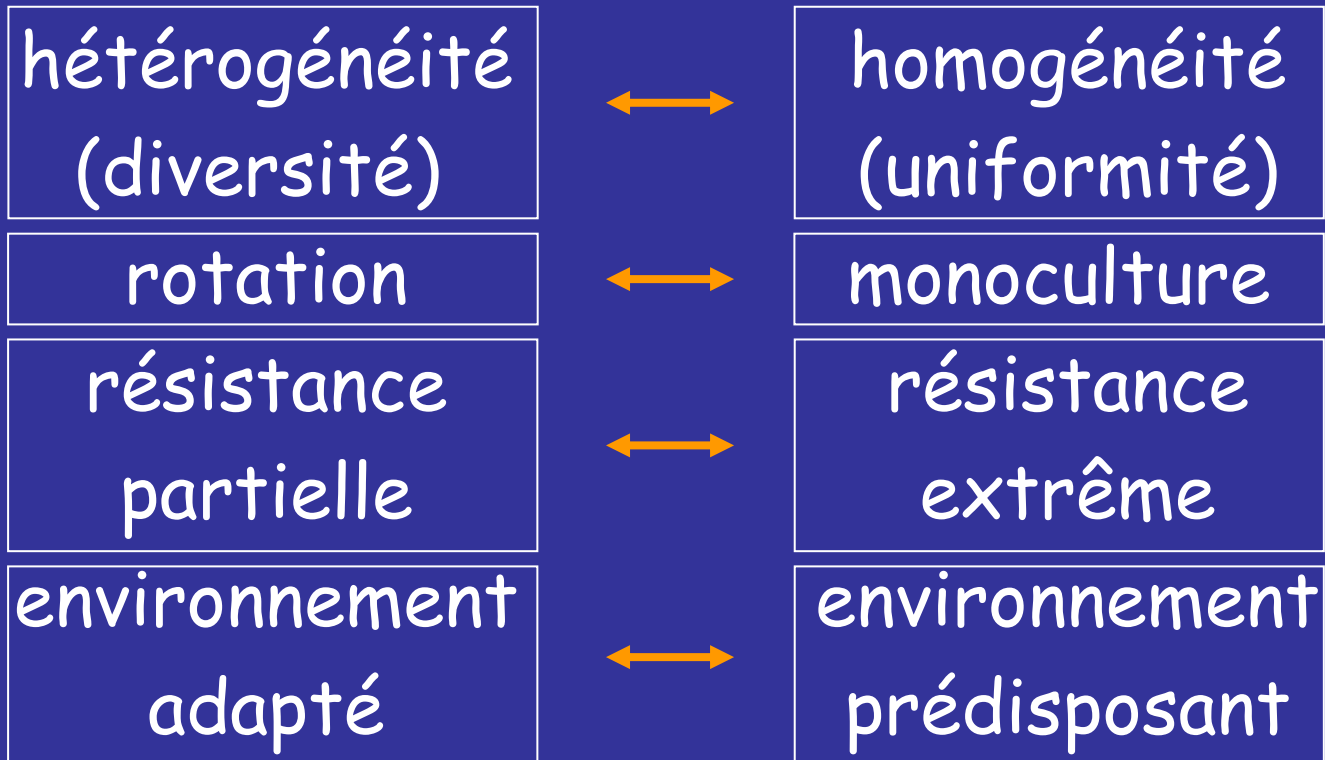
Contans[®]WG breaks this cycle of disease.
Its active agent *Coniothyrium minitans* attacks
and destroys the sclerotia in the soil.

La protection intégrée

- Principe : limiter le plus possible les traitements chimiques
- Prophylaxie :
 - emploi de matériel végétal sain
 - élimination des déchets de culture
- Méthodes culturales :
 - assolements, rotations
 - variétés résistantes ou tolérantes
 - dates de semis
 - manipulations
 - fumures et amendements
 - alimentation en eau
- Méthodes biologiques
- Méthodes biotechniques (RCI, confusion sexuelle)



Intensifier = fragiliser le système de production



Productivité faible mais stable
(peu d'intrants)



Productivité élevée mais fragile
(intrants nombreux)



Bibliographie

Parasites :

<http://www.inra.fr/internet/Produits/HYP3/index.html>

Ravageurs :

<http://www.inra.fr/internet/Produits/HYPPZ/index.htm>

Mauvaises herbes :

http://www.dijon.inra.fr/malherbo/hyppa/hyppa-f/hyppa_f.htm

Livres :

Guide pratique de défense des culture, Editions ACTA

Phytopathologie, Philippe Lepoivre, Les Presses Agronomiques de Gembloux

<http://www.fsagx.ac.be/pp/Phytopat/Partie0/AccueilCD.htm>

Plant pathology, George N. Agrios, Academic press