Protection des cultures contre les maladies à l'aide de microorganismes : état de l'art et perspectives

Marc Bardin

▶ **To cite this version:**

Marc Bardin. Protection des cultures contre les maladies à l'aide de microorganismes : état de l'art et perspectives. Med'agri, Oct 2018, Avignon, France. 34 p. hal-01974613

HAL Id: hal-01974613
https://hal.science/hal-01974613

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Protection des cultures contre les maladies à l'aide de microorganismes : état de l'art et perspectives

Marc Bardin
Pathologie Végétale
INRA PACA - Avignon

Avignon, 18/10/2018

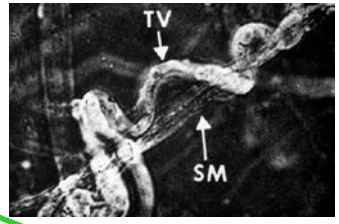
Biocontrôle

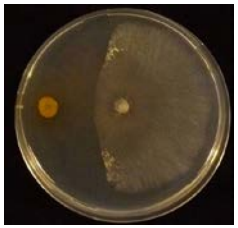
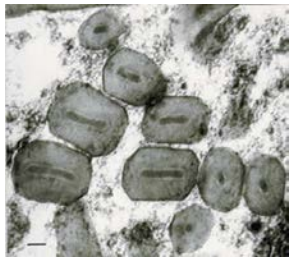
4 catégories (Ecophyto) – LAAAF Art 253-6

- **Macroorganismes : invertébrés auxiliaires**

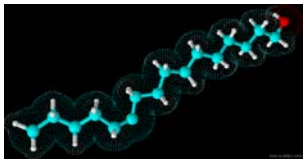
Produits phytopharmaceutiques

- **Microorganismes : champignons, bactéries, virus**

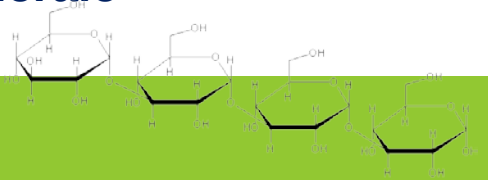


- **Médiateurs chimiques: phéromones…**



- **Substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale**



_01

Procédure d’homologation des microorganismes de biocontrôle

Réglementation – homologation (EU, France)

Produits phytopharmaceutiques

- **Microorganismes : champignons, bactéries, virus**

Soumis à la règlementation en vigueur concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (**Règlement CE n°1107/2009**), entré en vigueur en juin 2011, qui s'applique à tous les produits de synthèse ou naturels

Réglementation – homologation (EU, France)

Produits phytopharmaceutiques

- **Microorganismes : champignons, bactéries, virus**

➔ **Substance active: inscription sur une liste positive** (= *EU pesticide database*)
http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/

"Under the new EU rules, it takes **2.5 to 3.5 years** from the date of admissibility of the application to the publication of a Regulation approving a new active substance. This **time varies greatly** depending on how complex and complete the dossier is."

➔**Spécialité commerciale: Autorisation de Mise sur le Marché (= homologation) donnée par chaque état membre**
https://ephy.anses.fr/

France: AMM délivrée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)

Toxicologie + efficacité

"Le délai pour statuer sur une demande d'AMM est restreint à 6 mois pour les produits de biocontrôle."

https://www.anses.fr/fr/content/documents-relatifs-aux-autorisations-de-mise-sur-le-march%C3%A9-amm-des-produits

_02

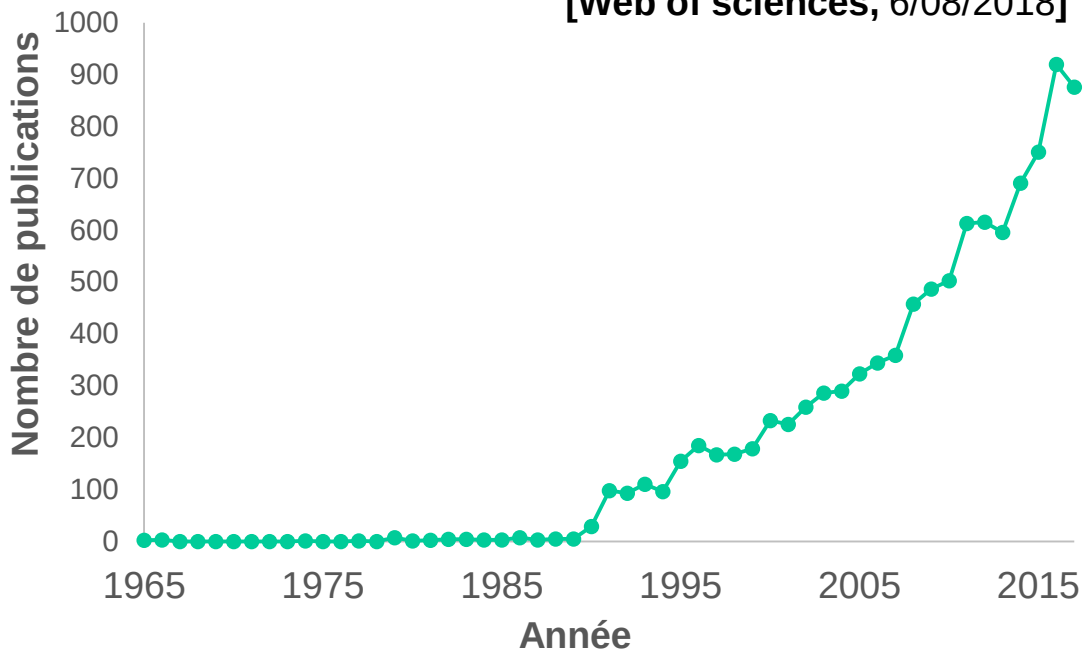
Situation actuelle des microorganismes de biocontrôle contre les maladies des plantes

Situation actuelle

➔ Beaucoup de travaux de recherche

(biocontrol or biological control) and (plant pathogen or plant disease)

[Web of sciences, 6/08/2018**]**



accélération des efforts de recherche (années 1990)

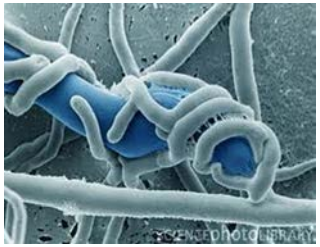
> 10000 pub (1965-2018)

➔ **identification de nombreux microorganismes avec un potential de biocontrôle**

Situation actuelle

➔ Beaucoup de travaux de recherche

➔ Commercialisation de microorganismes de biocontrôle contre les maladies des plantes



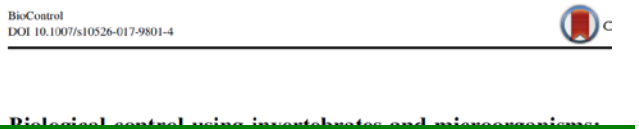
au niveau mondial

- **44 microorganismes**:
  25 champignons/levures/oomycètes + 14 bactéries/actinomycètes + 5 virus/phages

Gwynn, 2014. *Manual of Biocontrol agents*

- **91 microorganismes**:
  49 champignons/levures/oomycètes + 37 bactéries/actinomycètes + 5 virus/phages

van Lenteren et al, 2018. *BioControl*


BioControl
DOI 10.1007/s10526-017-9801-4

Liste des bases de données sur les produits phytosanitaires homologués dans les regions Européenne et Méditerranéenne
https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_protection_products/registered_products

Situation actuelle

➔ Beaucoup de travaux de recherche

➔ Commercialisation de microorganismes de biocontrôle contre les maladies des plantes

Europe: 'EU Pesticide Database' (28/08/2018)
(http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/)

Situation actuelle

➔ Beaucoup de travaux de recherche

➔ Commercialisation de microorganismes de biocontrôle contre les maladies des plantes

Europe: 'EU Pesticide Database' (28/08/2018)
(http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/)

32 microorganismes
18 champignons/levures/oomycètes + 10 bactéries/actinomycètes + 4 virus

+ 9 souches microbiennes "en attente"

4 champignons/levures/oomycètes + 3 bactéries/actinomycètes + 2 virus

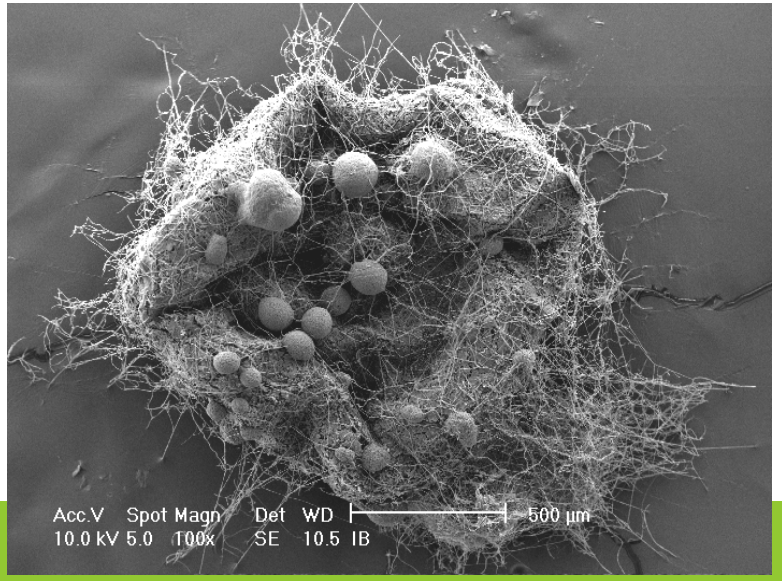
18 champignons/levures/oomycètes

Status on 28/8/2018

PLANTS
EU Pesticides database

Coniothyrium minitans	2004	18	AT BE CZ DE DK EL ES FR HU IE IT LU NL PL PT SE SK UK (+ FI)

Hyperparasite de *Sclerotinia sclerotiorum, S. minor*



18 champignons/levures/oomycètes

Status on 28/8/2018

PLANTS
EU Pesticides database

Coniothyrium minitans	2004	18	AT BE CZ DE DK EL ES FR HU IE IT LU NL PL PT SE SK UK (+ FI)
Ampelomyces quisqualis	2005	14	BE CY DE DK EL ES FR IE IT LU NL SI SK UK
Gliocladium catenulatum	2005	14	AT BE CY DE DK EE ES FI FR IE NL SE UK (+ HU)
Paecilomyces lilacinus [251]	2008	5	BG, CY, EL, ES, IT
Phlebiopsis gigantea	2009	9	DK EE FI FR LT LV PL SE UK
Pythium oligandrum	2009	4	CZ, FR, HU, IT, PL, SK, UK (+ AT ES)
Trichoderma aspellerum [(3)]	2009	7	DE, EL, ES, FR, IT, PL, PT (+ NL)
T. atroviride IMI 206040 + T11	2009	3	EL, IT SE (+ SK)
T. gamsii ICC080	2009	8	DE, EL, ES, FR, IT, NL, PL, PT
T. harzianum T22 + ITEM 908	2009	12	BE, DK, EL, ES, FR, HU, IE, IT, NL, PL, SE, UK
T. polysporum IMI 206039	2009	1	SE
Verticillium albo-atrum	2009	5	DE, DK, NL, SE, UK
Candida oleophila [O]	2013	4	AT, FR, NL, UK (+ EL, HU, IT)
T. aspellerum [T34]	2013	1	BE, FR, IE, IT, NL, PT, RO, UK
T. atroviride [I-1237]	2013	1	FR (+ IT)
Aureobasidium pullulans [(2)]	2014	13	AT, BE, DE, EL, ES, FR, HU, IT, NL, PL, PT, SI, SK
Saccharomyces cerevisiae [LAS02]	2016	?	FR?
T. atroviride [SC1]	2016	5	AT, BE, FR, LU, PT (+ CZ, ES, HU, IT)

10 bactéries/actinomycètes

PLANTS
EU Pesticides database

Status on 28/8/2018

Pseudomonas chlororaphis	2004	14	AT BE DE DK ES FI FR IT LT LU NL PT SE UK
Bacillus subtilis QST 713	2007	22	BE, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, IE, IT, LT, LU, LV, NL, PL, PT, SE, SI, SK, UK (+ AT)

Effet direct contre champignons et bactéries pathogènes
+ induction de la résistance de la plante

10 bactéries/actinomycètes

PLANTS
EU Pesticides database

Status on 28/8/2018

Pseudomonas chlororaphis	2004	14	AT BE DE DK ES FI FR IT LT LU NL PT SE UK
Bacillus subtilis QST 713	2007	22	BE, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, IE, IT, LT, LU, LV, NL, PL, PT, SE, SI, SK, UK (+ AT)
Streptomyces sp. K61	2009	12	BE, CY, EE, FI, FR, HU, IT, LT, LV, NL, SE, UK (+ AT IE)
B. firmus I-1582	2013	9	DK, EL, ES, FR, IT, NL, PT, SE, UK (+ AT, CZ, HU, SI, SK)
B. pumilus QST 2808	2014	1	FR (+ CZ IE, SI, SK)
Pseudomonas sp. DSMZ 13134	2014	15	AT, BE, CY, CZ, DE, EL, FR, HR, IE, IT, NL, RO, SE, SI, SK (+ ES)
B. amyloliquefaciens D747	2015	8	BE, CY, EL, ES, FR, IT, SI, UK (+ SK)
Streptomyces lydicus	2015	?	NL?
B. amyloliquefaciens MBI 600	2016	?	FR? (+ CZ, EL, ES, FI, HU, NL, SE, UK)
B. amyloliquefaciens FZB24	2017	?	FR? (+ AT, CZ, NL, SI)

4 virus

Zucchini Yellow Mosaic Virus wk	2013	1	FR
Pepino Mosaic Virus CH2 1906	2015	14	AT, BE, CZ, DE, EL, ES, FI, FR, HR, HU, IT, NL, PL, UK
Mild Pepino Mosaic Virus VC1	2017	?	NL? (+ SE)
Mild Pepino Mosaic Virus VX1	2017	?	NL? (+ SE)

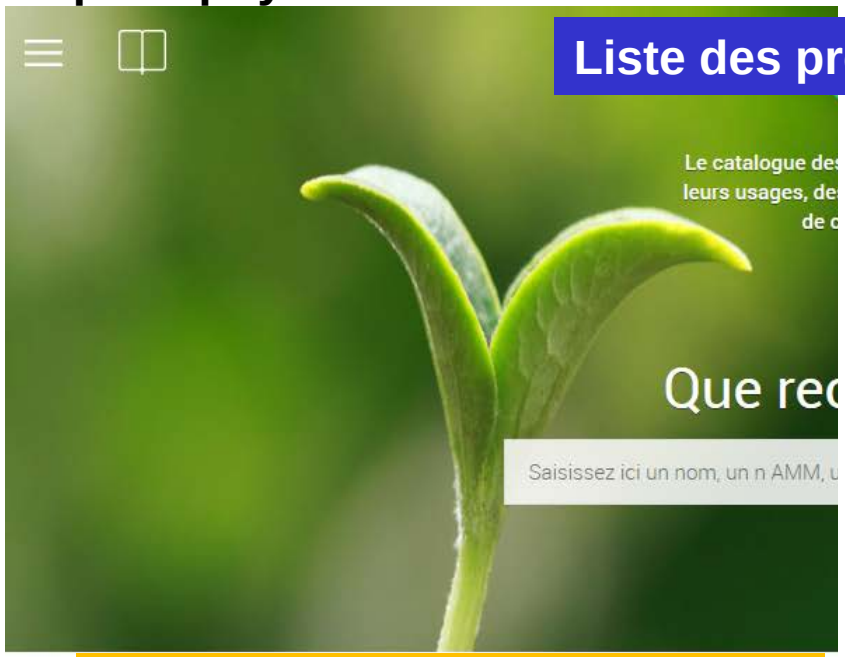
Situation actuelle

➔ Beaucoup de travaux de recherche

➔ Commercialisation de microorganismes de biocontrôle contre les maladies des plantes

- **En France**

https://ephy.anses.fr/



23 microorganismes: champignons, bactéries, virus

Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

Information

Direction générale de l'alimentation
Service des actions sanitaires en production primaire
Sous-Direction de la qualité, de la santé et de la protection des végétaux
Bureau des intrants et du biocontrôle
251 rue de Vaugirard
75 732 PARIS CEDEX 15
0149554955

Note de service

DGAL/SDQSPV/2018-726

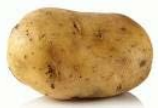
26/09/2018

Date de mise en application : 26/09/2018
Diffusion : Tout public

Cette instruction abroge :
DGAL/SDQSPV/2018-528 du 17/07/2018 : Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime.
Cette instruction ne modifie aucune instruction.
Nombre d'annexes : 1

Objet : Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime.

Situation actuelle

Situation sur la **pomme de terre**  **France (https://ephy.anses.fr/, 28/08/2018)**

Microorganisme	Cible (maladies)
Pseudomonas sp. DSMZ 13134 *Trichoderma atroviride* I-1237	Champignons du sol autres que pythiacées dont *Rhizoctonia solani* et *Helminthosporium solani*

Cibles majeures non couvertes: mildiou, maladies bactériennes, nématodes, virus…

Situation actuelle

Situation sur la **tomate**

France (https://ephy.anses.fr/, 28/08/2018)

Microorganisme	Cible (maladie)
Bacillus subtilis, B. amyloliquefaciens *Gliocladium catenulatum*	*Botrytis cinerea*
Ampelomyces quisqualis, B. amyloliquefaciens	Oïdiums
Trichoderma asperellum, T. harzianum	Champignons sol, *Pythium* spp.
B. amyloliquefaciens, G. catenulatum, Coniothyrium minitans	*Sclerotinia sclerotiorum*
B. subtilis	Bactérioses dont *Clavibacter michiganensis*
B. firmus	Nématodes
Pepino Mosaic Virus CH2 strain	Pepino Mosaic Virus

Cibles majeures non couvertes: *Phytophthora infestans*, *Passalora (Cladosporium) fulva*, *Alternaria*, TYLCV + autres virus…

Grosses disparités entre cultures

_03

Défis pour la recherche

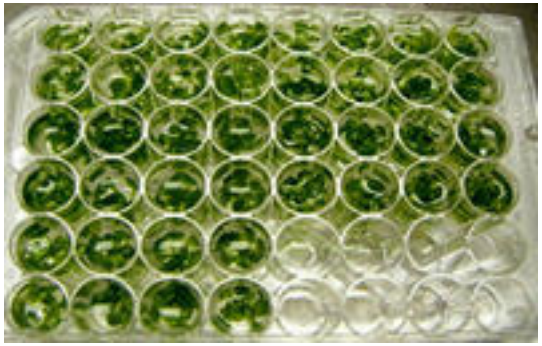
Défis pour la recherche

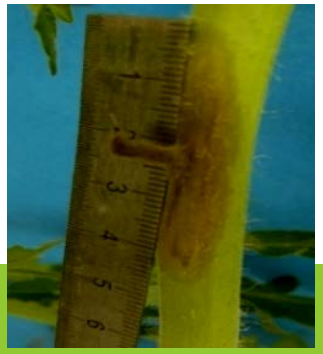
- **besoin critique de nouveaux produits:**
  - développer des stratégies de sélection à haut débit de nouveaux microorganismes

Cible (culture/agent pathogène/zone à protéger…) ?

Collection de **souches** de microorganismes: où, quand?

Méthodes de sélection adaptées



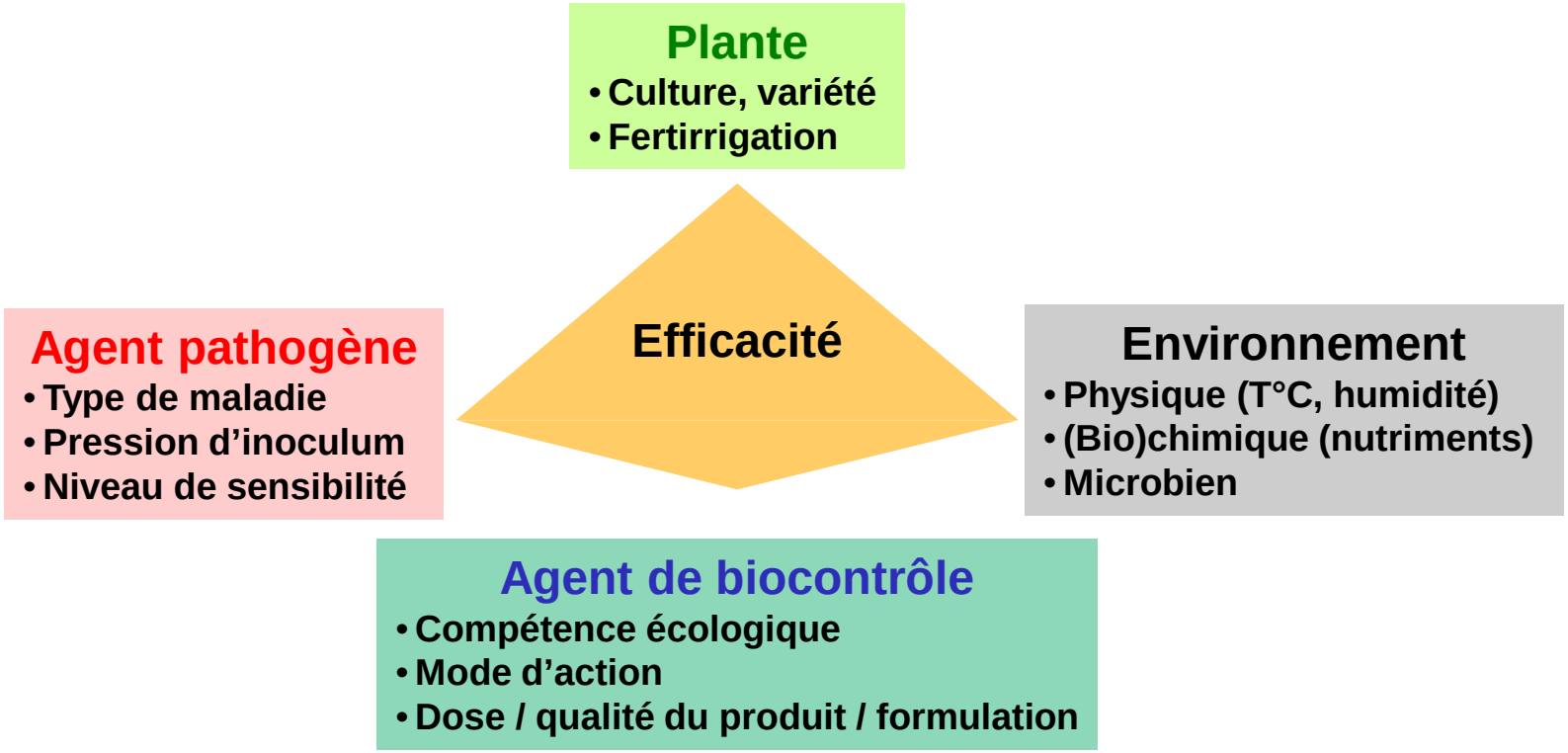


Défis pour la recherche

- **besoin critique de nouveaux produits:**
  - développer des stratégies de sélection à haut débit de nouveaux microorganismes

- améliorer **l'efficacité** de la protection
  - mieux connaitre la **biologie** et les **facteurs d'efficacité** des agents de biocontrôle microbiens

Facteurs d'efficacité



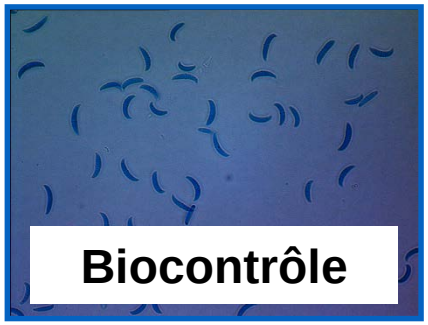
Défis pour la recherche

- **besoin critique de nouveaux produits:**
  - développer des stratégies de sélection à haut débit de nouveaux microorganismes

- améliorer **l'efficacité** de la protection
  - mieux connaitre la **biologie** et les **facteurs d'efficacité** des agents de biocontrôle microbiens
  - mieux comprendre les **mécanismes d'action**

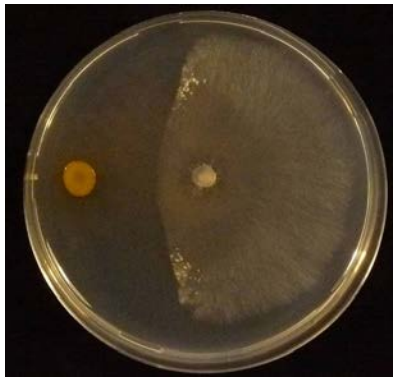
    => sélectionner des agents de lutte biologique plus performants

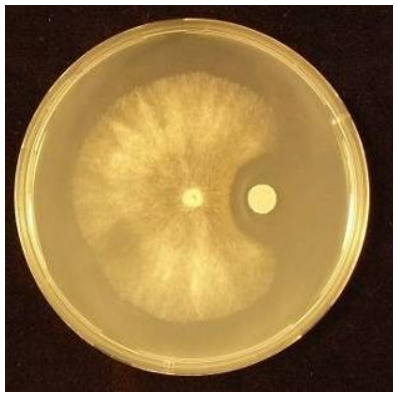
Modes d'action des agents de biocontrôle

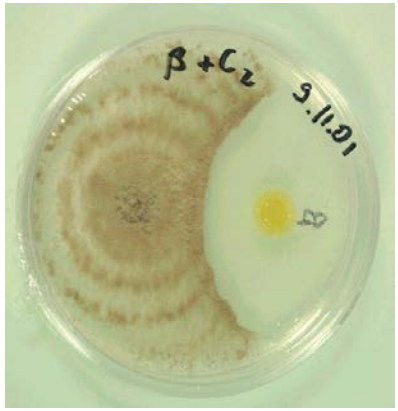


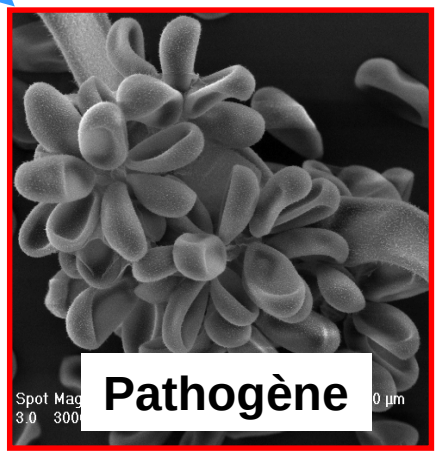
sécrétion de **métabolites toxiques** ou **enzymes** inhibant le développement des agents pathogènes

Antibiose

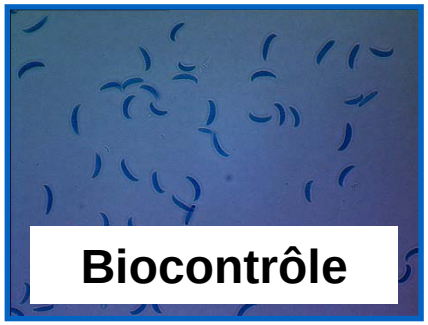






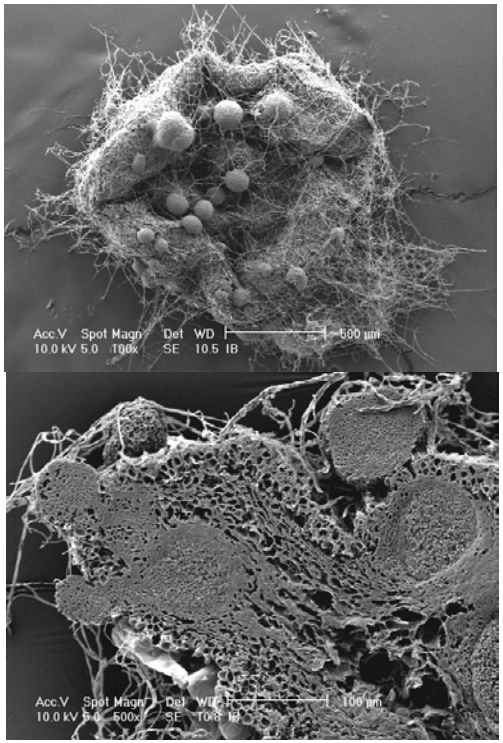


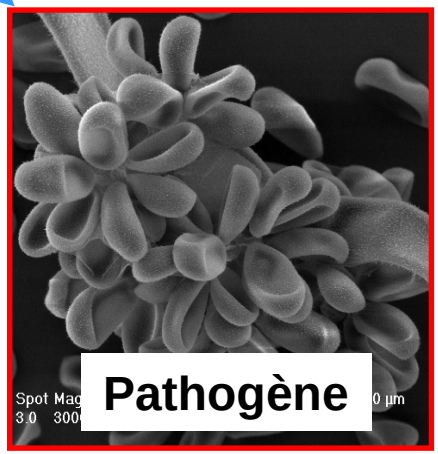
Modes d'action des agents de biocontrôle



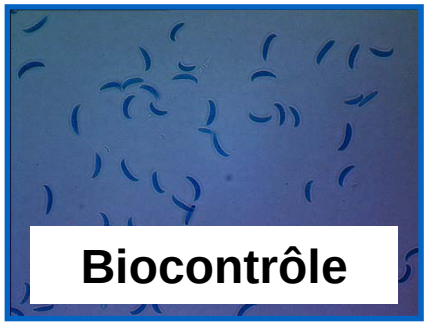
sécrétion d'**enzymes** dégradant la paroi des champignons
+ production éventuelle de composés toxiques

Hyperparasitisme



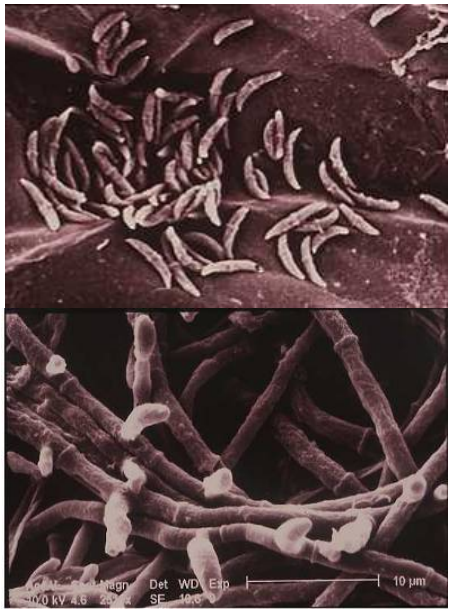


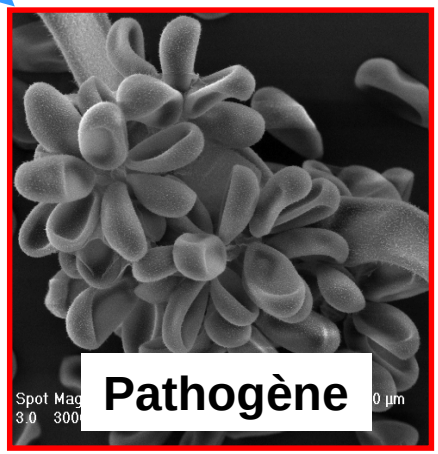
Modes d'action des agents de biocontrôle



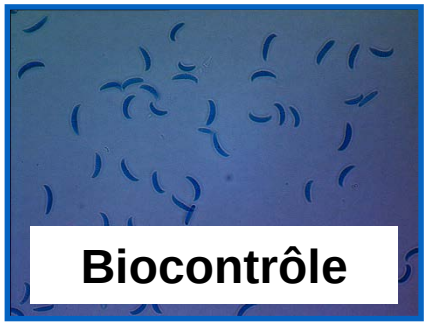
utilisation rapide des **ressources nutritives** + **occupation des sites** de pénétration

Competition





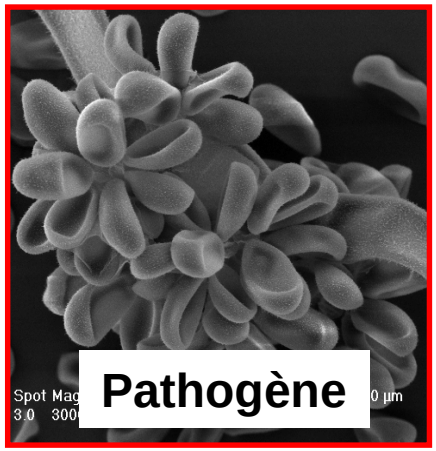
Modes d'action des agents de biocontrôle



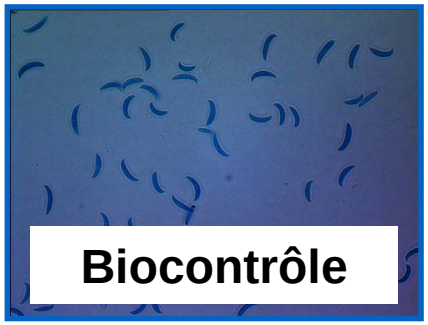
- Modification des propriétés de surface des plantes

- Diminution de l'agressivité de l'agent pathogène

Interférence avec la pathogénèse

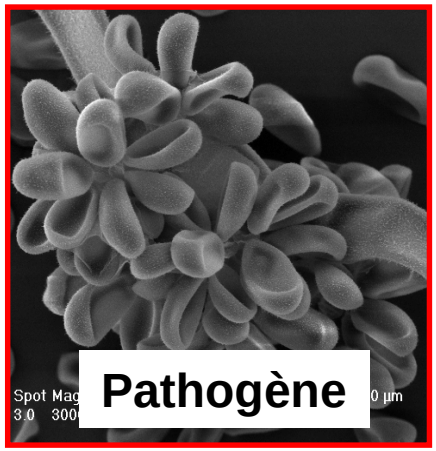


Modes d'action des agents de biocontrôle



Induction de résistance

- Reconnaissance de signaux (MAMP, phytohormones…)
- Induction directe ou potentialisation



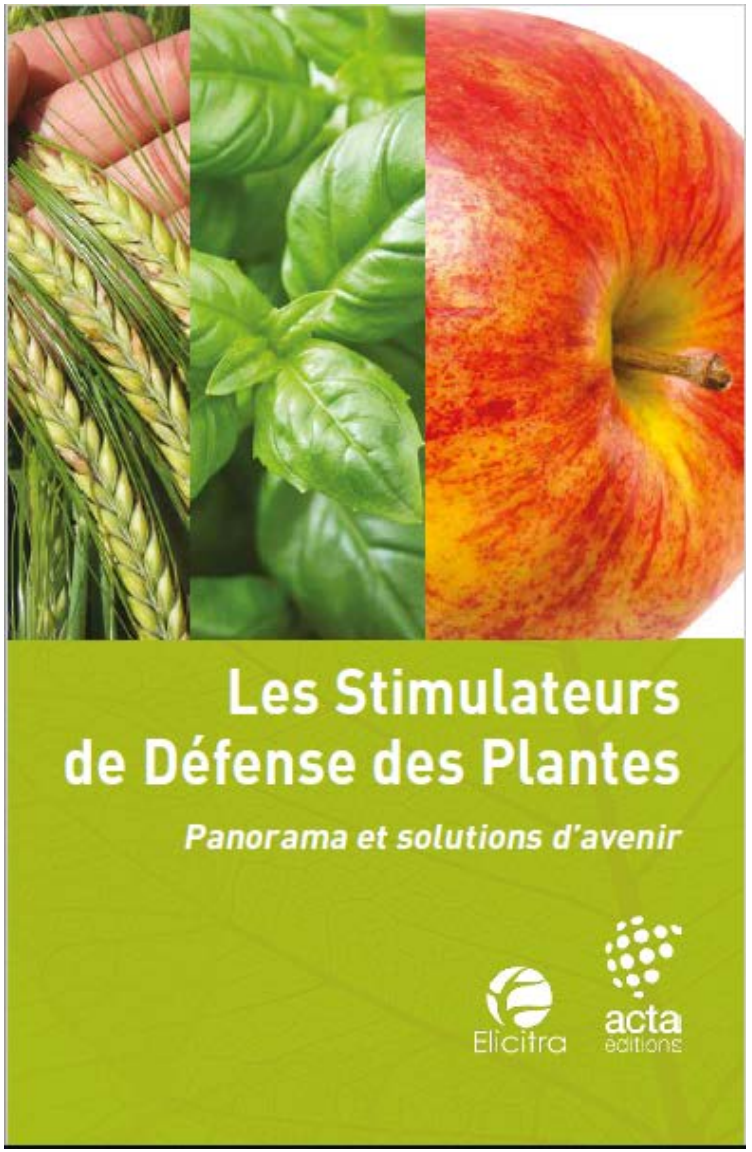
Modes d’action des agents de biocontrôle

Induction de résistance:

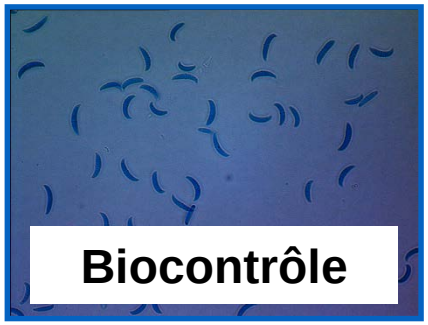
= SDP = SDN **=** éliciteurs

≠ biostimulant

« toute substance ou tout micro-organisme vivant non pathogène qui, appliqué sur une plante, est capable de promouvoir un état de résistance significativement plus élevé par rapport à une plante non traitée, face à des stress biotiques »



Modes d'action des agents de biocontrôle



Induction de résistance

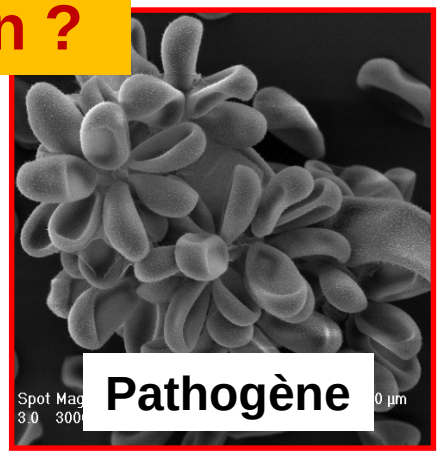
Antibiose

Hyperparasitisme

Competition

Combinaisons de modes d'action ?

Interférence avec la pathogénèse

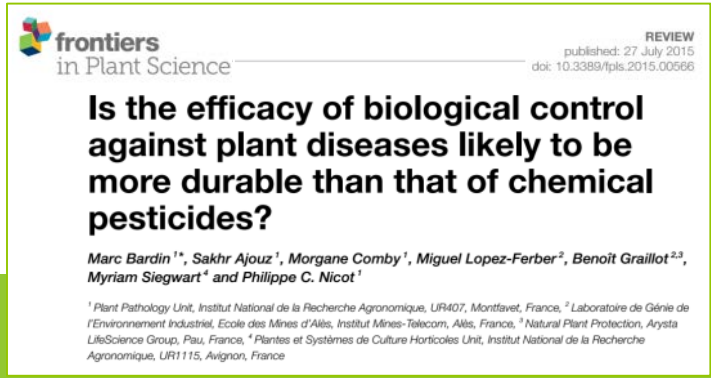


Défis pour la recherche

- **besoin critique de nouveaux produits:**
  - développer des stratégies de sélection à haut débit de nouveaux microorganismes

- améliorer **l'efficacité** de la protection
  - mieux connaitre la **biologie** et les **facteurs d'efficacité** des agents de biocontrôle microbiens
  - mieux comprendre les **mécanismes d'action**
    => sélectionner des agents de lutte biologique plus performants
  - améliorer la **formulation** des produits

- prendre en compte la **durabilité** de l'efficacité de la protection
  - **Diversité** de sensibilité dans les populations naturelles?
  - Possibilité **d'évolution** vers moins de sensibilité du fait de la pression de sélection exercée par le biocontrôle ?
  - **Stratégie d'utilisation** = pesticides ?



Défis pour la recherche

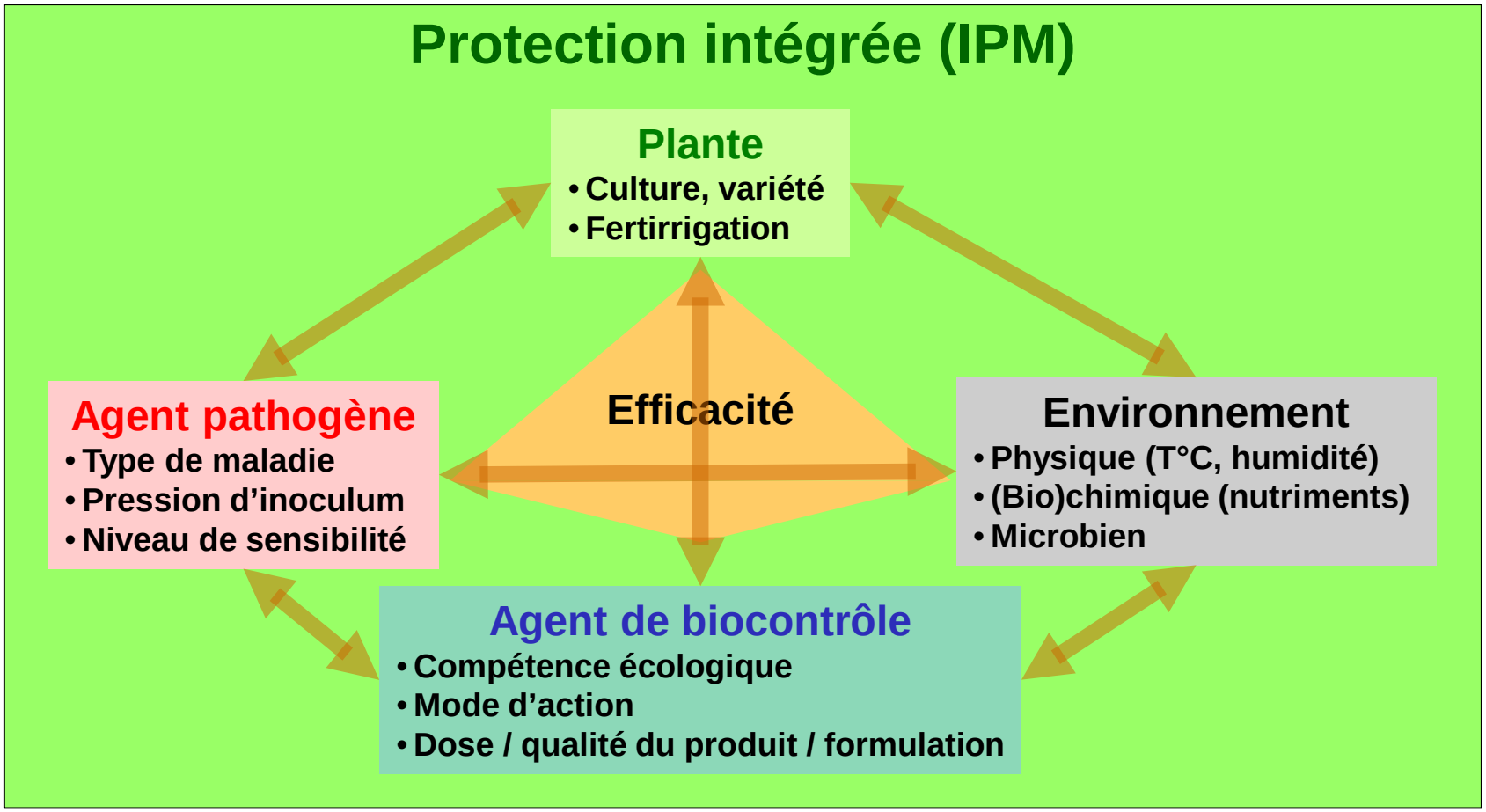
- **besoin critique de nouveaux produits:**
  - développer des stratégies de sélection à haut débit de nouveaux microorganismes

- améliorer **l'efficacité** de la protection
  - mieux connaitre la **biologie** et les **facteurs d'efficacité** des agents de biocontrôle microbiens
  - mieux comprendre les **mécanismes d'action**
    => sélectionner des agents de lutte biologique plus performants
  - améliorer la **formulation** des produits

- prendre en compte la **durabilité** de l'efficacité de la protection

- Intégrer les microorganismes dans des itinéraires techniques complexes de **protection intégrée**

Intégration dans des itinéraires techniques



➔**Besoins de règles de décision pour l'utilisation des agents de biocontrôle microbiens**

outils d'aide à la décision 'biocontrôle'

Enjeu essentiel pour les industriels et les agriculteurs

Une recherche dynamique

Structurée au niveau mondial

+ budgets pour développer et mettre en place des alternatives

IOBC-WPRS

Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation

En France:

ÉCOPHYTO
PIC | RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

Elicitra

EMBA
ECOLOGICAL MANAGEMENT OF BIOAGRESSORS IN AGROECOSYSTEMS

CONSORTIUM biocontrôle

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE ANR

FRB
FONDATION POUR LA RECHERCHE SUR LA BIODIVERSITÉ

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE
MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS ET DE LA SANTÉ
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

Merci