



**HAL**  
open science

## Facteurs d'efficacité de la protection biologique contre les maladies des plantes

Marc Bardin

► **To cite this version:**

Marc Bardin. Facteurs d'efficacité de la protection biologique contre les maladies des plantes. 11. Conférence internationale sur les maladies des plantes, Association Française de Protection des Plantes (AFPP). FRA., Dec 2015, Tours, France. 28 p. hal-02792671

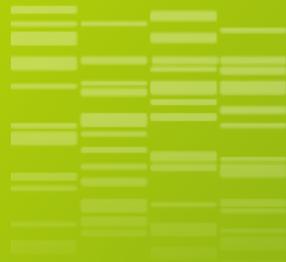
**HAL Id: hal-02792671**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02792671>**

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.



# FACTEURS D'EFFICACITE DE LA PROTECTION BIOLOGIQUE CONTRE LES MALADIES DES PLANTES

Marc Bardin  
Pathologie Végétale  
INRA PACA - Avignon

11<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes

Tours 9/12/15



# Produits de biocontrôle

## 4 catégories (Ecophyto)

- **Macroorganismes : invertébrés auxiliaires**
- **Microorganismes : champignons, bactéries, virus**
- **Médiateurs chimiques: phéromones, kairomones**
- **Substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale**



# Protection biologique contre les maladies des plantes

- Beaucoup de travaux de recherche: identification de nombreux agents de protection biologique
- **157 espèces de microorganismes** décrites: efficace contre 5 maladies cryptogamiques à dissémination aérienne majeures des plantes, *Botrytis*, oïdiums, rouilles, mildious (+ *Phytophthora infestans*) et moniliose
  - **29 espèces de champignons/oomycetes et 18 espèces de bactéries:** effet significatif au champ pour contrôler une des 5 maladies majeures



Nicot et al, 2011

[http://www.iobc-wprs.org/pub/biological\\_control\\_against\\_diseases\\_and\\_pests\\_2011.pdf](http://www.iobc-wprs.org/pub/biological_control_against_diseases_and_pests_2011.pdf)



INRA  
SCIENCE & IMPACT

11<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes – Tours 9/12/15



# Protection biologique contre les maladies des plantes

- Beaucoup de travaux de recherche: identification de nombreux agents de protection biologique
- Commercialisation d'agents de protection biologique contre les agents pathogènes
  - **44 microorganismes** développés commercialement au niveau mondial contre les agents pathogènes:  
25 champignons/levures/oomycètes + 14 bactéries/actinomycètes + 5 virus



Gwynn, 2014. *Manual of Biocontrol agents*



# Protection biologique contre les maladies des plantes

- Beaucoup de travaux de recherche: identification de nombreux agents de protection biologique
- Commercialisation d'agents de protection biologique contre les agents pathogènes
  - Union Européenne: 24 **souches** pouvant faire l'objet d'une homologation répertoriées dans la base de donnée 'EU Pesticide Database'  
(<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN/>)  
14 champignons/levures/oomycètes + 8 bactéries/actinomycètes + 2 virus (11/2015)
  - Encore peu d'agents de protection biologique **homologués**:  
**15 microorganismes**



Heilig et al, 2011

[http://www.iobc-wprs.org/pub/biological\\_control\\_against\\_diseases\\_and\\_pests\\_2011.pdf](http://www.iobc-wprs.org/pub/biological_control_against_diseases_and_pests_2011.pdf)



Classical and augmentative biological control against diseases and pests:  
critical status analysis and review of factors influencing their success



Edited by Philippe C. Nizet

2011



INRA  
SCIENCE & IMPACT

11<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes – Tours 9/12/15



# Protection biologique contre les maladies des plantes

- Beaucoup de travaux de recherche: identification de nombreux agents de protection biologique
- Commercialisation d'agents de protection biologique contre les agents pathogènes
  - **En France** (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>, 11/2015)  
**14 microorganismes:** 8 champignons, 5 bactéries, 1 virus

*Trichoderma harzianum*

*Trichoderma atroviride*

*Trichoderma asperellum*

*Coniothyrium minitans*

*Ampelomyces quisqualis*

*Aureobasidium pullulans*

*Gliocladium catenulatum*

*Phlebiopsis gigantea*

*Bacillus pumilus*

*Pseudomonas chlororaphis*

*Bacillus subtilis*

*Streptomyces sp.*

*Bacillus firmus*

Souche atténuée du virus ZYMV

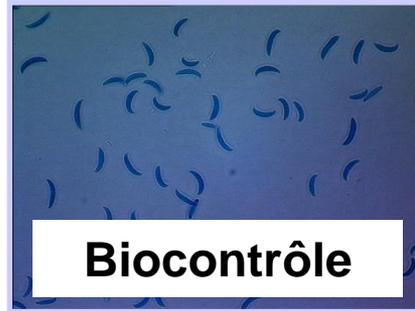
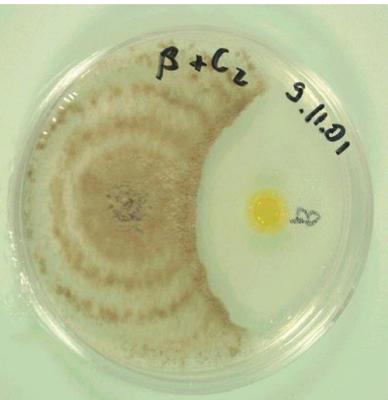
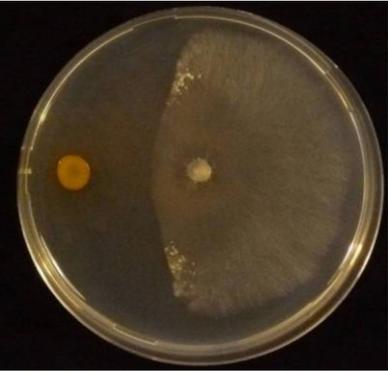


# Protection biologique contre les maladies des plantes

- Beaucoup de travaux de recherche: identification de nombreux agents de protection biologique
- Commercialisation d'agents de protection biologique contre les agents pathogènes
- Différents modes d'action



# Modes d'action des agents de protection biologique



**Biocontrôle**

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

**Antibiose**

Aisément observé au laboratoire  
Mais = **f(environnement)**

Composés à **autres effets** biologiques

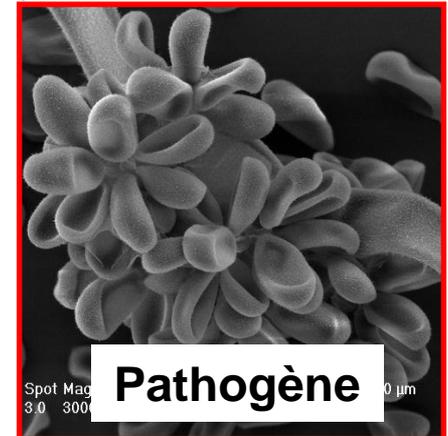
*Pseudomonas, Bacillus, Serratia, Streptomyces, Trichoderma...*

Conditions de synthèse?

Apparition de souches **résistantes**?

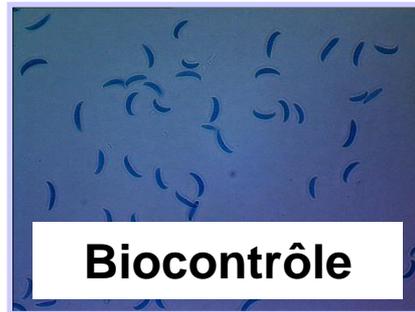
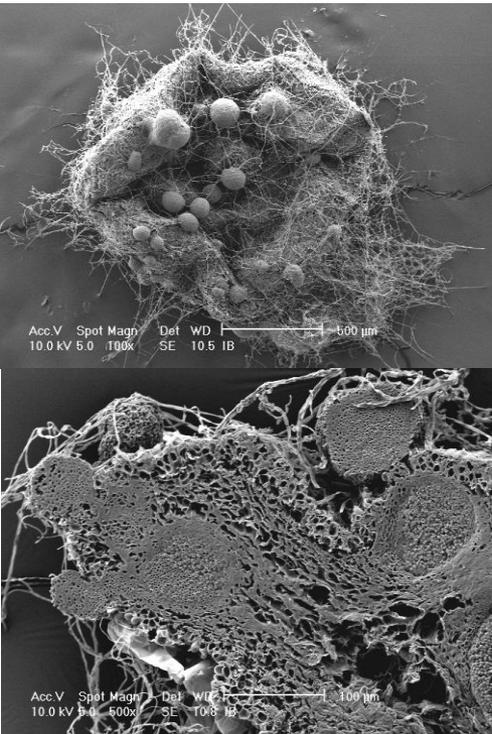
**Innocuité**?

Effets sur microorganismes **non cibles**?



**Pathogène**

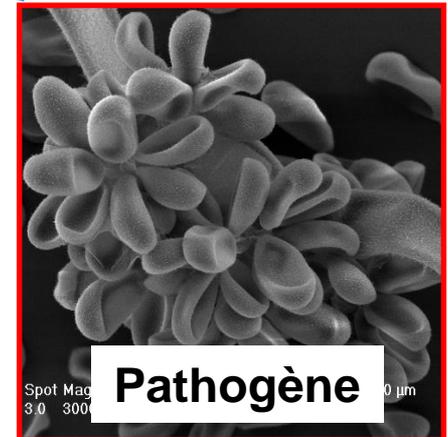
# Modes d'action des agents de protection biologique



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

**Contact direct nécessaire**  
**Préventif (limiter inoculum primaire)**  
**Curatif**

**Hyperparasitisme**

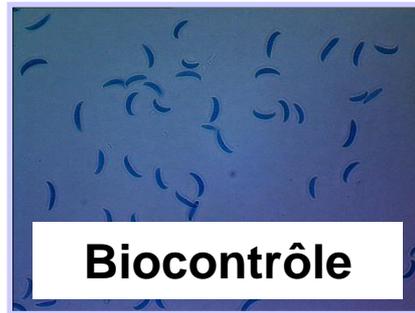


*Ampelomyces quisqualis*,  
*Paraphaeosphaeria (Coniothyrium) minitans*,  
*Gliocladium catenulatum*,  
*Pythium oligandrum*...

**Rapidité** d'action?

**Spécificité** d'action?

# Modes d'action des agents de protection biologique



**Biocontrôle**

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

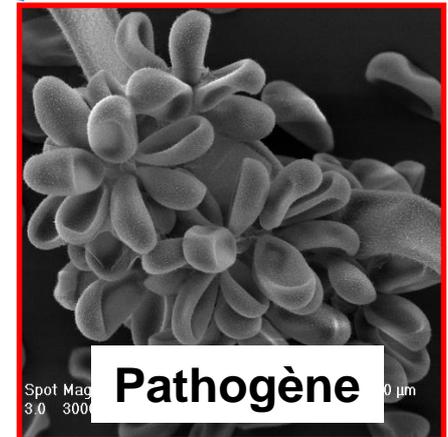
- Cinétique de **consommations** de nutriments
- Rôle des sidérophores

**Competition**

**Préventif**

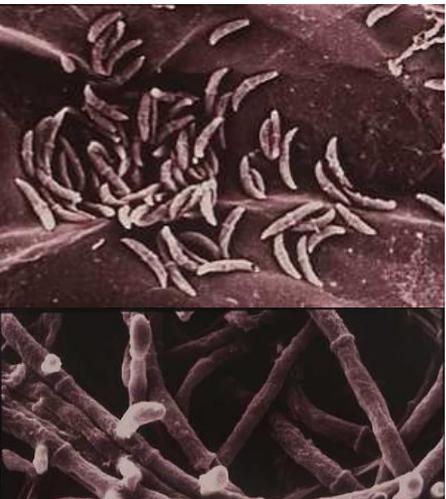
**Effet dose**

*Pseudomonas, Burkholderia, Bacillus, Aureobasidium pullulans, Trichoderma, Gliocladium catenulatum, Fusarium sp...*



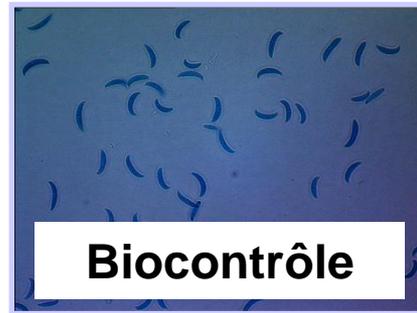
**Pathogène**

Comment le **démontrer**?



# Modes d'action des agents de protection biologique

- Inhibition de l'**attachement** des spores sur la plante (**biosurfactants**)



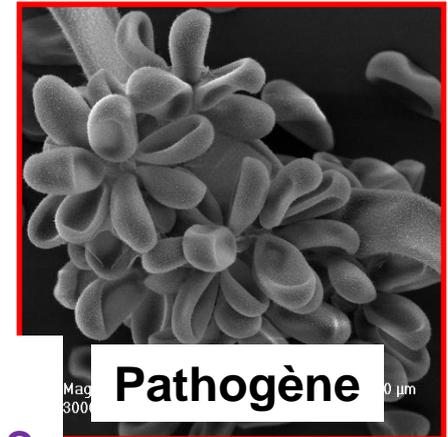
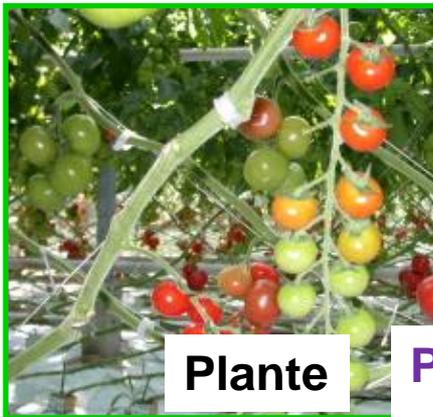
*Bacillus, Pseudomonas, Trichoderma harzianum...*

- Interférence avec des **enzymes hydrolytiques** (synthèse protéases)
- Blocage de l'action d'autres **facteurs de pathogénicité** (acide oxalique)

- Modification des propriétés de surface des plantes
- Diminution de l'agressivité de l'agent pathogène



**Interférence avec la pathogénèse**

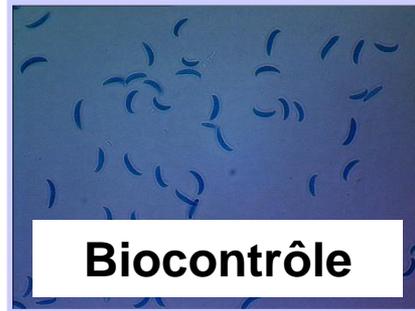


**Préventif ou curatif ?**

**Composés à autres effets biologiques ?**

# Modes d'action des agents de protection biologique

- Reconnaissance de MAMP (Microbe-Associated Molecular Pattern)
- Induction directe et/ou potentialisation



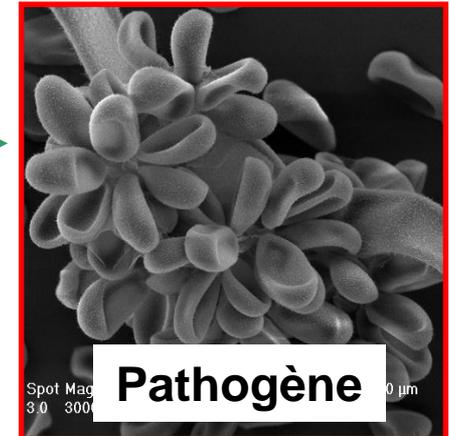
*Bacillus, Pseudomonas, Serratia, Trichoderma...*

**Induction de résistance**

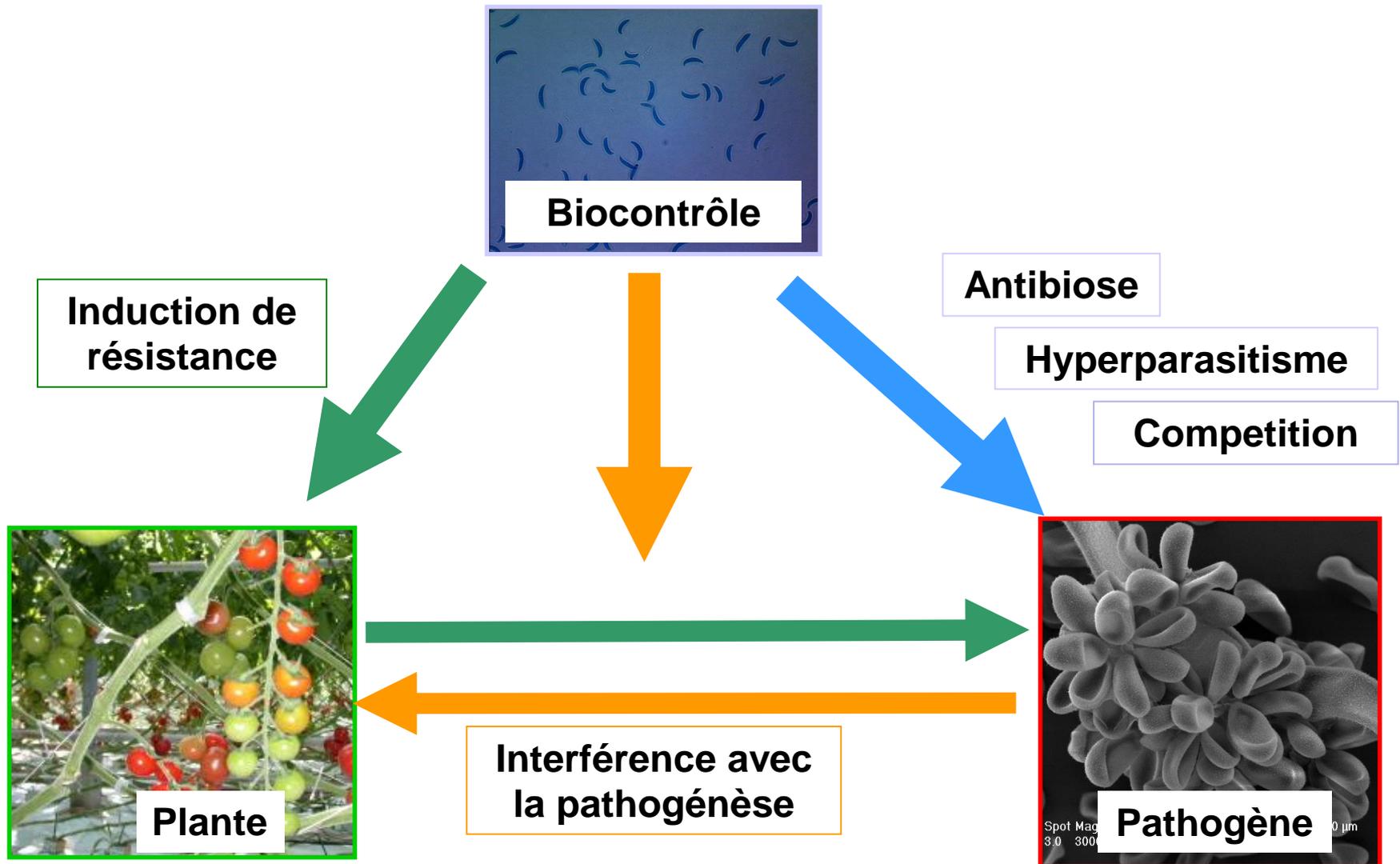
- Induction de la synthèse de molécules de défense (phytoalexines, protéines PR...)
- Résistance locale/systemique



Cellules **mortes / vivantes?**  
**Rôle** de métabolites secondaires?  
**Locale/systemique?**  
**Inducteur/Potentialisateur?**  
**Spécificité? Effet variétale?...**



# Modes d'action des agents de protection biologique



**Combinaisons possibles de modes d'action**

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

- Bonnes efficacités en conditions contrôlées
- Efficacité plus problématique au champ  
(Guetsky et al, 2001; Mark et al, 2006; Shtienberg & Elad, 1997)

➔ Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique?



Nicot et al, 2011

[http://www.iobc-wprs.org/pub/biological\\_control\\_against\\_diseases\\_and\\_pests\\_2011.pdf](http://www.iobc-wprs.org/pub/biological_control_against_diseases_and_pests_2011.pdf)



Classical and augmentative biological control against diseases and pests: critical status analysis and review of factors influencing their success



Edited by Philippe C. Nicot

2011



INRA  
SCIENCE & IMPACT

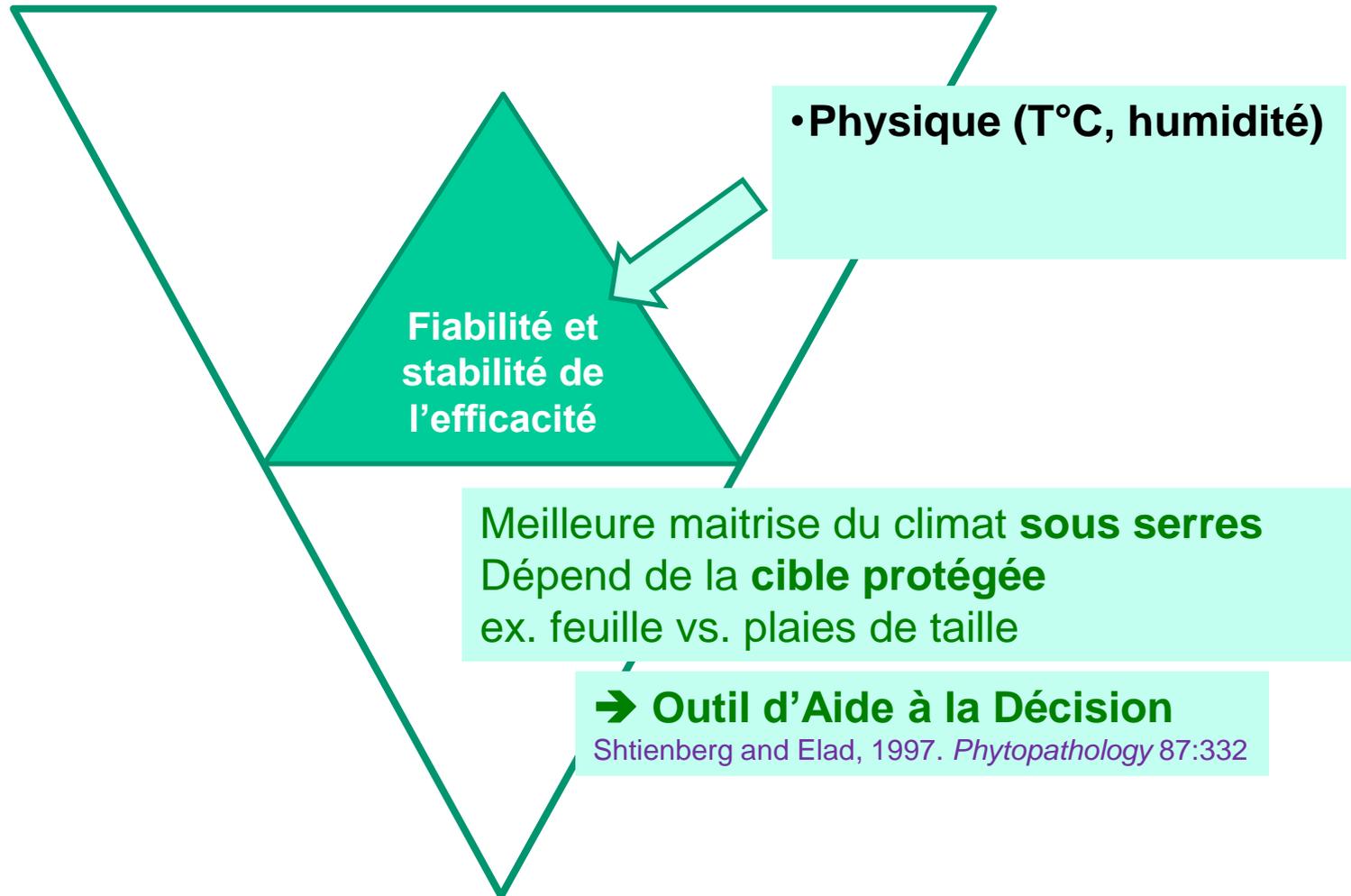
11<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes – Tours 9/12/15



# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

Agent  
pathogène

Environnement

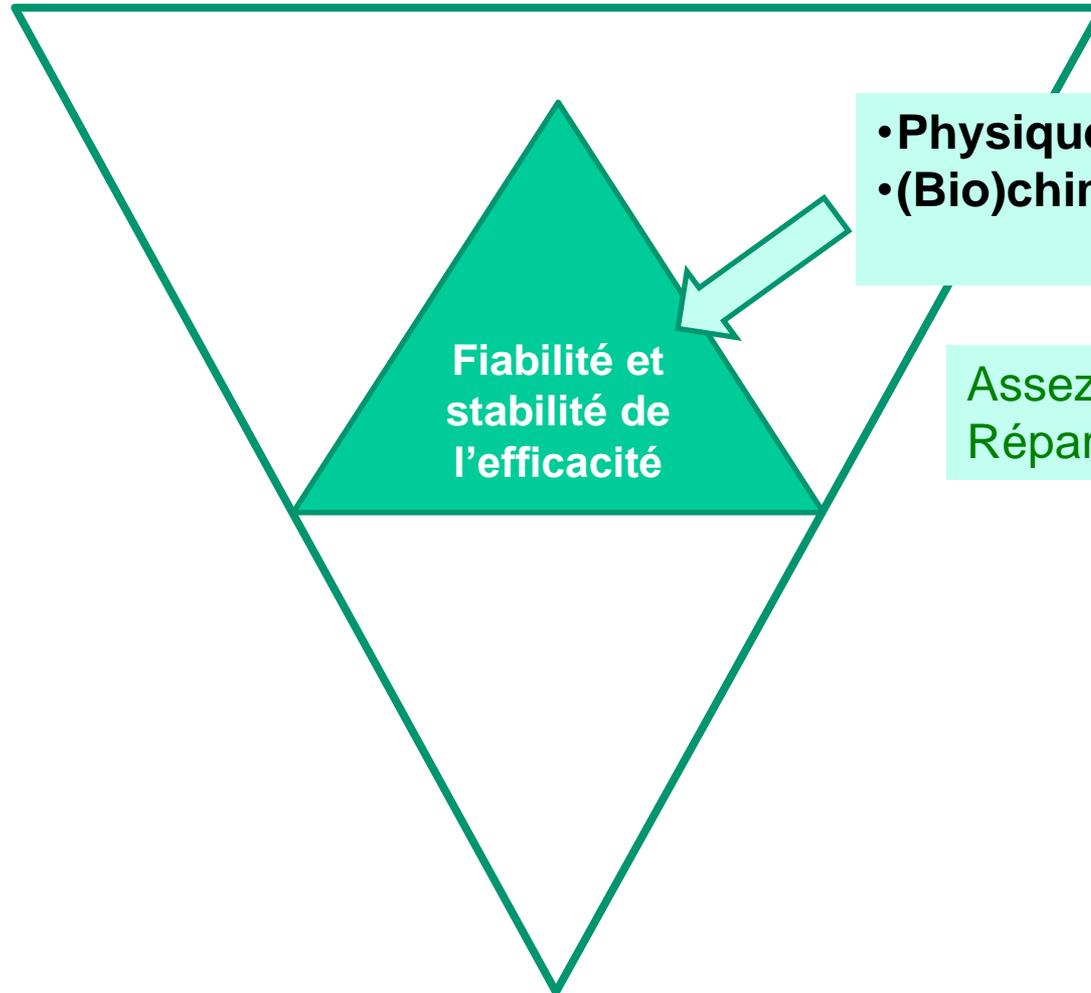


Agent de biocontrôle

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**



- Physique (T°C, humidité)
- (Bio)chimique (nutriments)

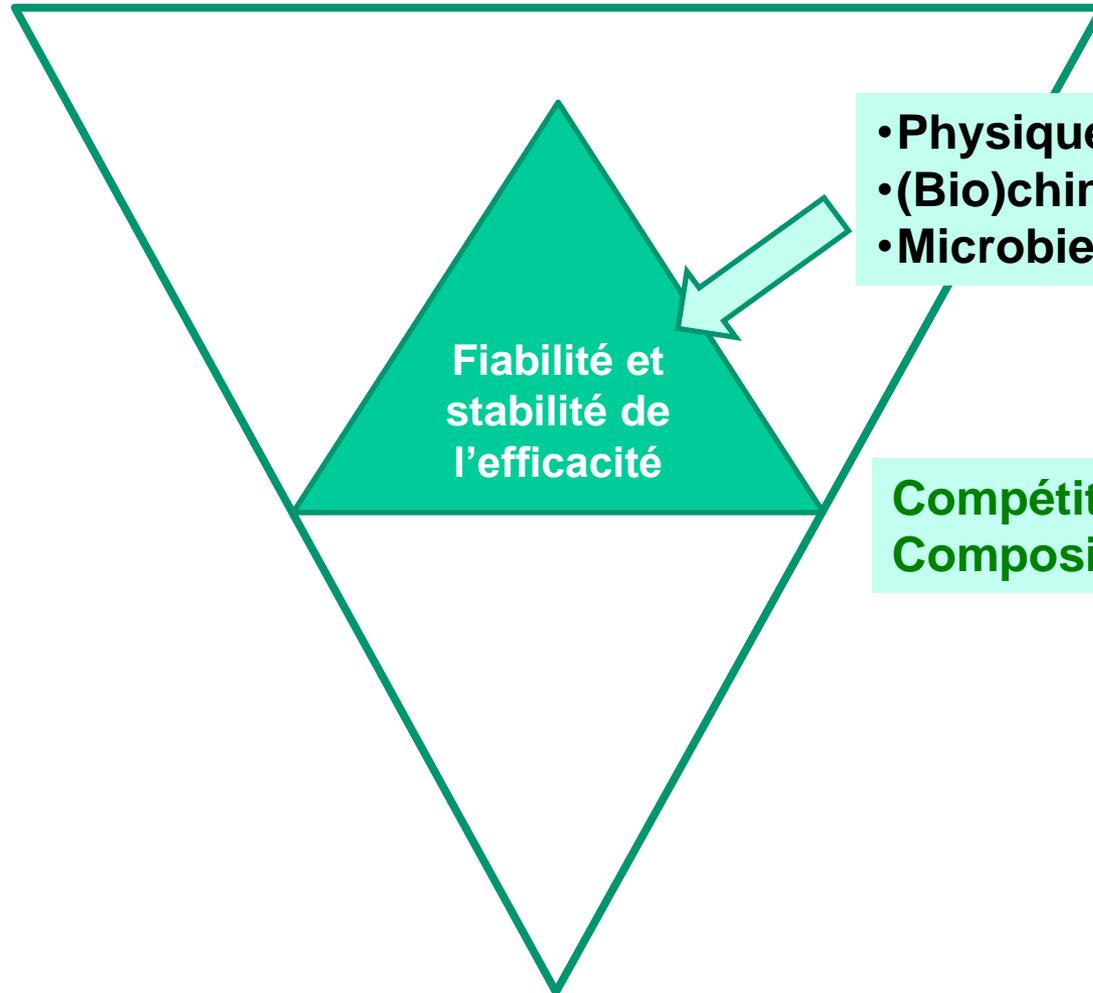
Assez mal connu  
Répartition **hétérogène**

**Agent de biocontrôle**

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent  
pathogène**

**Environnement**



- Physique (T°C, humidité)
- (Bio)chimique (nutriments)
- Microbien

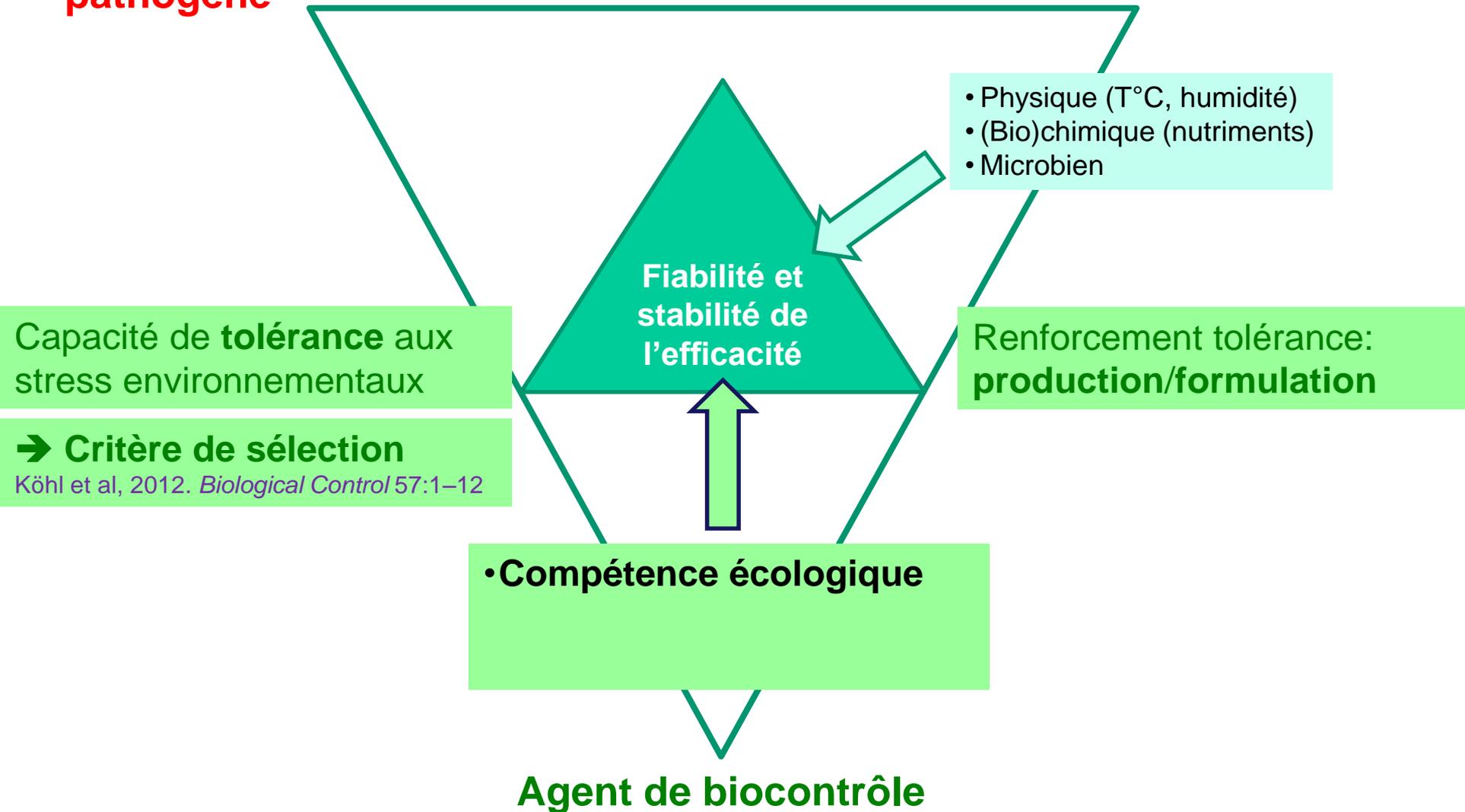
**Compétition  
Composition? Répartition?**

**Agent de biocontrôle**

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**



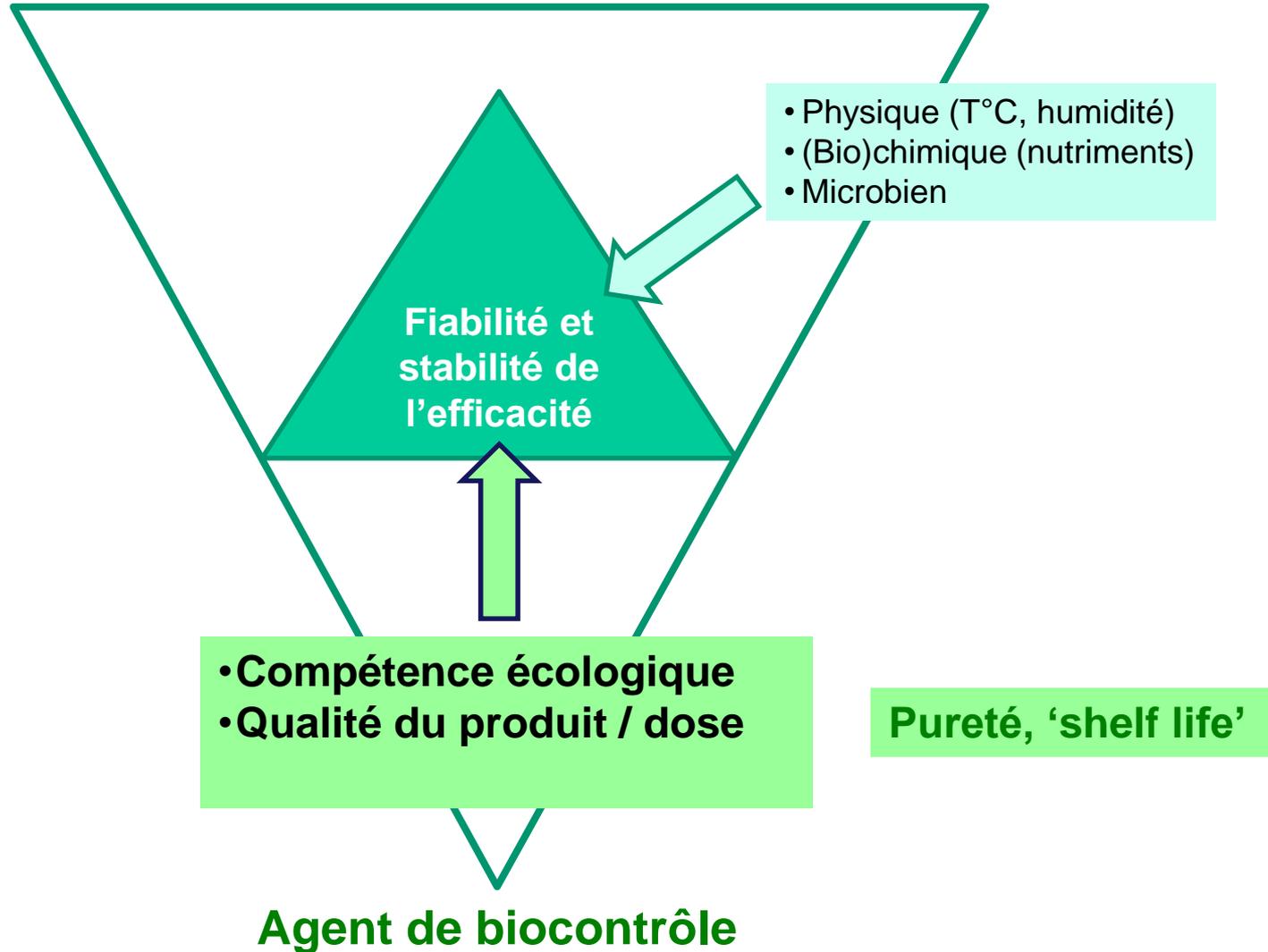
→ **Critère de sélection**

Köhl et al, 2012. *Biological Control* 57:1–12

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

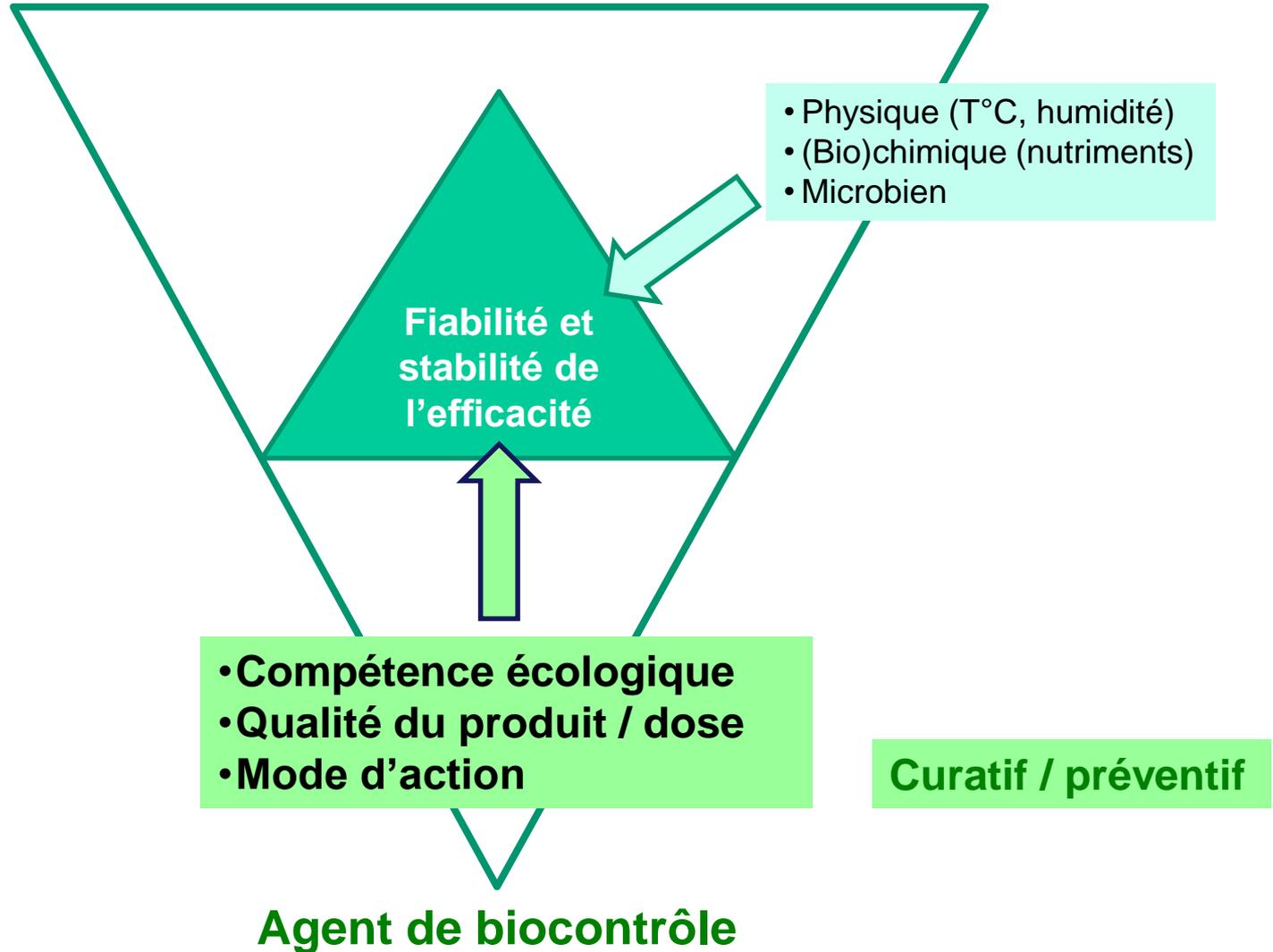
**Environnement**



# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**



# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**

• Pratiques culturales

- Physique (T°C, humidité)
- (Bio)chimique (nutriments)
- Microbien

Autres traitements: **compatibilité Cultivar**

Tucci et al, 2011 *Mol. Plant Pathol.* 12:341

**Fertilisation**

Abro et al, 2014 *Agron Sustain Dev.* 34:641

**Fiabilité et stabilité de l'efficacité**

- Compétence écologique
- Qualité du produit/ Dose
- Mode d'action

**Agent de biocontrôle**

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**

- Pratiques culturales
- Type de maladie

- Physique (T°C, humidité)
- (Bio)chimique (nutriments)
- Microbien

- Monocyclique/polycyclique
- Pression d'inoculum

**Fiabilité et stabilité de l'efficacité**

- Compétence écologique
- Qualité du produit/ Dose
- Mode d'action

**Agent de biocontrôle**



# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

**Agent pathogène**

**Environnement**

- Pratiques culturelles
- Type de maladie
- Niveau de sensibilité

- Physique (T°C, humidité)
- (Bio)chimique (nutriments)
- Microbien

**Fiabilité et stabilité de l'efficacité**

- Diversité de sensibilité des populations
- Capacité d'adaptation
- durabilité de l'efficacité de protection

- Compétence écologique
- Qualité du produit/ Dose
- Mode d'action

**Agent de biocontrôle**

# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

## Durabilité de la protection biologique

Perte d'efficacité de la protection biologique en pratique contre les **insectes**

- Insectes lépidoptères / *Bacillus thuringiensis*  
(Tabashnik, 1994)
- *Cydia pomonella* / Virus de granulose CpGV  
(Sauphanor et al, 2006; Asser-Kaiser et al, 2007)



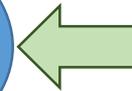
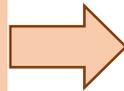
# Facteurs d'efficacité des agents de protection biologique

## Durabilité de la protection biologique

### Facteurs de risques ?

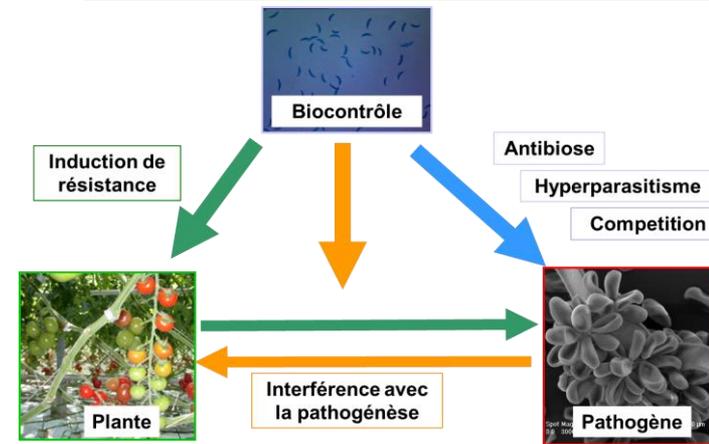
#### Agent pathogène

- Diversité des populations
- Capacité d'évolution



#### Agent de biocontrôle

- Pression de sélection exercée: fréquence, dose...
- Mode d'action



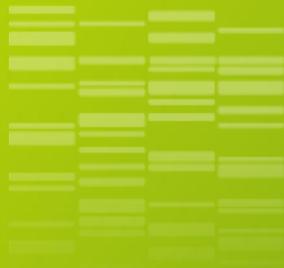
# Quelques perspectives concernant la protection biologique

## → besoin critique de nouveaux produits

- très peu de produits actuellement homologués
- longue procédure => frein pour le développement

## → défis pour la recherche

- **améliorer** l'efficacité de la protection
  - mieux comprendre les **mécanismes d'action**  
=> sélectionner des agents de lutte biologique plus performants
  - améliorer la **formulation** des produits
- définir des **stratégies de sélection** à haut débit
- prendre en compte la **compétence écologique** des microorganismes et la **durabilité** de leur efficacité
- Intégrer les microorganismes dans des itinéraires techniques complexes: **protection intégrée → OAD**



**Merci**

