

*Les antifongiques, c'est pas automatique, dans l'agriculture non plus*

## La septoriose du blé : pourquoi cette maladie préoccupante pour les agriculteurs intrigue-elle les chercheurs ?

**Ali Siah**

Institut Charles Violette (ICV, EA 7394)  
Institut Supérieur d'Agriculture (ISA Lille)

CHR de Lille – 18.04.2018



# Le blé : 1<sup>ère</sup> culture en France / Europe

**France : ~ 5 millions d'hectares**  
**Europe : ~ 24 millions d'hectares**

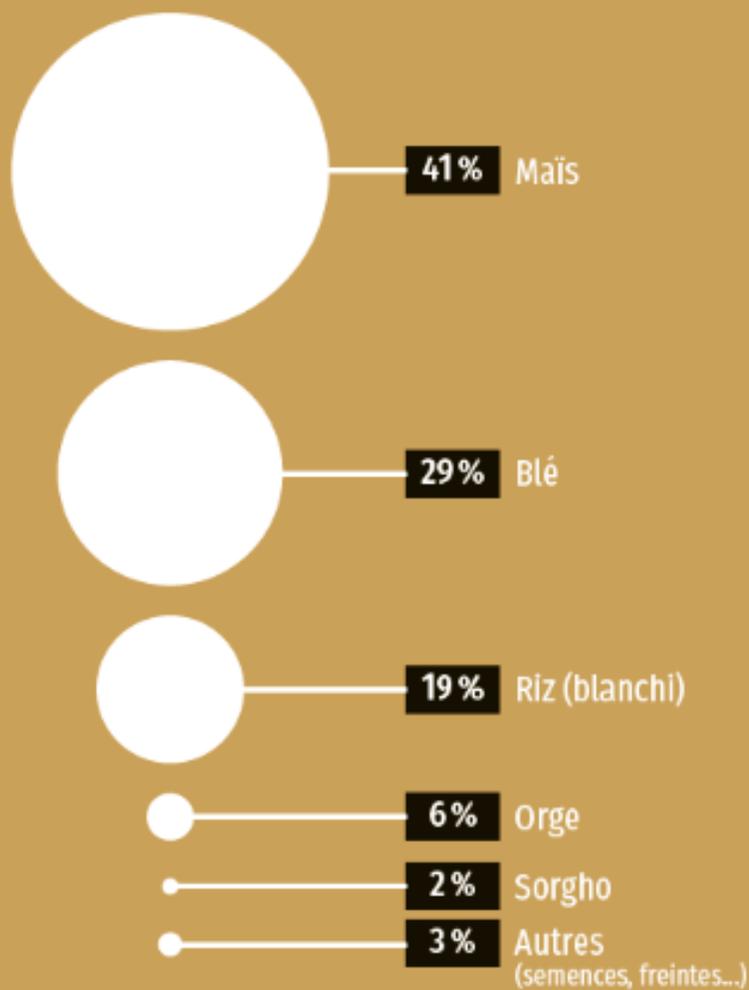
Agreste Infos, 2017



**Monde : ~ 220 millions d'hectares (50 % des terres arables)**

## La production céréalière (incluant le riz) dans le monde

Sources : USDA, campagne 2016/2017\*\*



## Blé tendre :

- *Triticum aestivum* L.
- 95 % des surfaces de blé (France)
- **Panification**



## Blé dur :

- *Triticum turgidum* L. ssp. *durum*
- 5 % des surfaces de blé (France)
- **Semoules, pâtes alimentaires**



# Septoriose du blé (*Zymoseptoria tritici*)

**1<sup>ère</sup> maladie du blé**

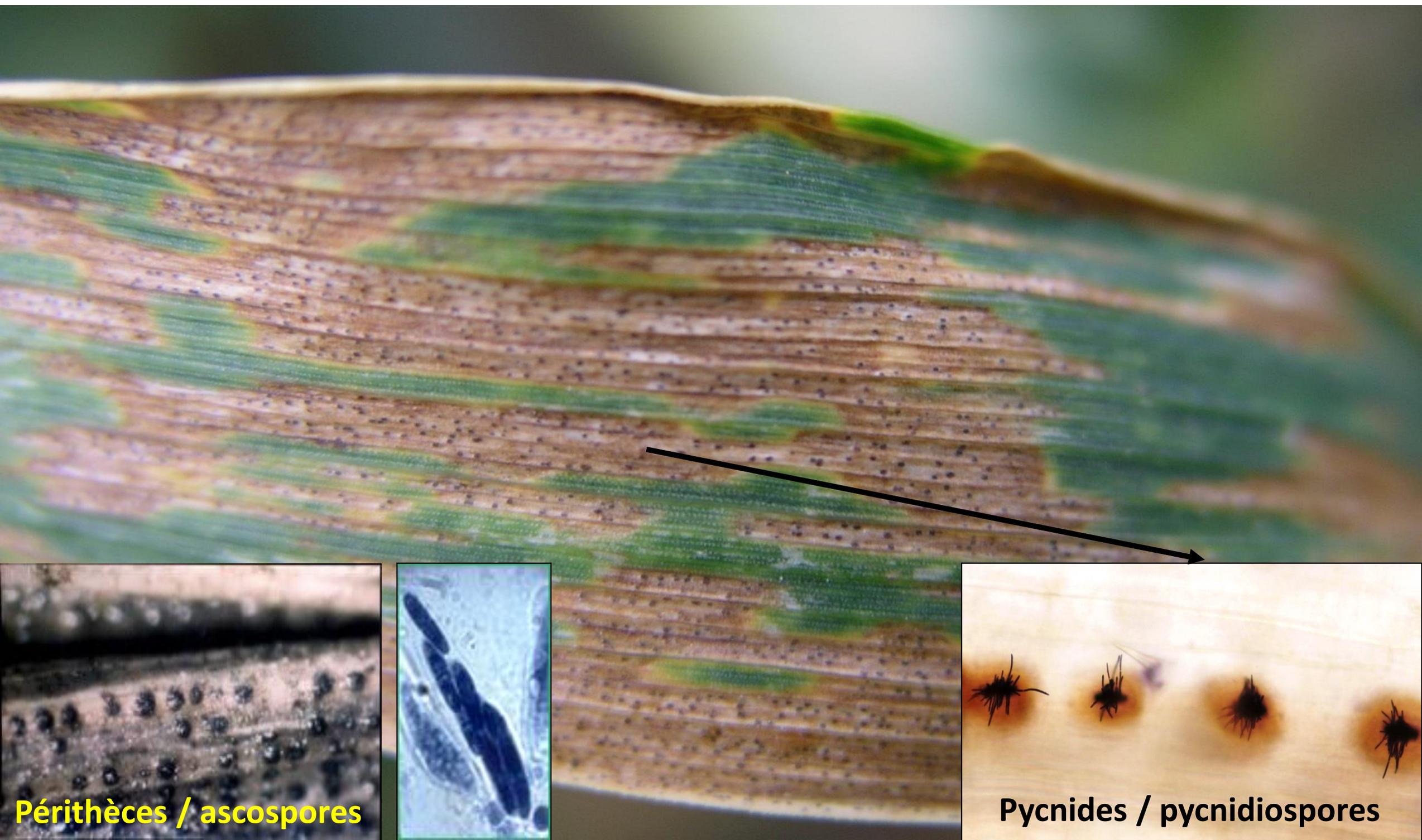
**Jusqu'à 50 % de pertes de rendement**

**70 % des fongicides vendus en UE**

(Fones & Gurr, 2015)



# Septoriose du blé : symptômes



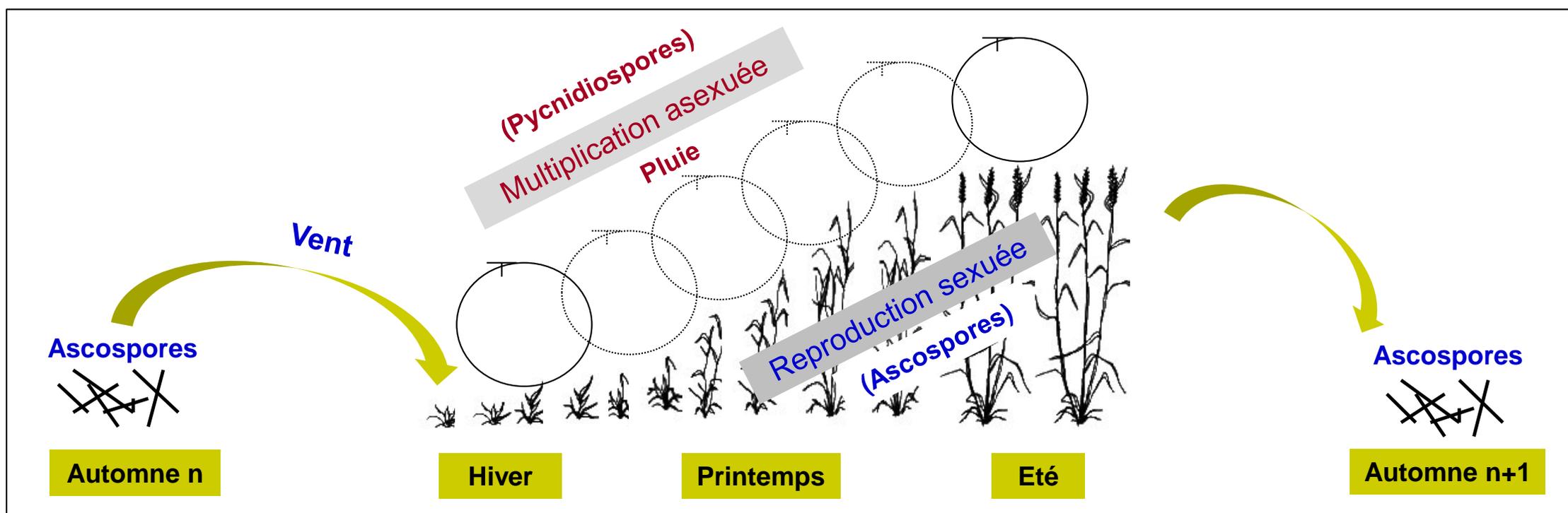
Périthèces / ascospores

Pycnides / pycnidiospores

# Cycle de la maladie



Pycnides



Périthèces



Aucune variété totalement résistante à la septoriose

Lutte chimique controversée  
(+ problèmes de résistance)

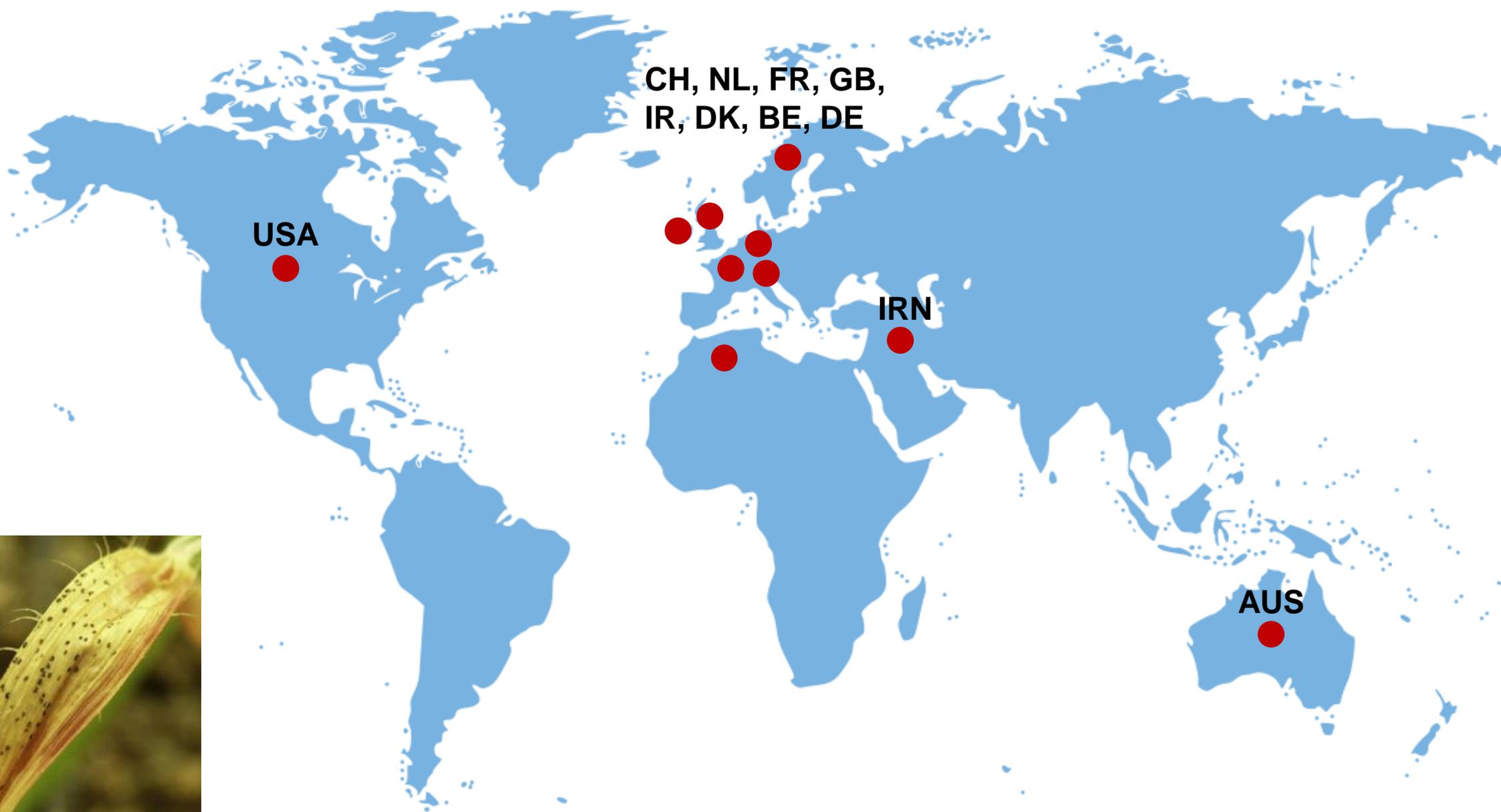


**Une situation préoccupante pour les producteurs...**

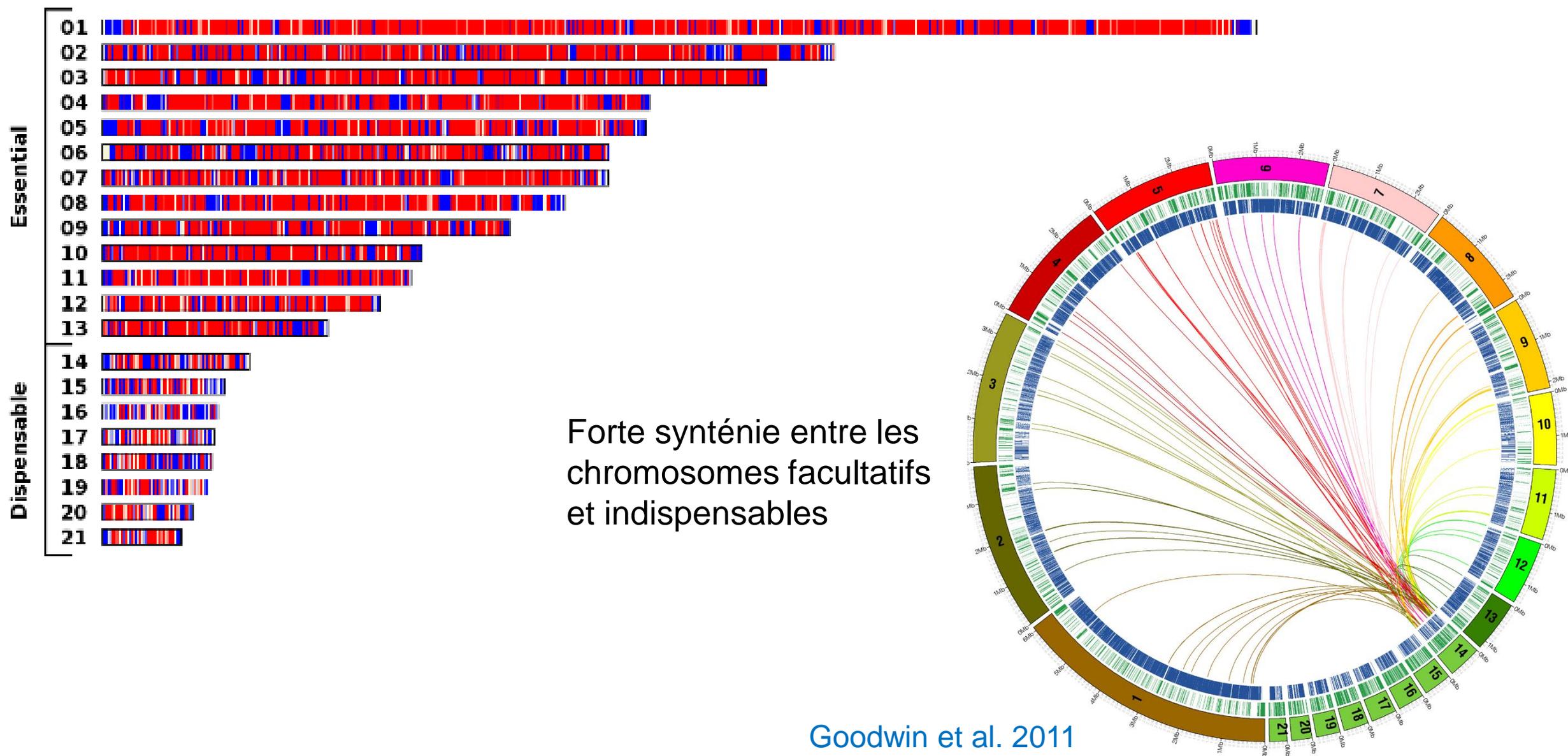


# Toutefois, les chercheurs ne croisent pas les bras !

- *Z. tritici* : classé parmi le **top 10** des champignons phytopathogènes modèles (Dean *et al.* 2012)



- 21 chromosomes (13 indispensables, 6 facultatifs) (taille du génome : 42 Mpb)

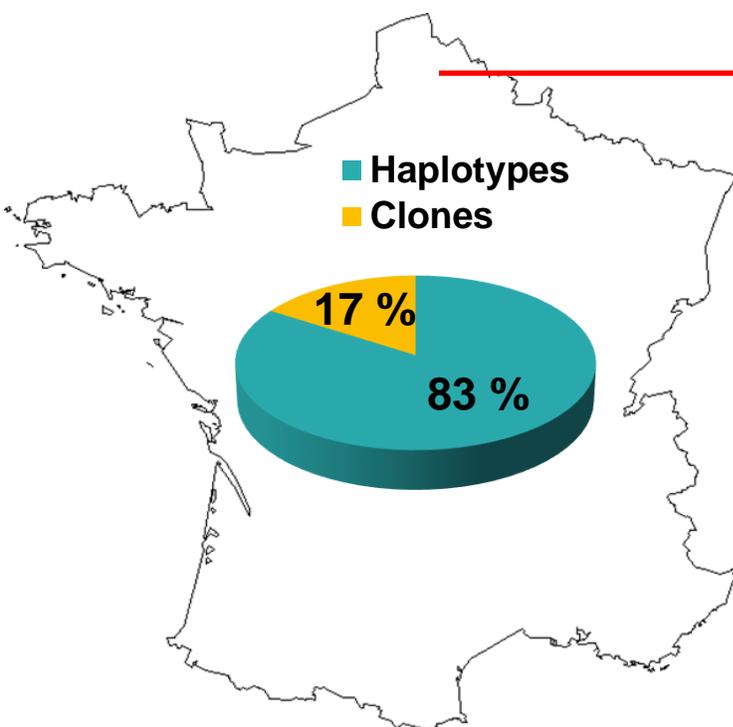


**Diversité et structure génétique  
des populations de *Z. tritici***

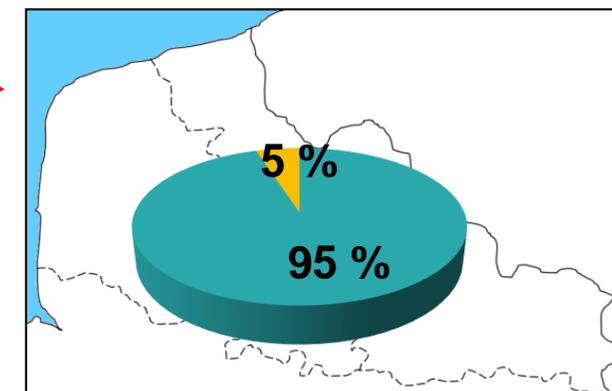
# Diversité génotypique très élevée

% d'haplotypes (génotypes différents)

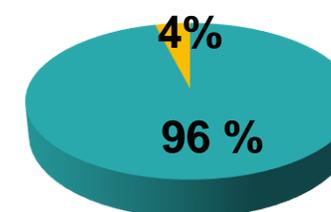
France



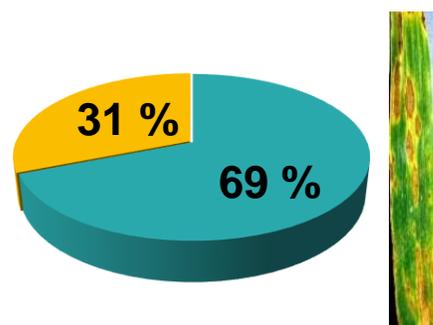
Région HdF



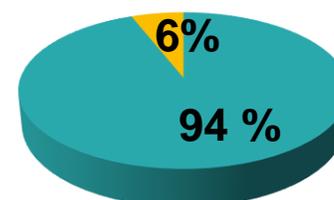
Estimation : ~ 50 millions  
de souches / ha



Champ



Feuille



Plante

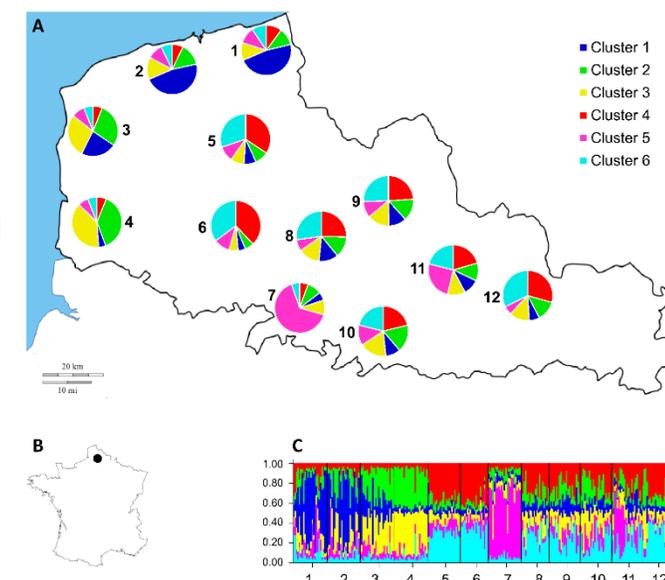
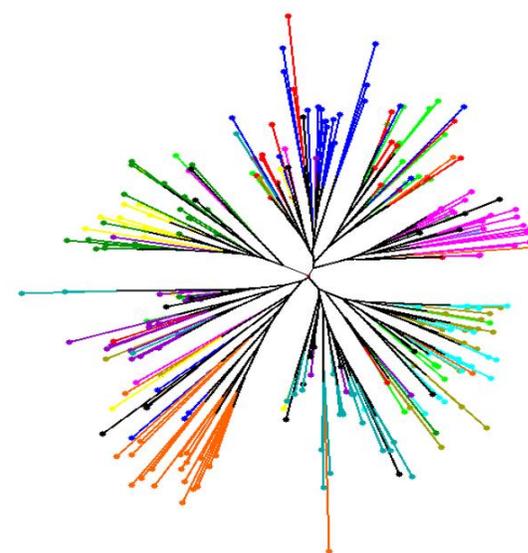
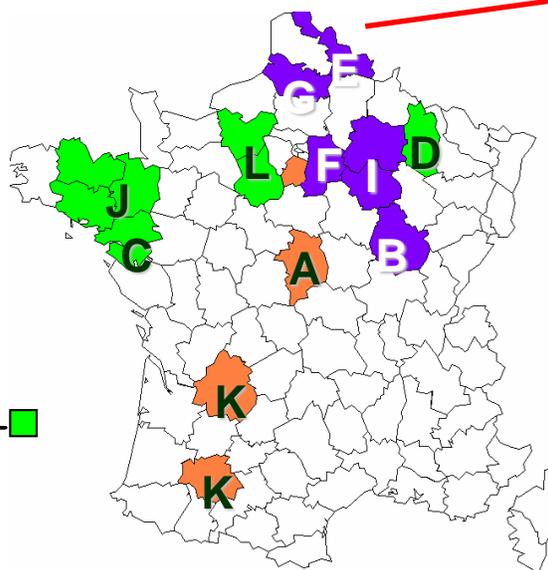
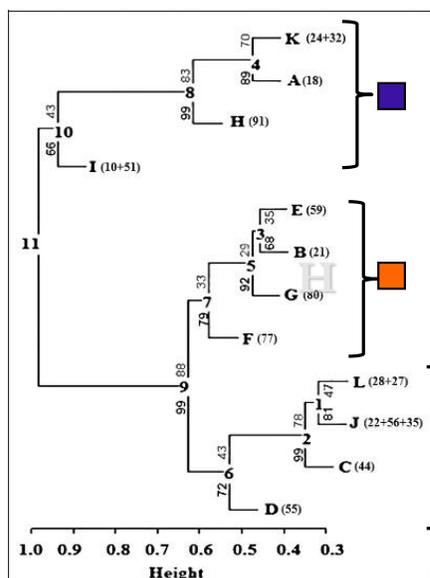
## Différenciation des populations (indice $G_{ST}$ )

### France : Structuration

( $G_{ST} = 0,18$ )

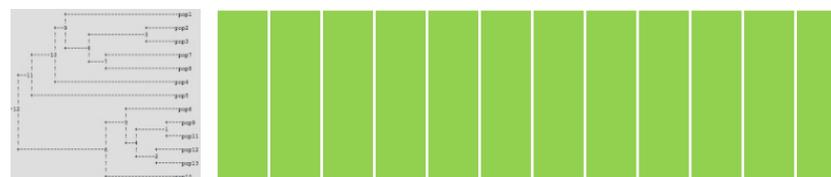
### Région HdF : Structuration

( $G_{ST} = 0,23$ )

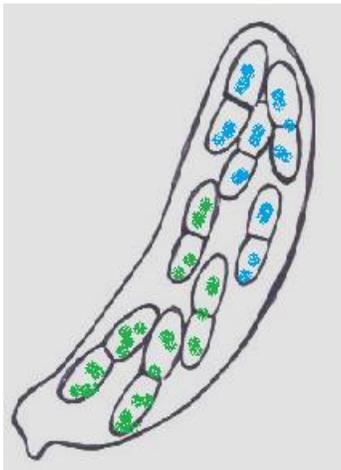
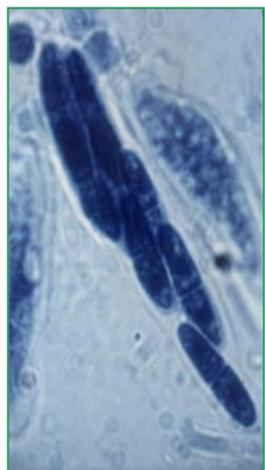


### Champ : Absence de structuration

( $G_{ST} = 0,01$ )



- *Z. tritici* = champignon hétérothallique (MAT1-1 et MAT1-2)
- Reproduction sexuée = « redistribution des cartes MAT1-1 et MAT1-2 »



4 MAT1-1

4 MAT1-2



Reproduction sexuée  
fréquente



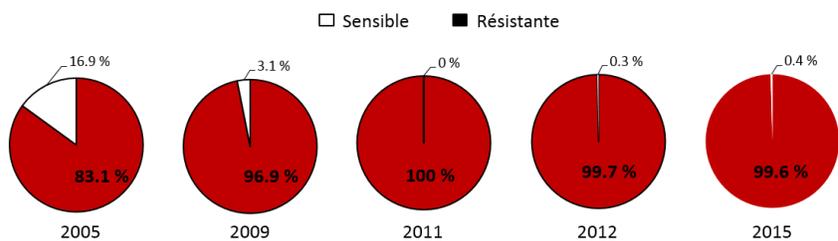
Reproduction sexuée  
moins fréquente

## Résultats :

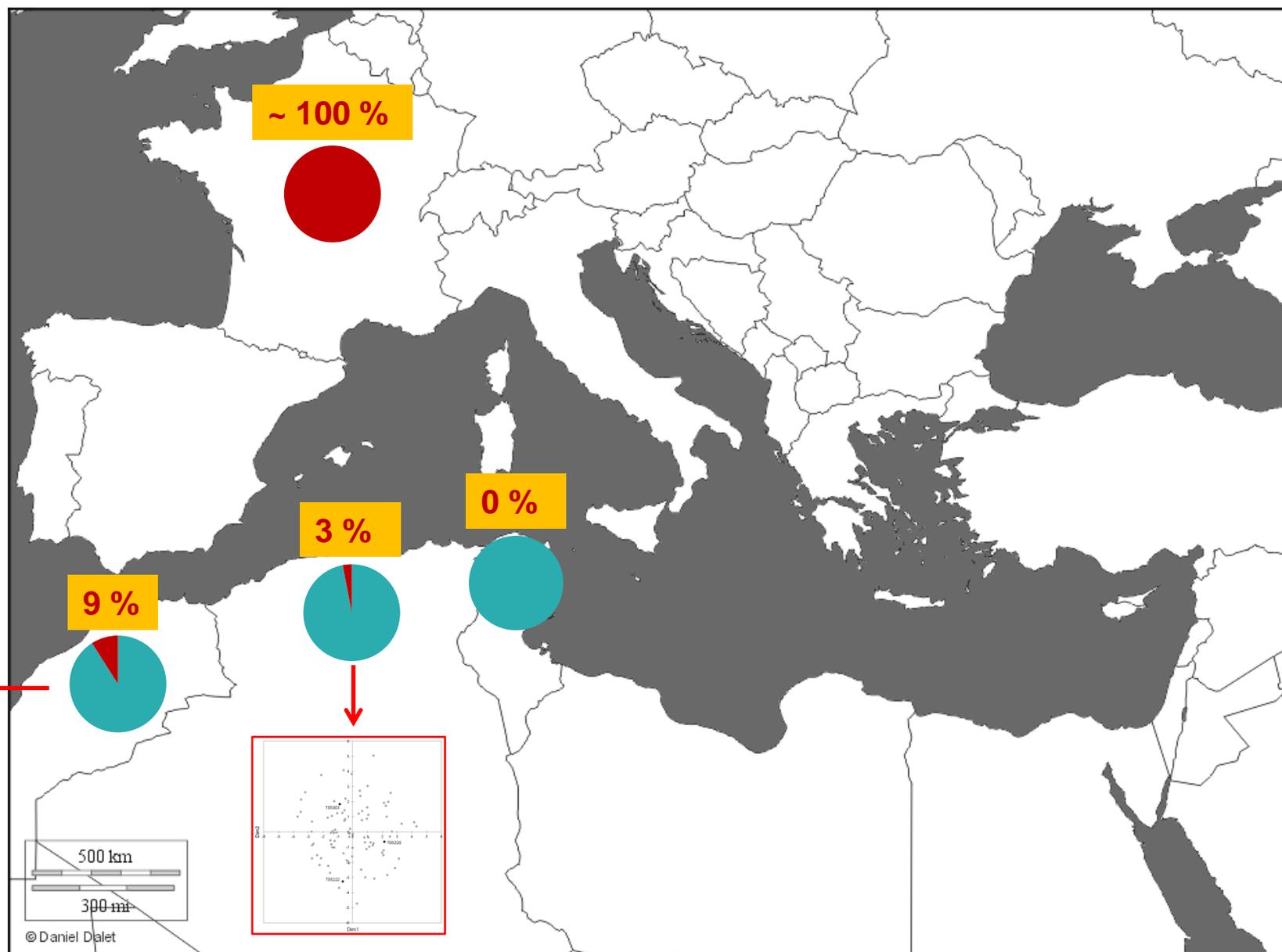
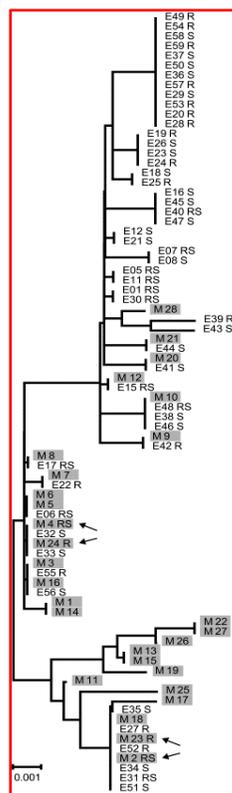
- ✓ Distribution équilibrée aux échelles nationale, région HdF, champ, plante
- ✓ Co-présence sur la même feuille et la même lésion

# **Résistance aux fongicides**

# Résistances aux fongicides (strobilurines)



Généralisation depuis 2011 (nord)



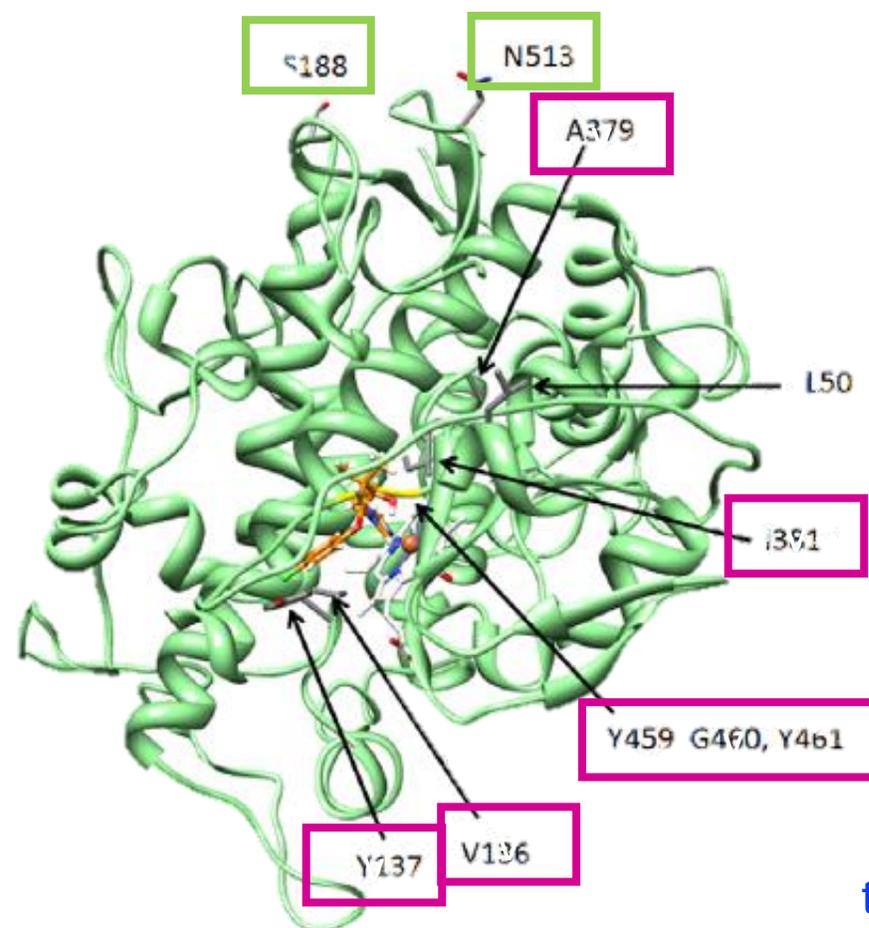
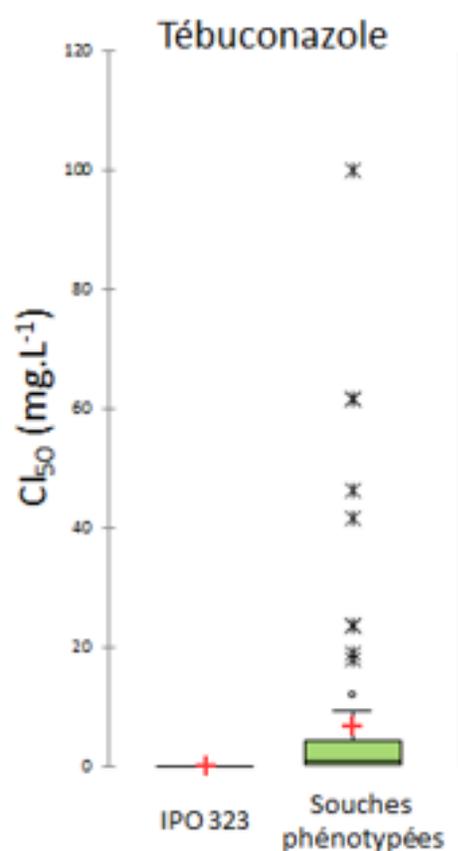
✓ Détection en Afrique du Nord

Siah et al. 2010b ; 2014  
Cheval et al. 2017

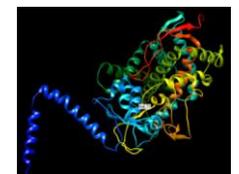
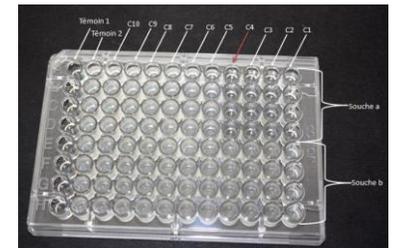
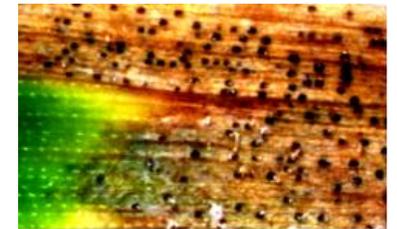
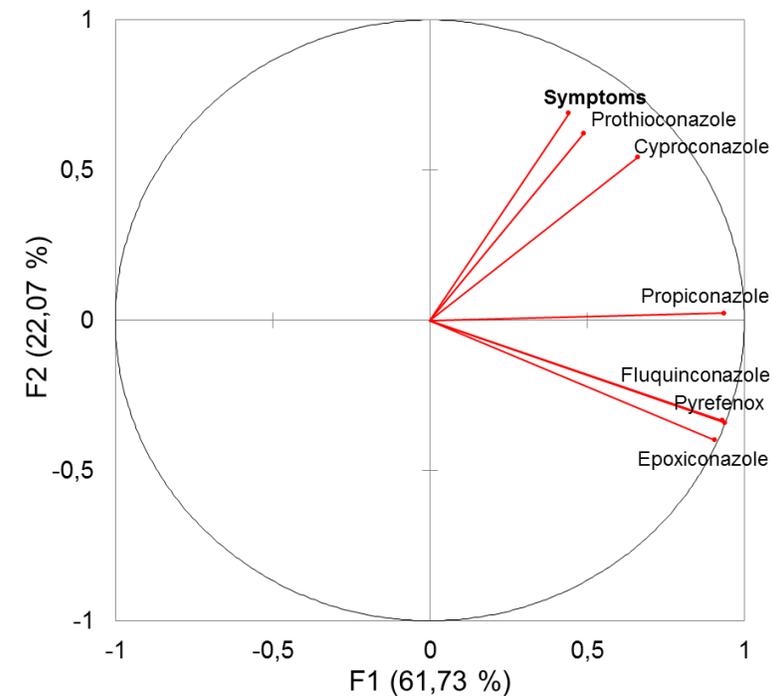
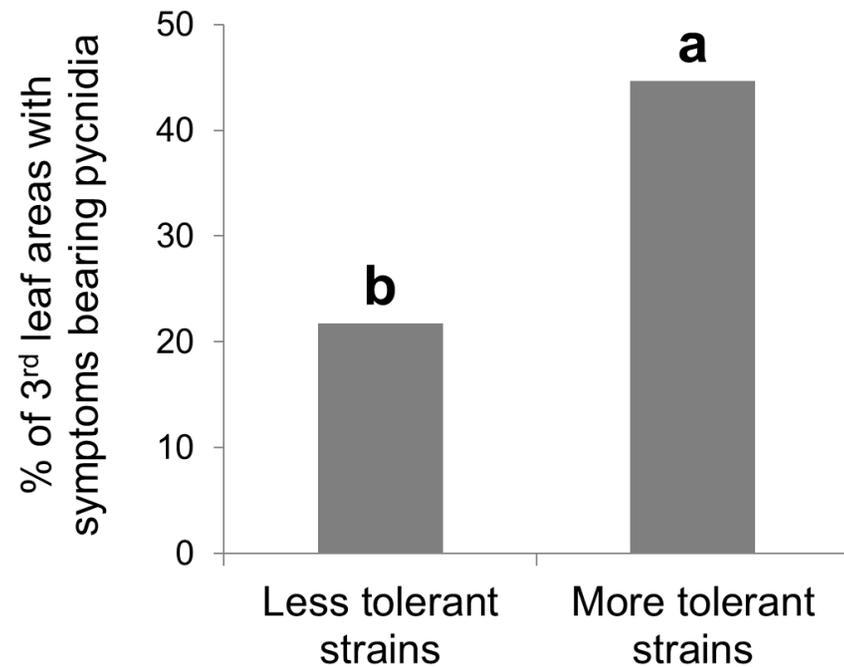
- Absence de souches sensibles dans les populations actuelles de *Z. tritici*
- Prolifération des **souches hautement résistantes (MDR)**



Gène *CYP51* : 18 substitutions et 2 délétions sont détectées (dans le nord de la France)



## Corrélation entre le pouvoir pathogène et la résistance aux fongicides



➤ Caractériser finement le *fitness* de *Z. tritici* (thèse M. Bomble, en cours)



# **Processus infectieux**

# *Z. tritici* : un champignon hémibiotrophe

Contamination



Transition

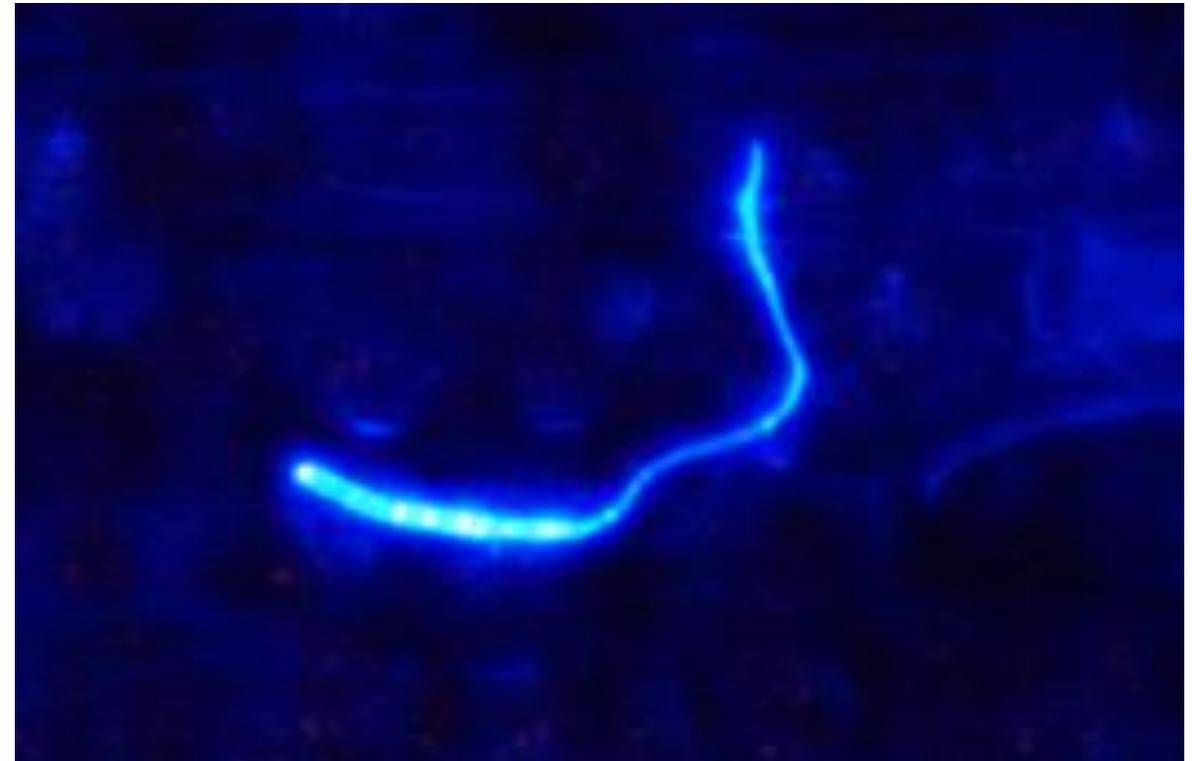


**Phase biotrophe**  
(2 semaines)

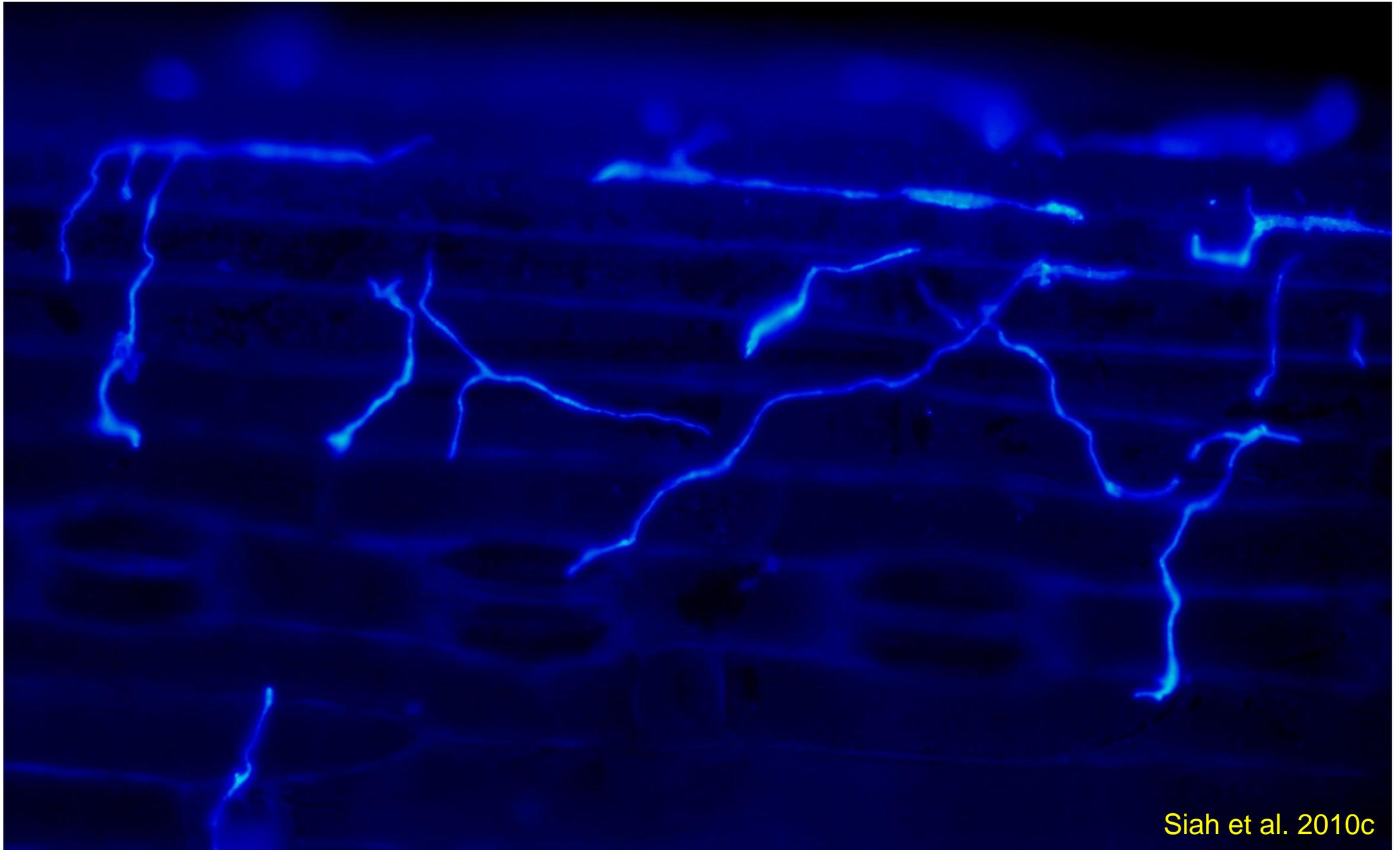
**Phase nécrotrophe**  
(1 semaine)

# Germination des spores (jour 1)

---



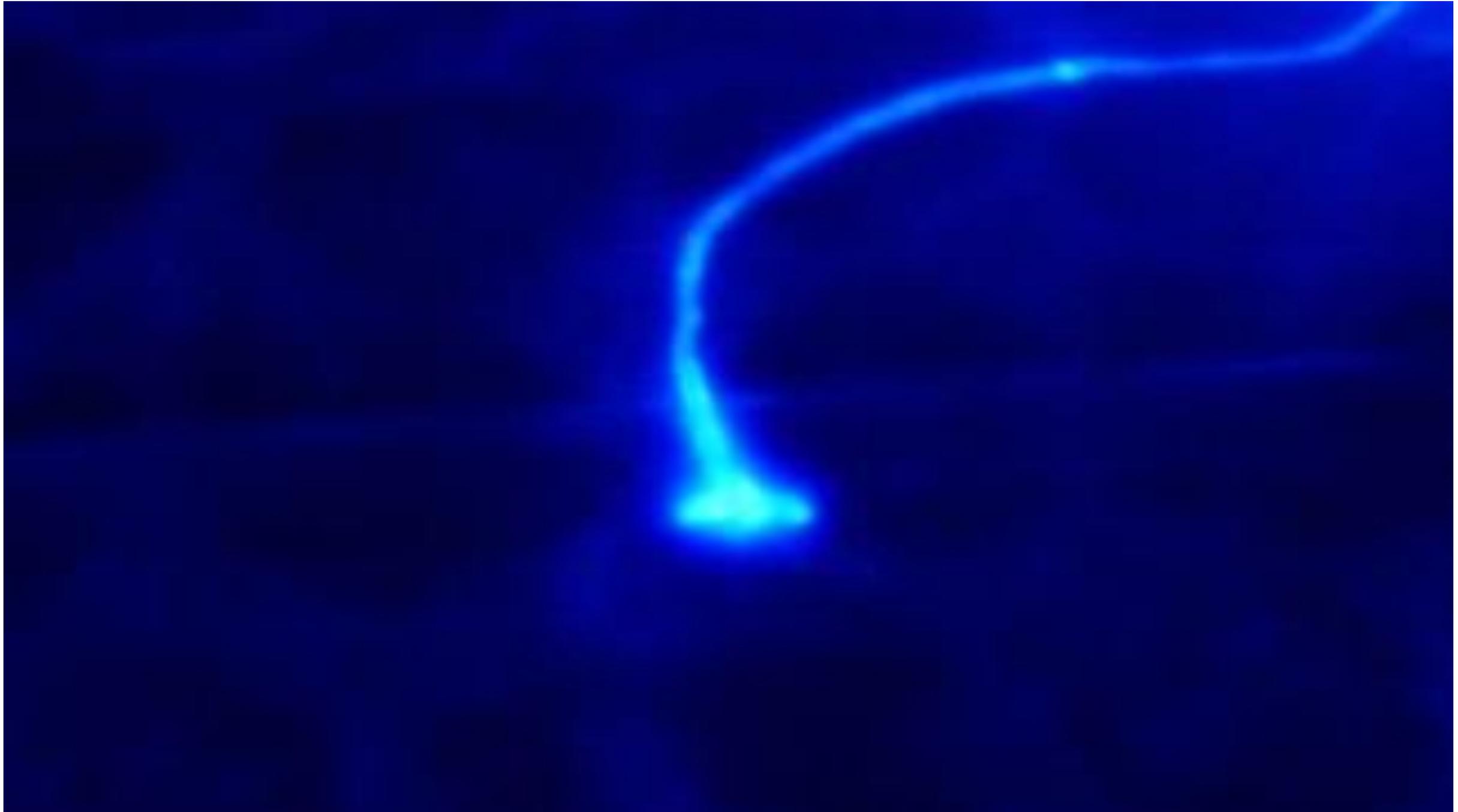
# Croissance épiphyte (jour 2)



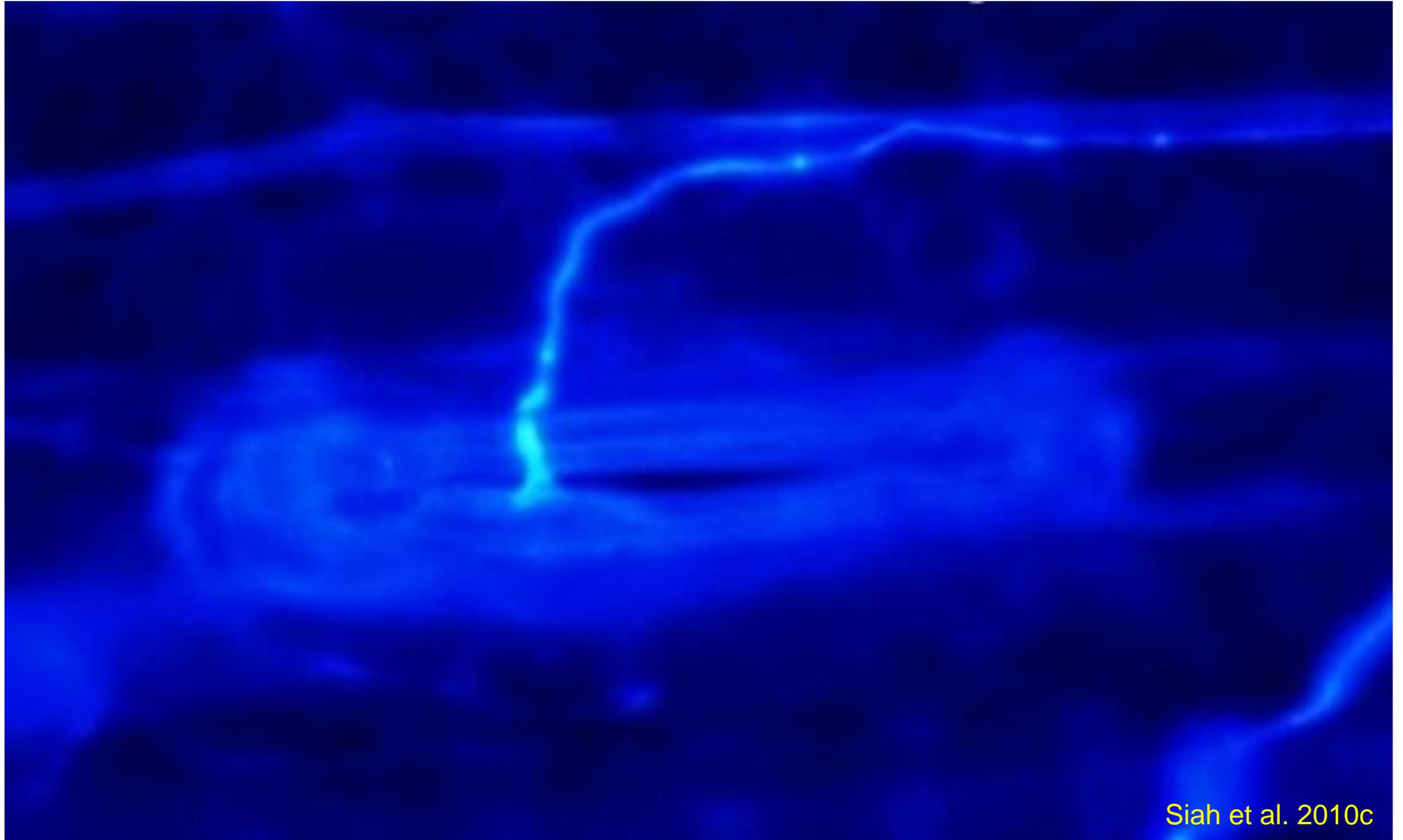
# Croissance épiphyte (jour 5)



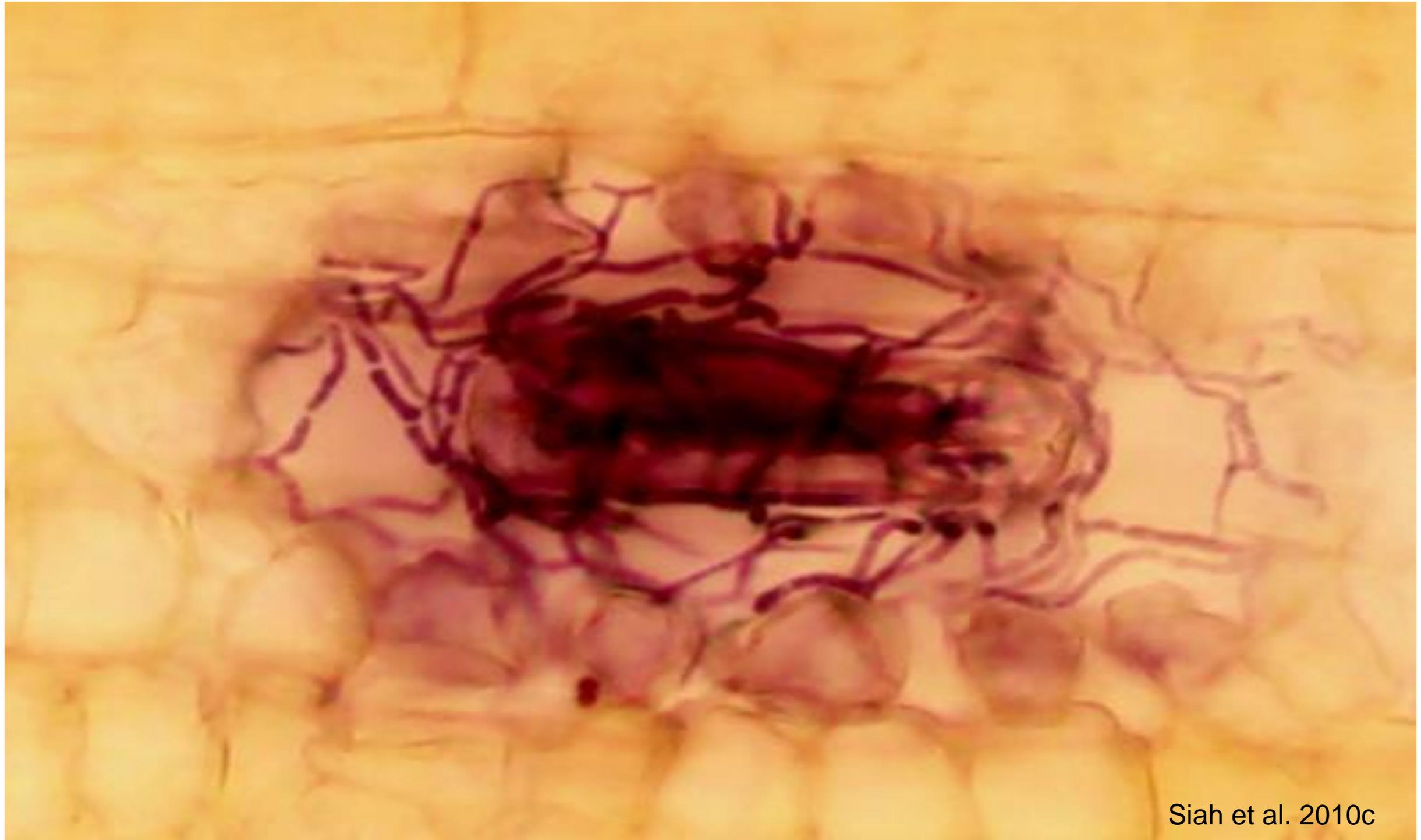
# Pénétration directe (jour 5)



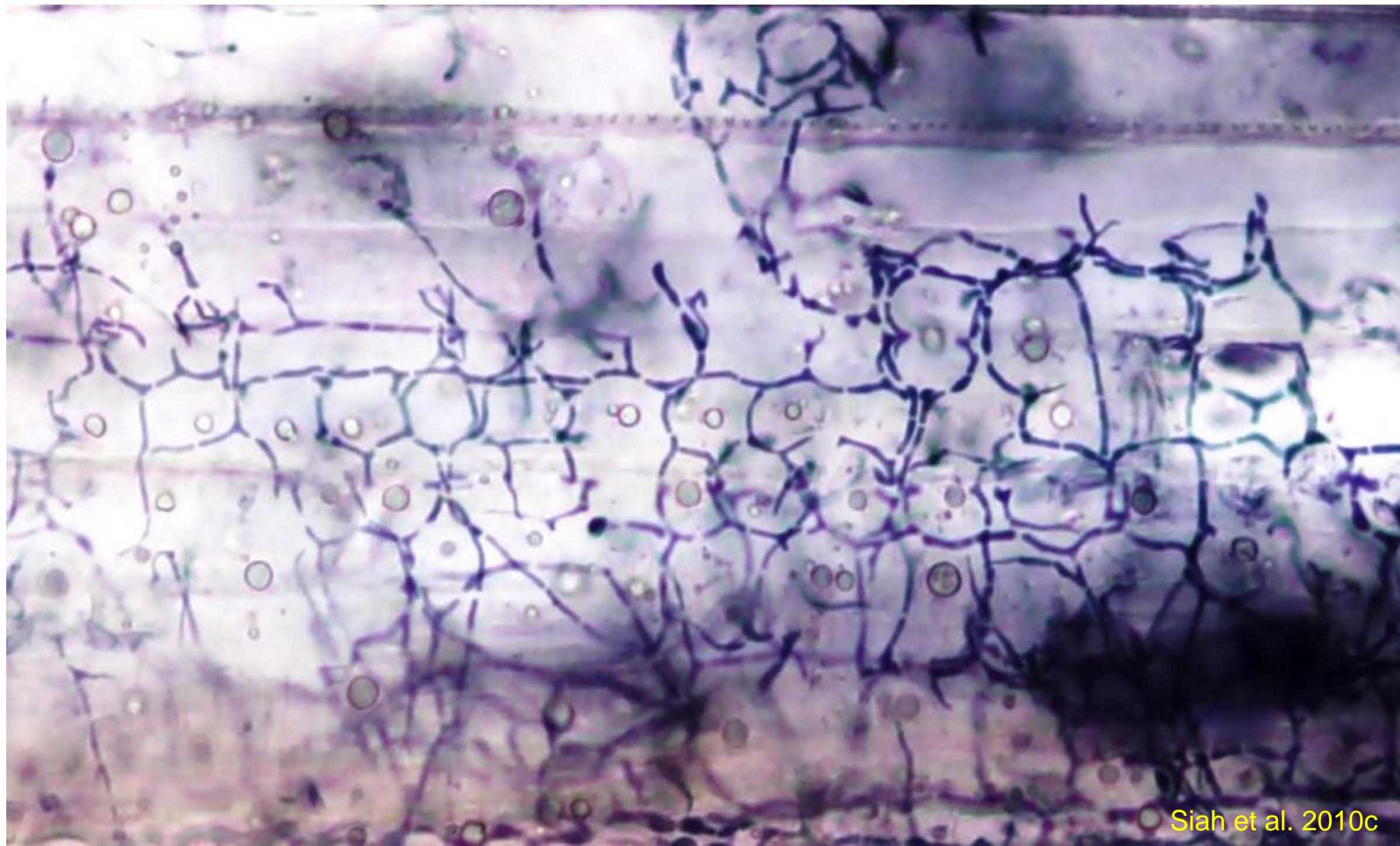
# Pénétration par les stomates (jour 5)



# Colonisation des tissus foliaires (jour 10)



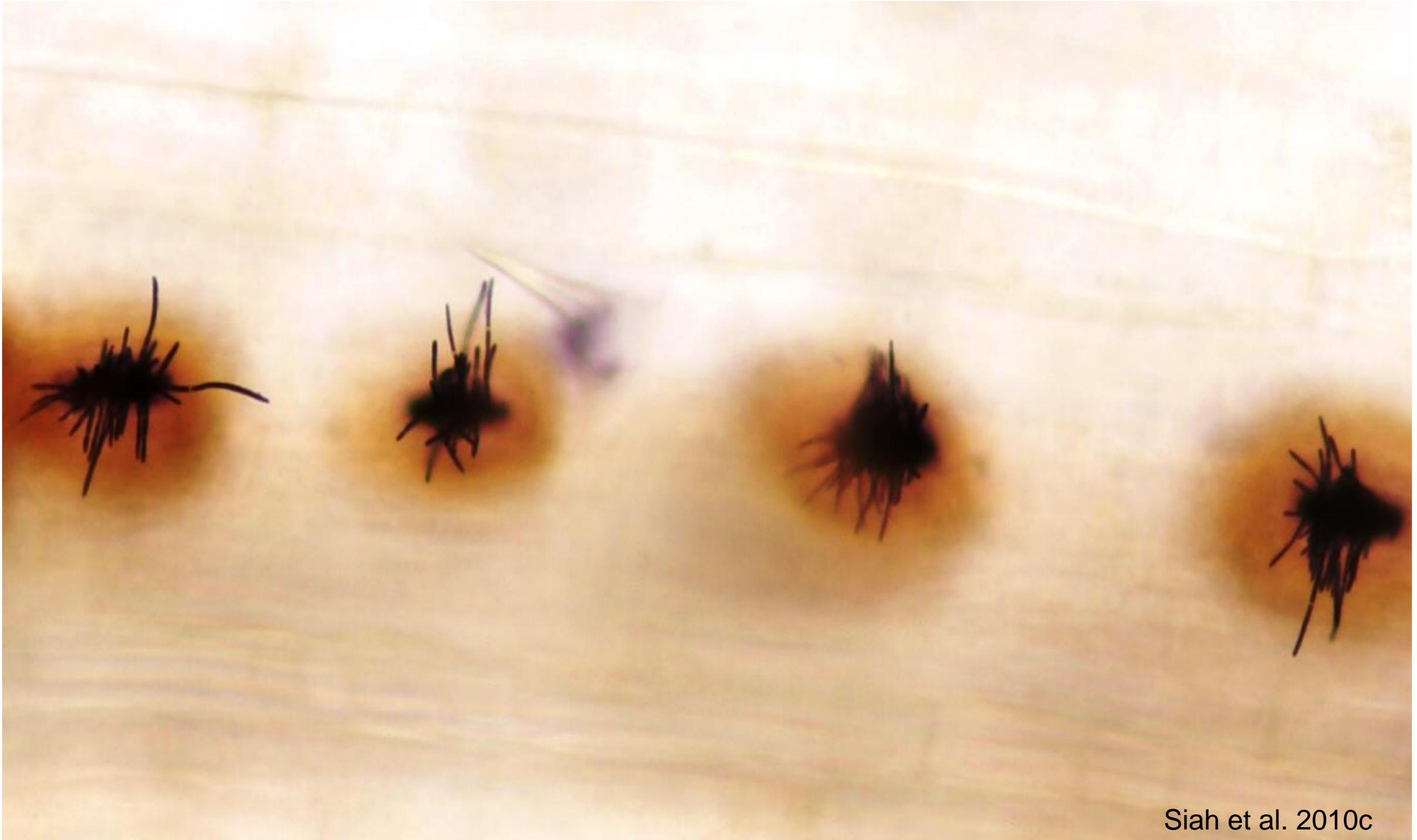
# Colonisation des tissus foliaires (jour 14)

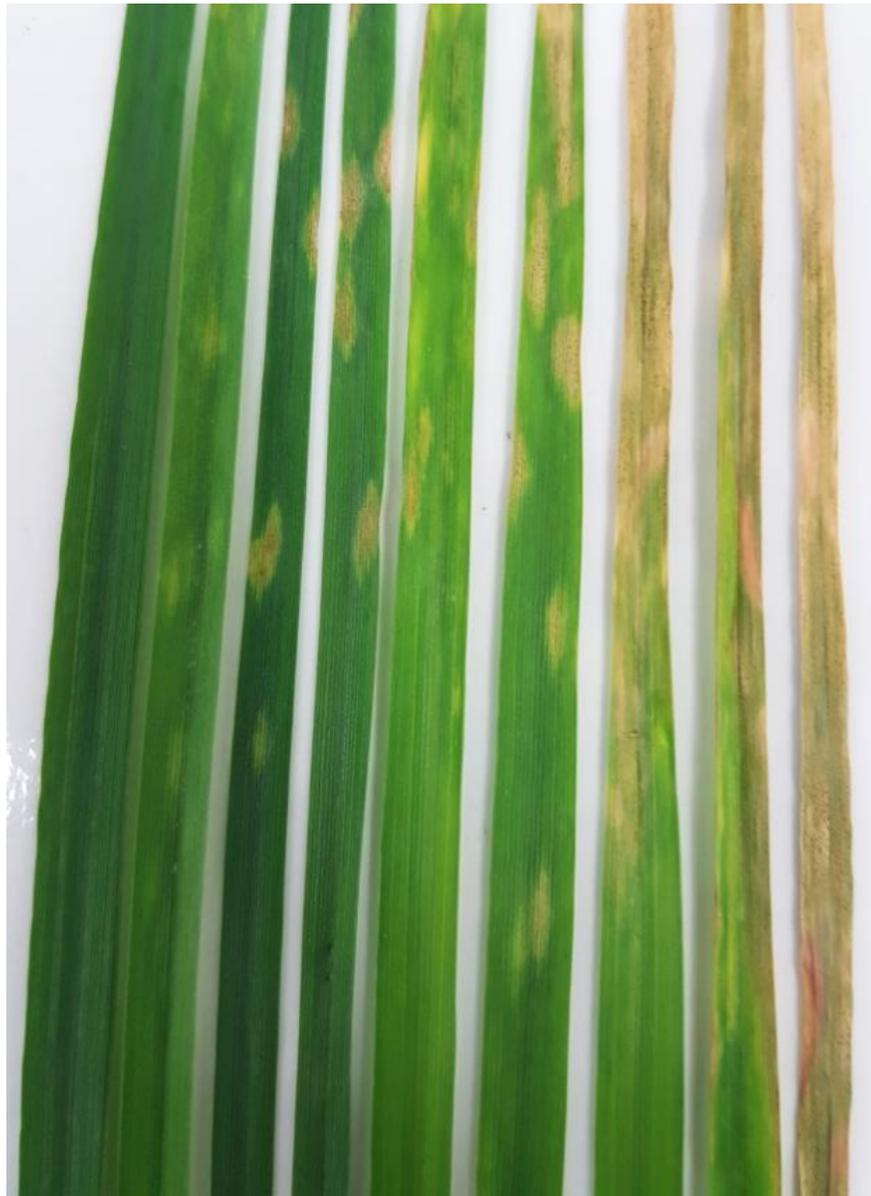


# Apparition des symptômes (jour 16)

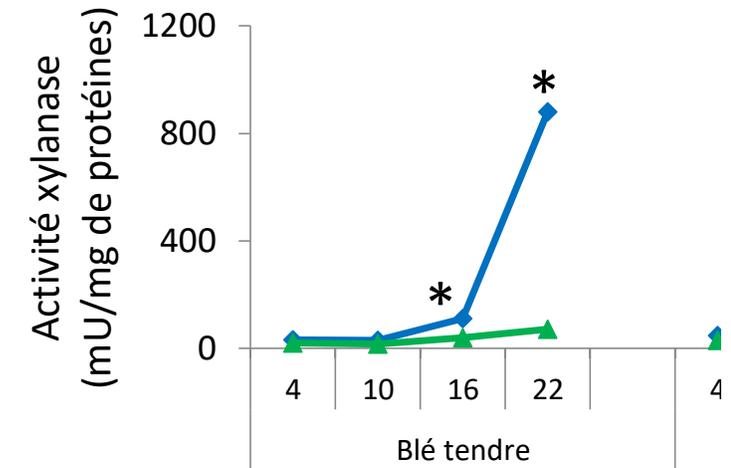


# Sporulation (jour 16)

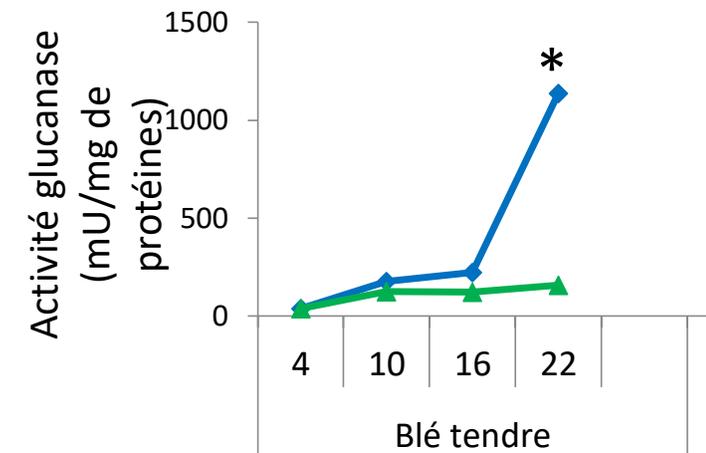




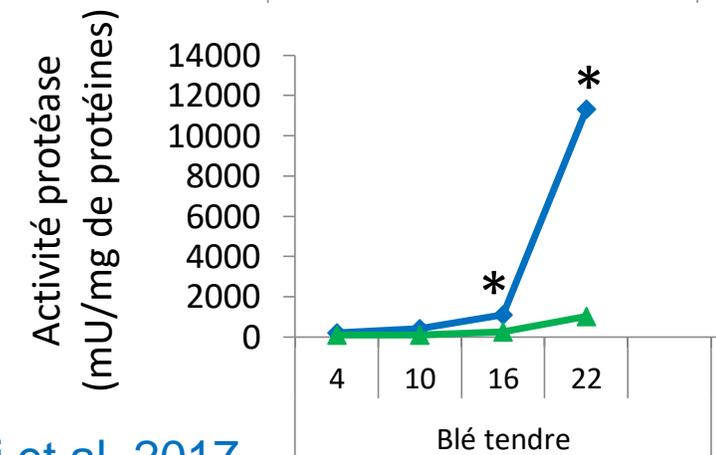
## Xylanase



## Glucanase



## Protéase



J14

J16

J18

J20

J22

# Lutte par le biocontrôle ?



## 2 types de produits sont étudiés :

- Bio-fongicides (activité directe)
- Stimulateurs de défense des plantes (SDP) (activité indirecte)

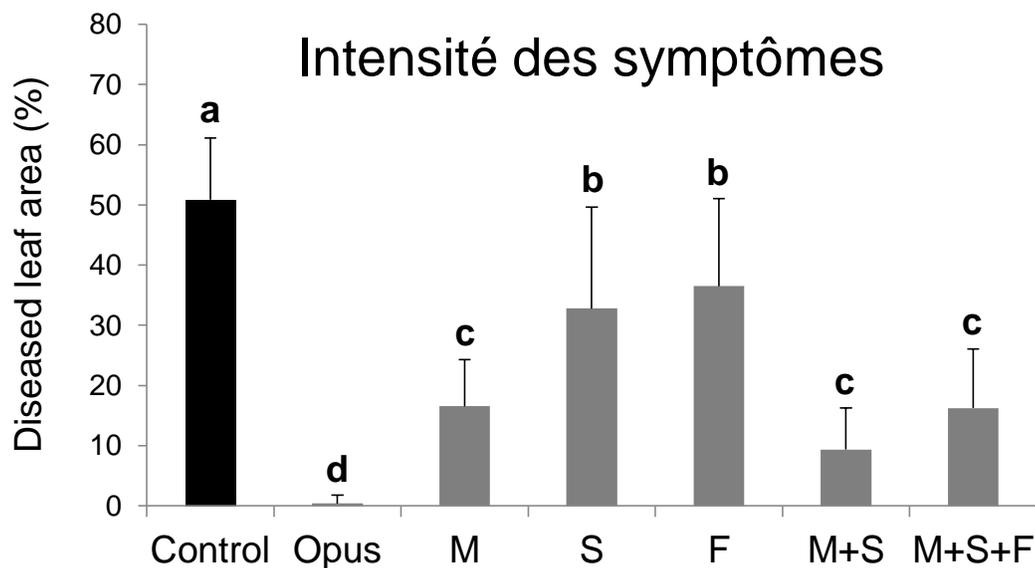
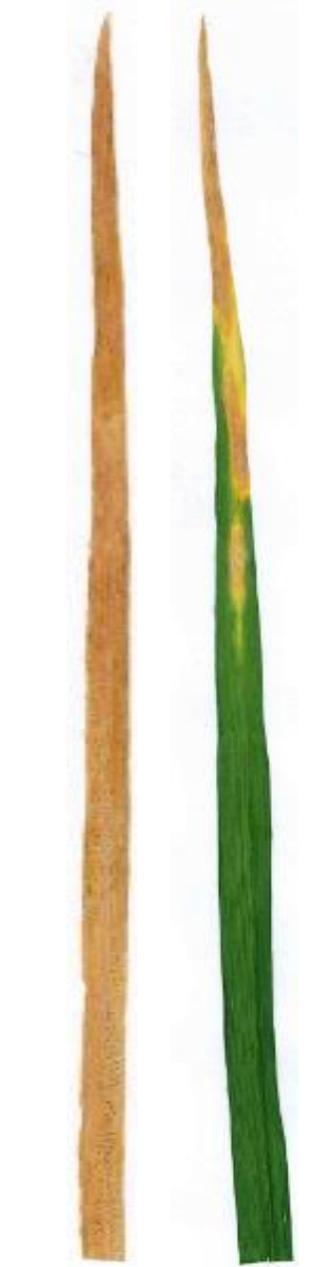


## Origines très variées :

- ✓ Extraits végétaux ou microbiens
- ✓ Métabolites végétaux ou microbiens
- ✓ Coproduits

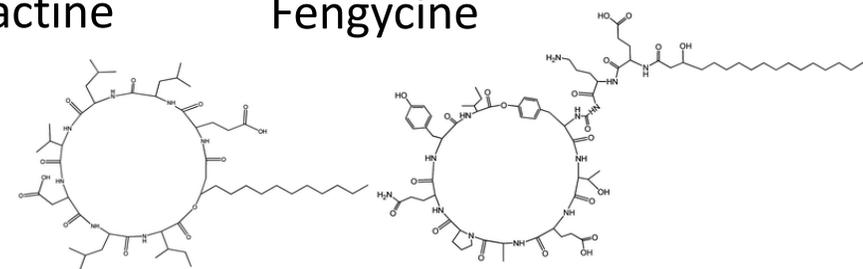


# Bio-fongicides : lipopeptides de *Bacillus subtilis*

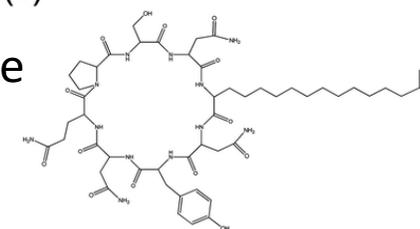


Surfactine

Fengycine

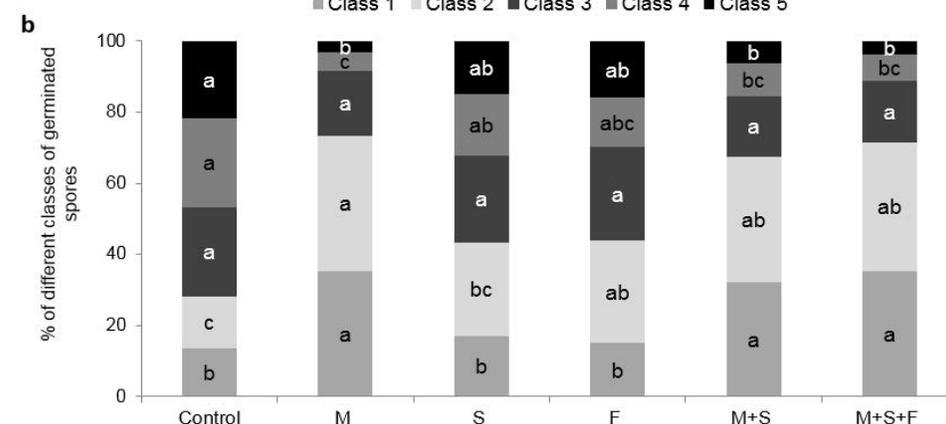
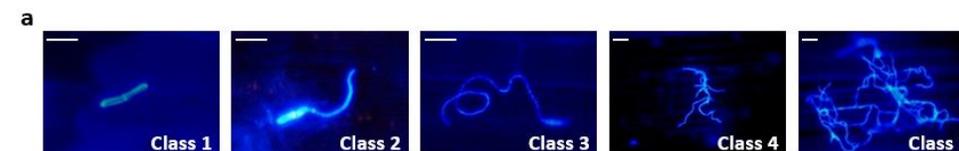


Mycosubtiline



## Mycosubtiline :

- ✓ Molécule la plus efficace (- 82 %)
- ✓ Forte activité **bio-fongicide** *in vitro* et *in planta* ( $CI_{50} = 1,4$  mg/L)



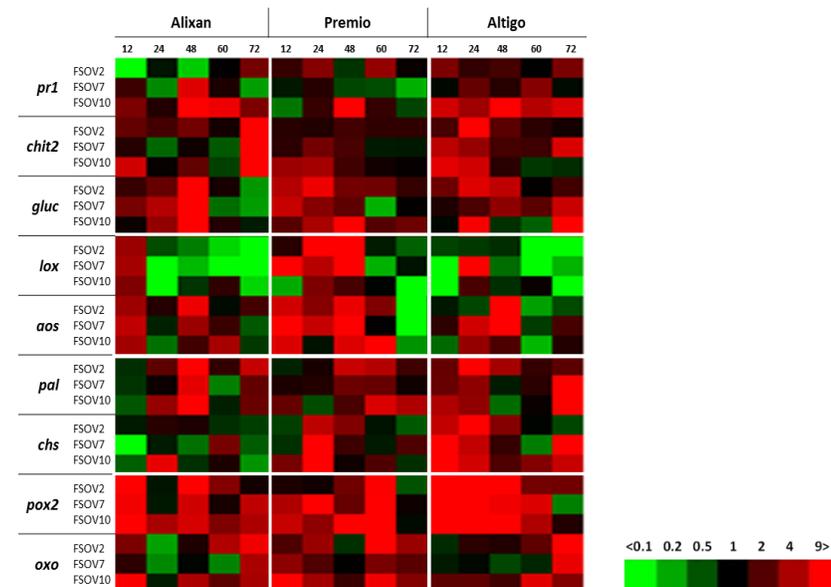
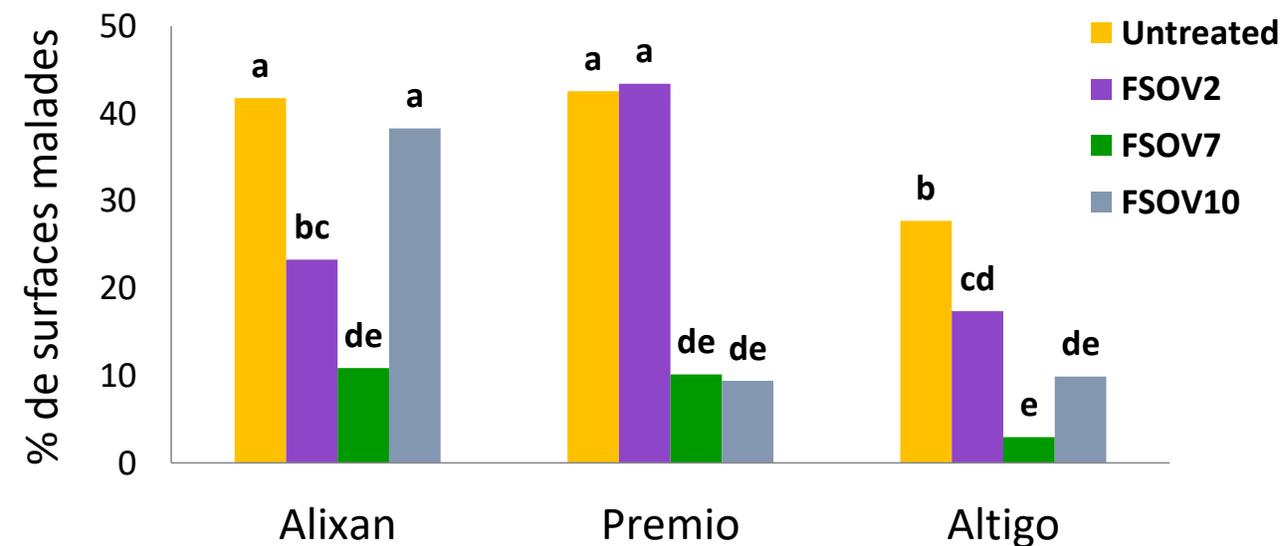
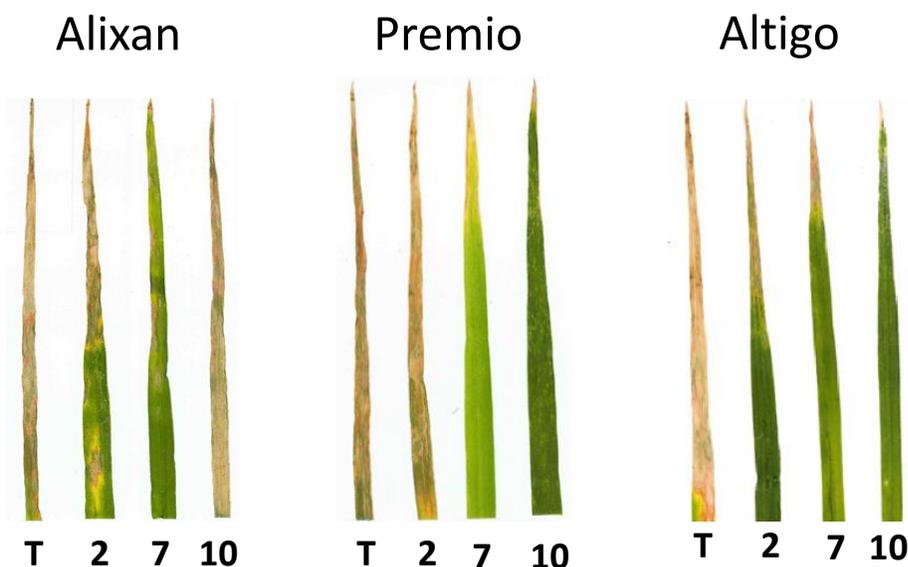
Control M+S

# SDP : Interactions avec les variétés de blé

- 3 SDP (FSOV1, FSOV7, FSOV10)
- 3 cultivars de blé tendre (Alixan, Premio, Altigo)

- Caractérisation du mode d'action des SDP (échelles cytologique, biochimique et moléculaire)

➤ Mode d'action SDP-dépendant





## Projet Optistim (2014-2018)

*Thèse S. Mejri*

Recherche de SDP  
bio-sourcés



## BIOSTIMALG (2017-2020)

*Thèse M. Borba*

SDP d'origine algale  
(*Ulva fasciata*)



## LIPOCONTROLE (2015-2018)

SDP et bio-fongicides de  
*Pseudomonas syringae*



## BioScreen (2016-2020)

## BioProtect (2016-2020)



*Thèse R. Platel*

Molécules d'origines diverses (extraits et métabolites microbiens, glycolipides, etc.)



## IRIS+ (2015-2018)

*Thèse A. Fourquez*

Association biostimulants / SDP

## BACPLANT (2016-2019)

*Postdoc M. Sawicki*

Bactérisation du blé avec des bactéries PGPR



- *Z. tritici* est un champignon :
  - **très problématique** pour les producteurs céréaliers
  - **très diversifié**, avec un *fitness* très élevé
  - **très plastique** (adaptation rapide)
- Nécessité de développer des **méthodes de lutte alternatives** à la lutte chimique
- ✓ **Le biocontrôle : l'un des leviers les plus prometteurs**

# Merci pour votre attention

