

Séminaire :
*« 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 Viollette (ICV, EA 7394)
Institut Supérieur d'Agriculture (ISA Lille)

CHR de Lille – 18.04.2018



1 La septoriose du blé, une maladie problématique



Le blé : 1^{ère} culture en France / Europe

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

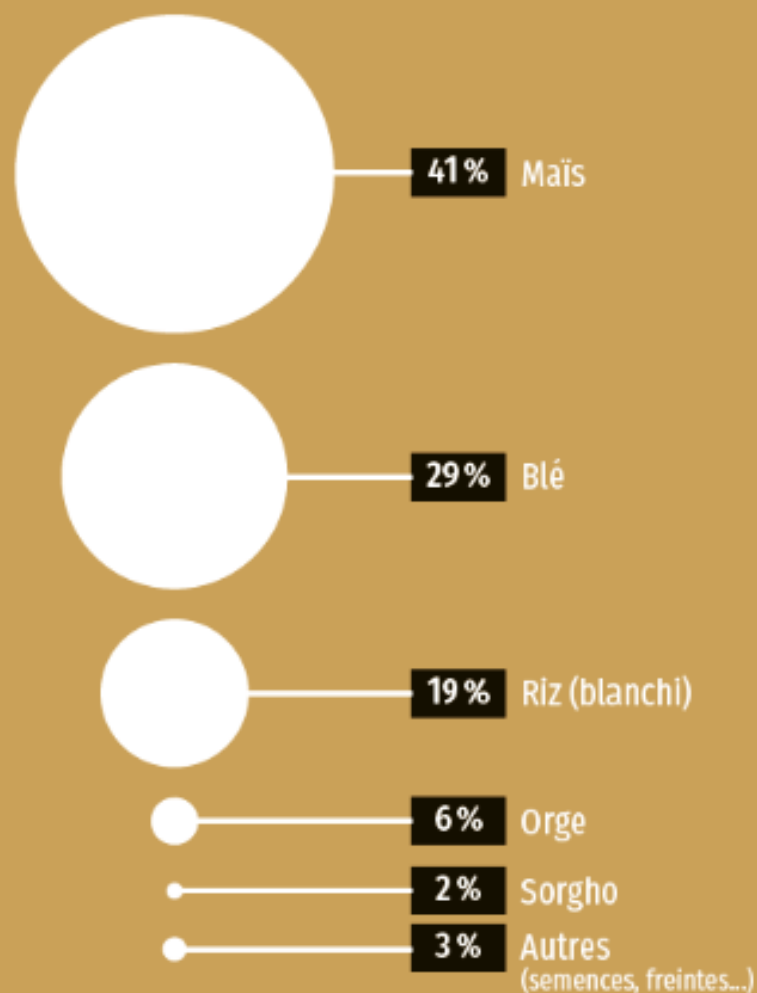
Agreste Infos, 2017



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

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

Sources : USDA, campagne 2016/2017**



Le blé : 2 espèces...

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^{ère} maladie du blé

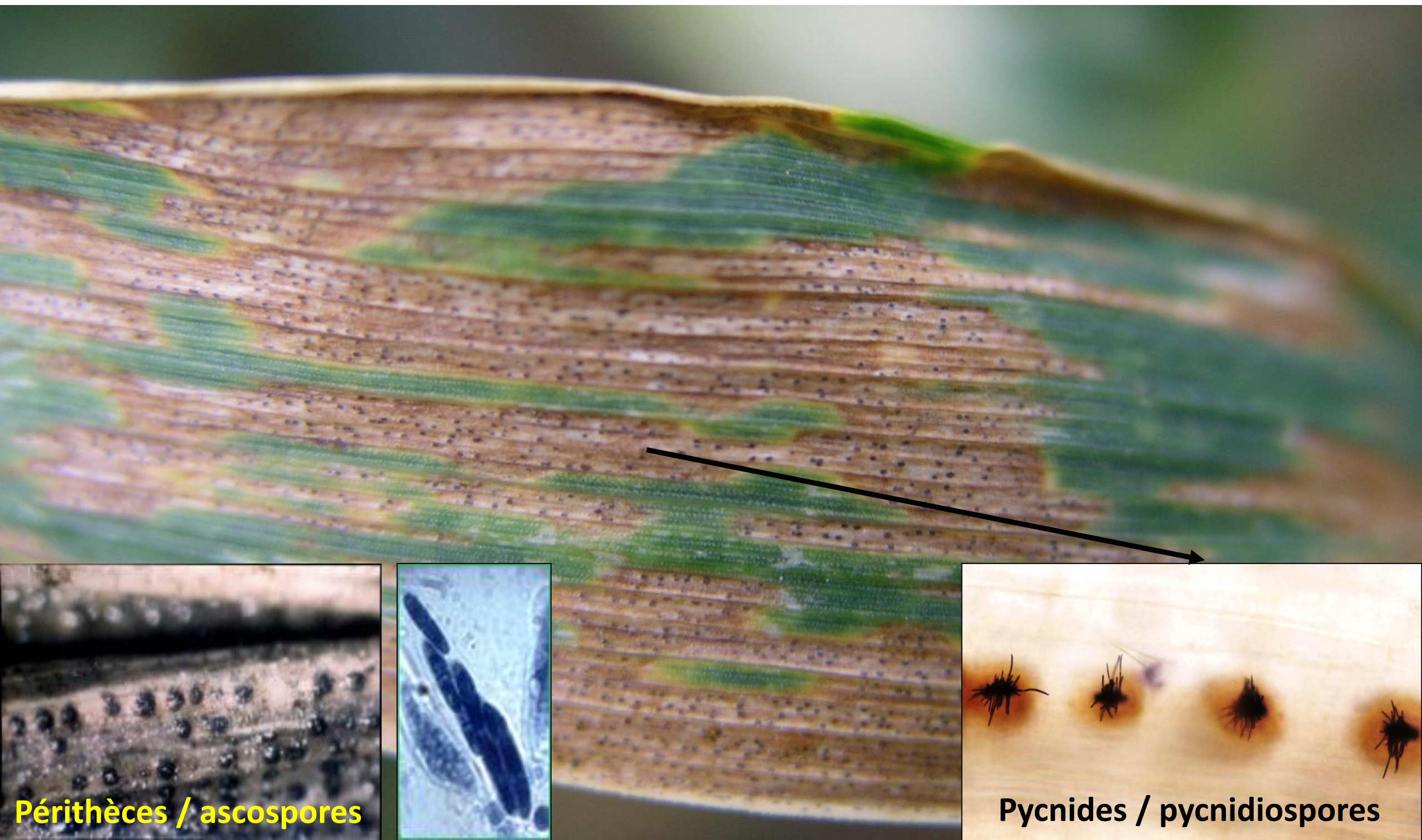
Jusqu'à 50 % de pertes de rendement



70 % des fongicides vendus en UE

(Fones & Gurr, 2015)

Septoriose du blé : symptômes



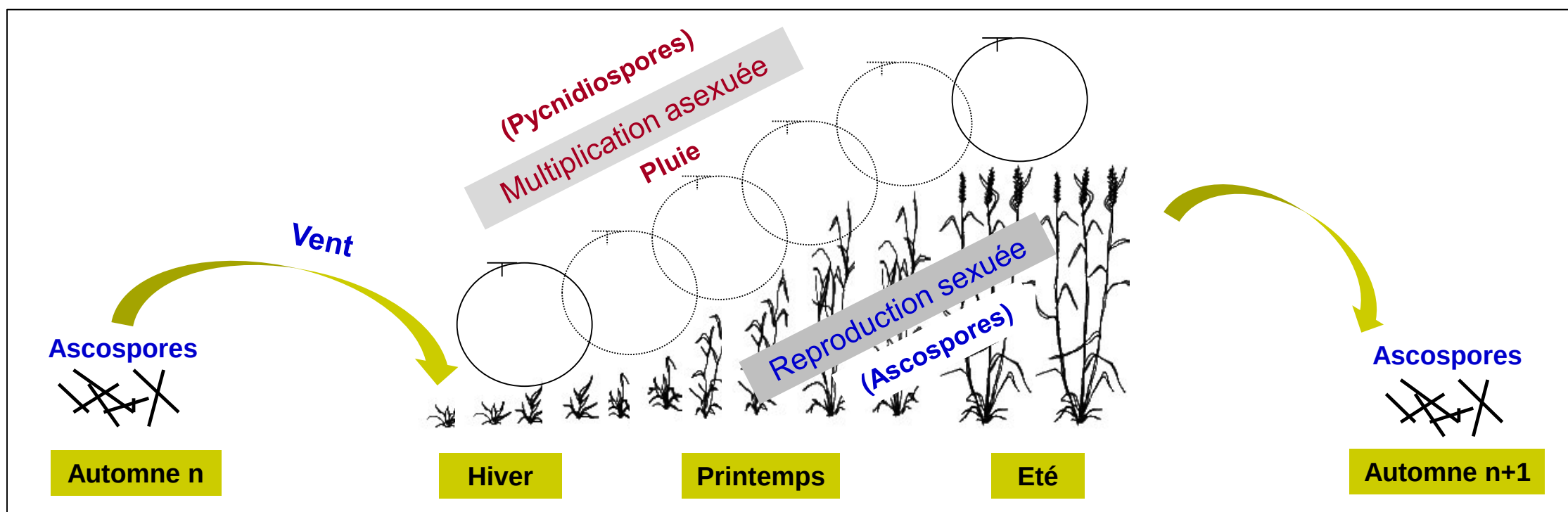
Périthèces / ascospores

Pycnides / pycnidiospores

Cycle de la maladie



Pycnides



Périthèces

Méthodes de lutte limitées ou controversées



Aucune variété totalement résistante à la septoriose

Lutte chimique controversée
(+ problèmes de résistance)

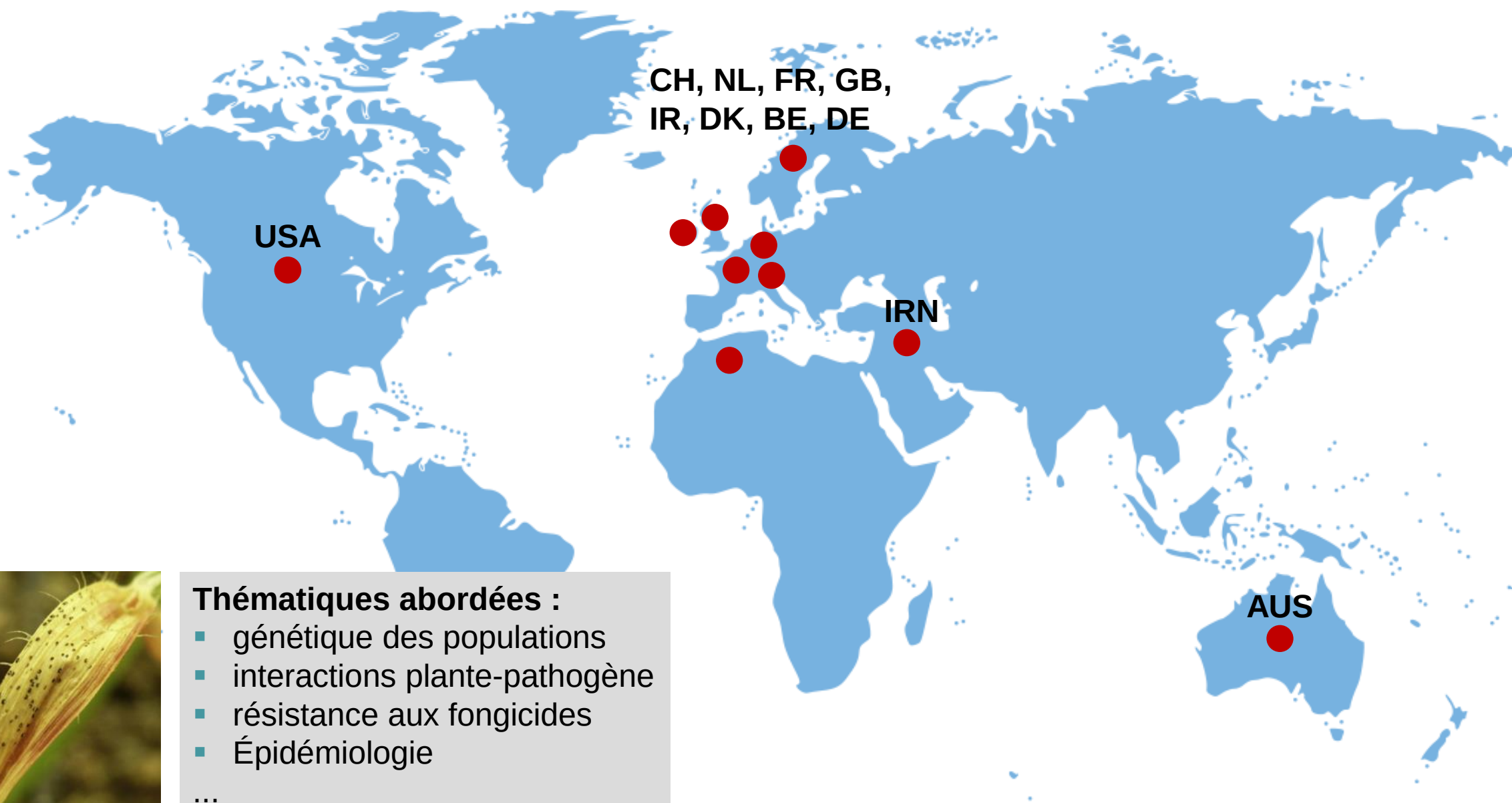


Une situation préoccupante pour les producteurs...



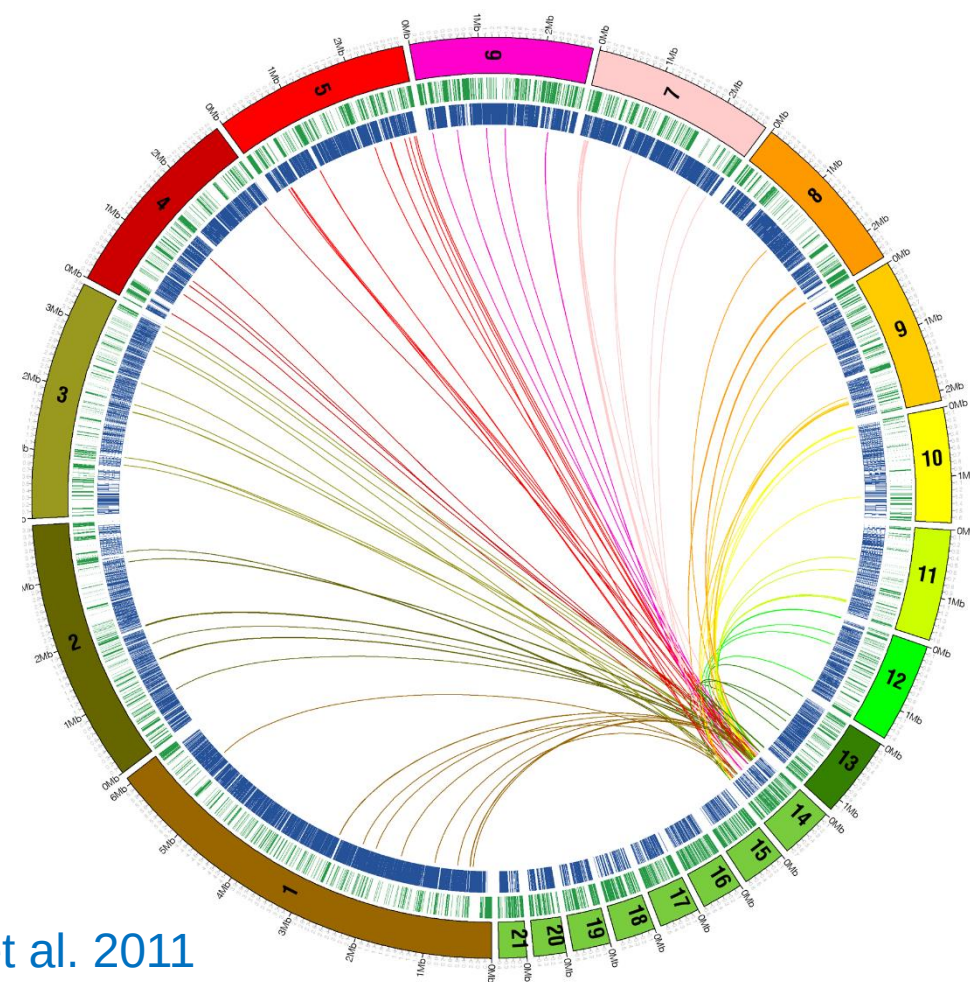
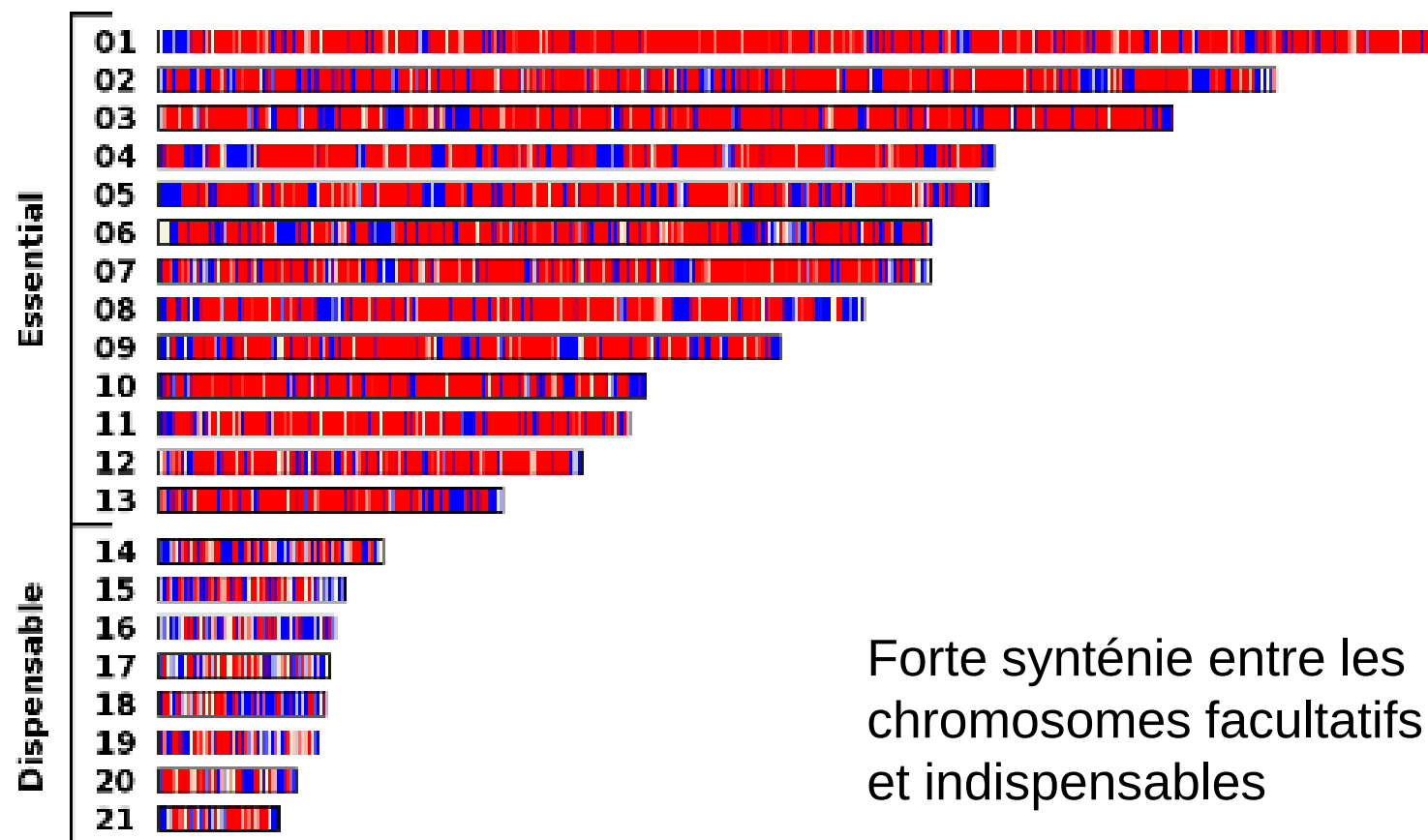
Toutefois, les chercheurs ne croisent pas les bras !

- ✓ *Z. tritici* : classé parmi le **top 10** des champignons phytopathogènes modèles ([Dean et al. 2012](#)) : un pathogène **très étudié** à travers le monde



Z. tritici : génome séquencé en 2009

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



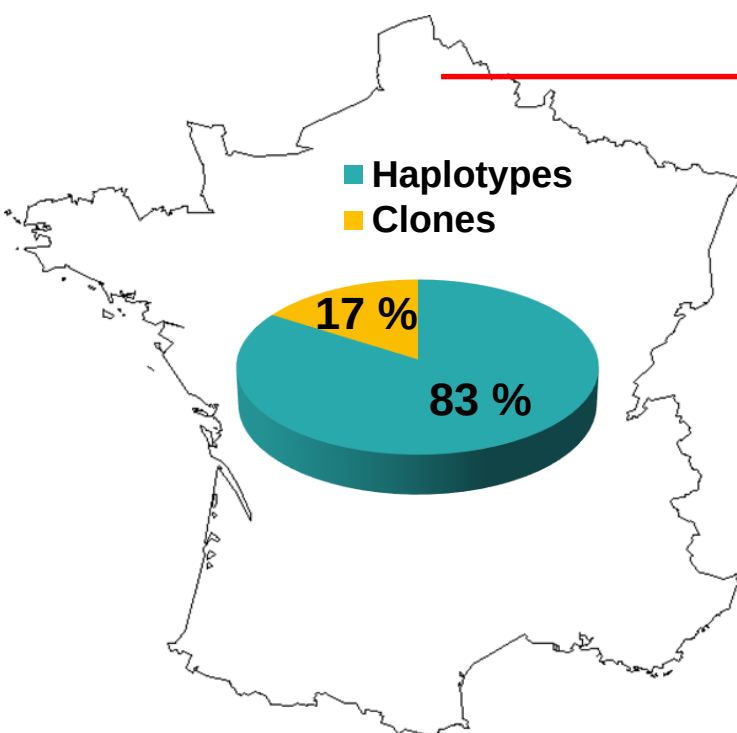
2 Diversité et structure génétique des populations de *Z. tritici*



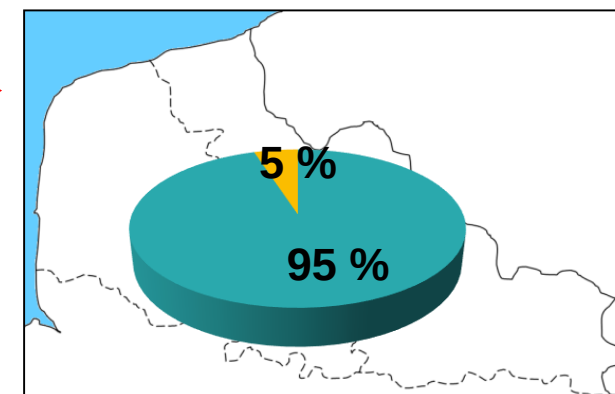
Diversité génotypique très élevée

% d'haplotypes (génotypes différents)

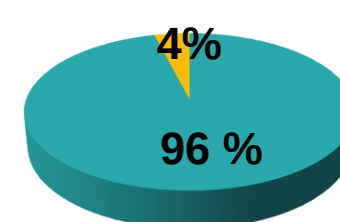
France



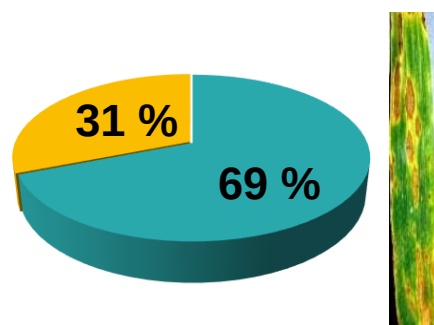
Région HdF



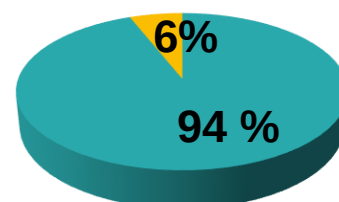
Estimation : ~ 50 millions
de souches / ha



Champ



Feuille



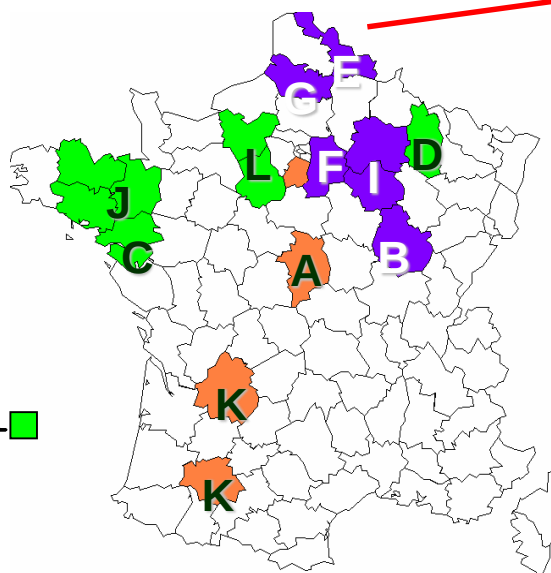
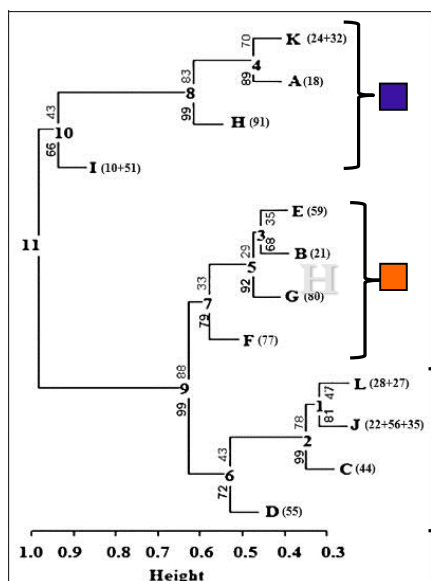
Plante

Structuration en groupes génétiques

Différenciation des populations (indice G_{ST})

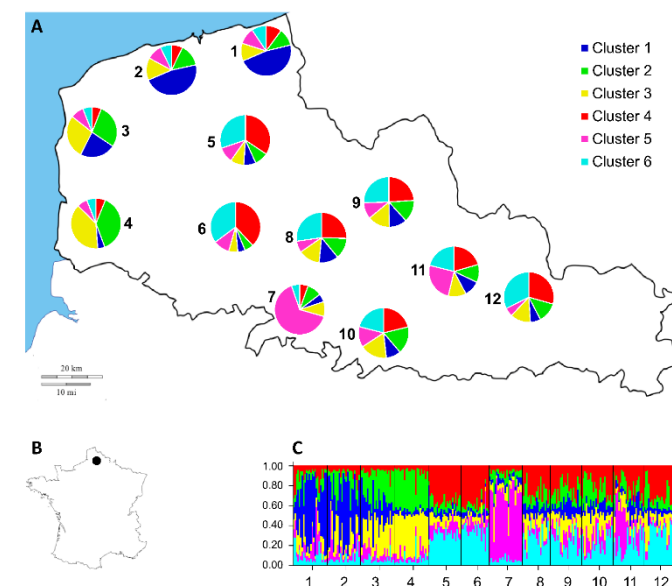
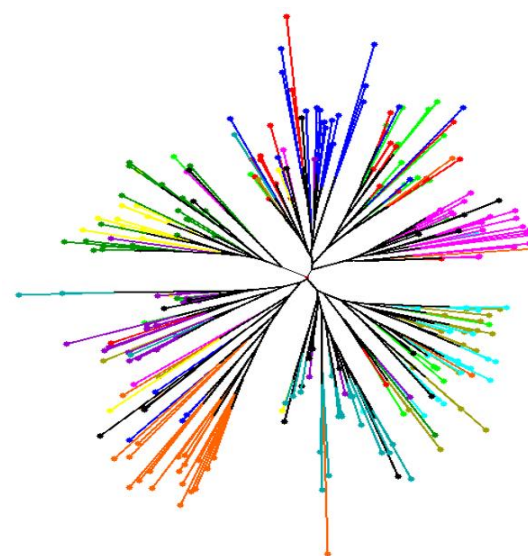
France : Structuration

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



Région HdF : Structuration

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



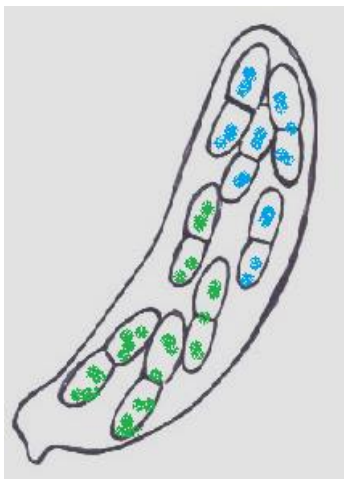
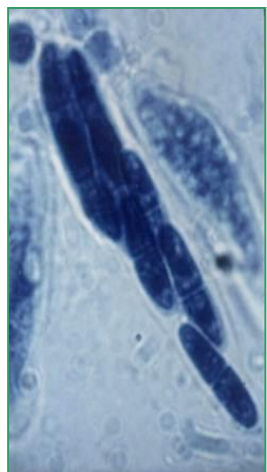
Champ : Absence de structuration

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



Reproduction sexuée active

- *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

3

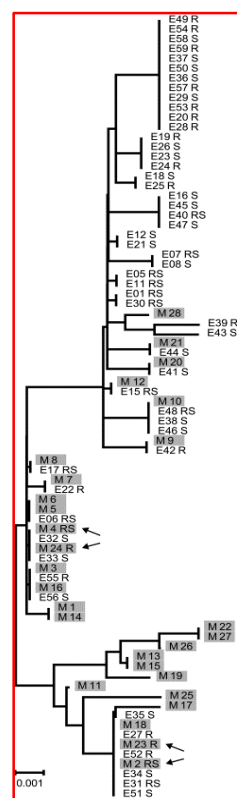
Résistance aux fongicides



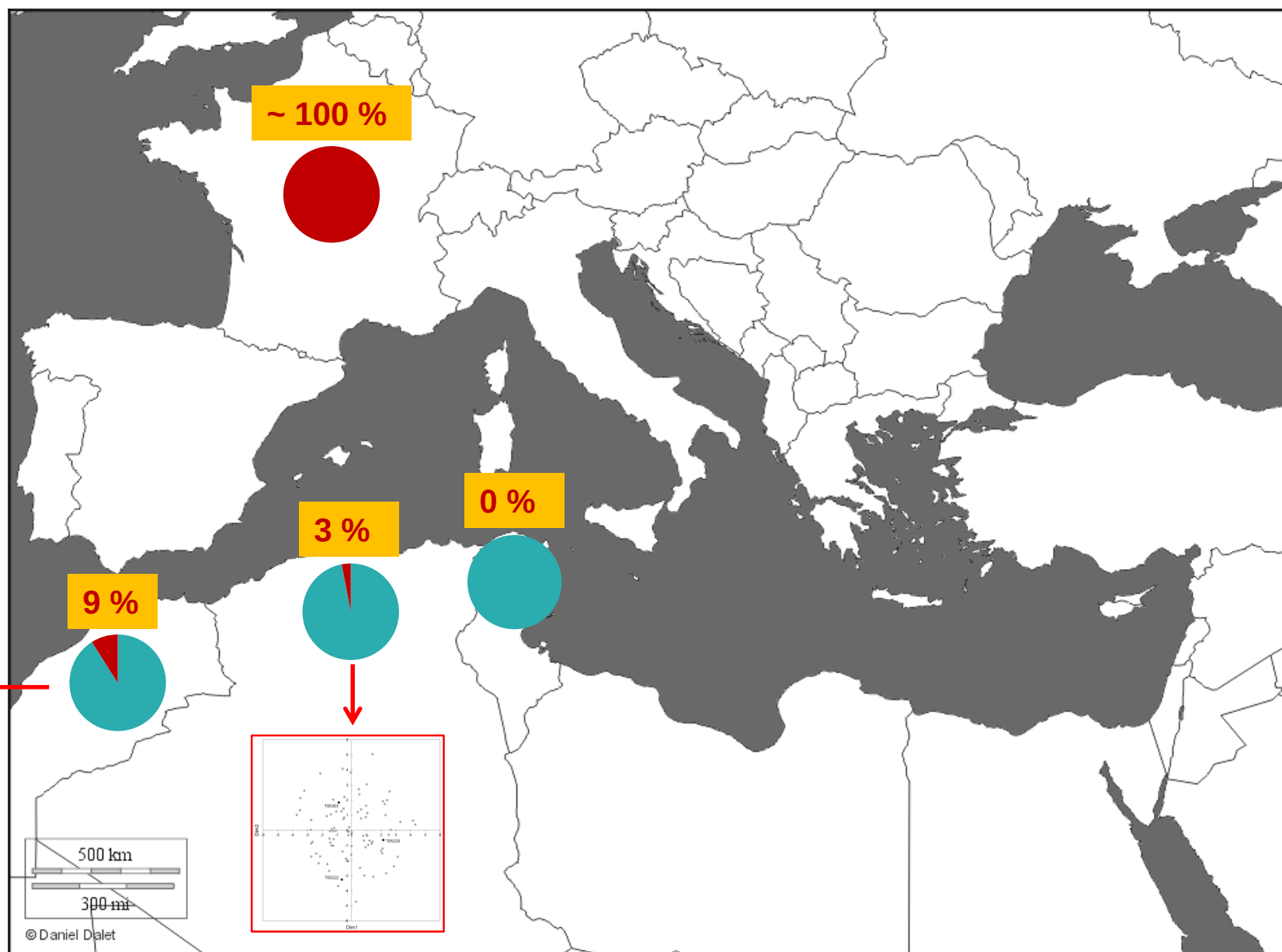
Résistances aux fongicides (strobilurines)



Généralisation depuis 2011 (nord)



Emergence locale



✓ Détection en Afrique du Nord

Siah et al. 2010b ; 2014

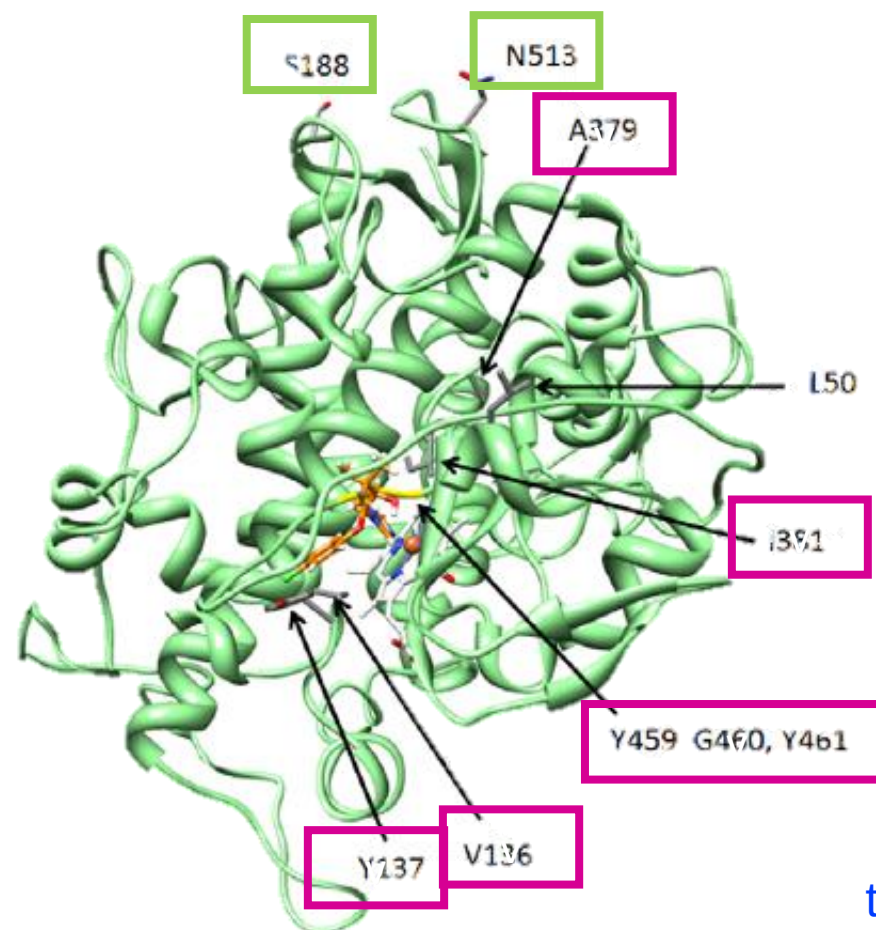
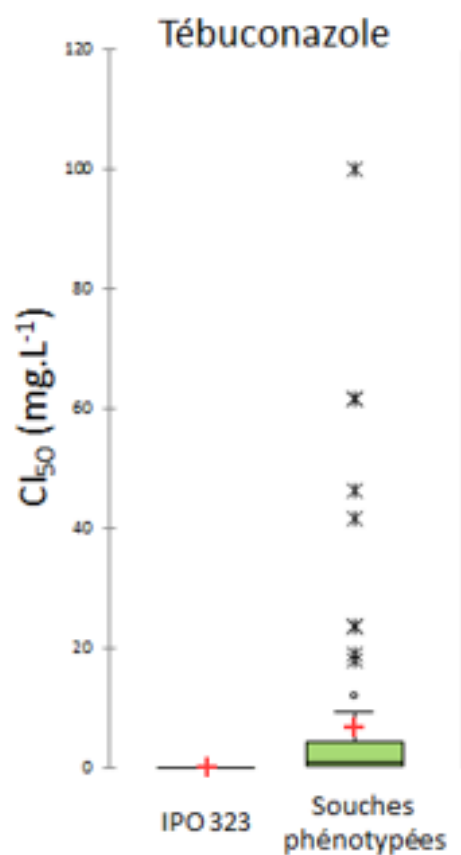
Cheval et al. 2017

Résistances aux fongicides (IDM)

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

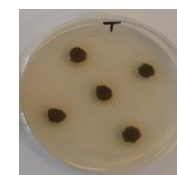
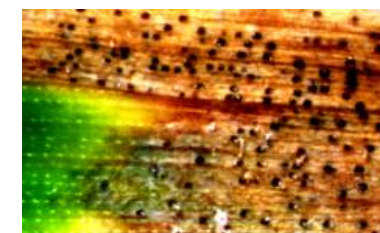
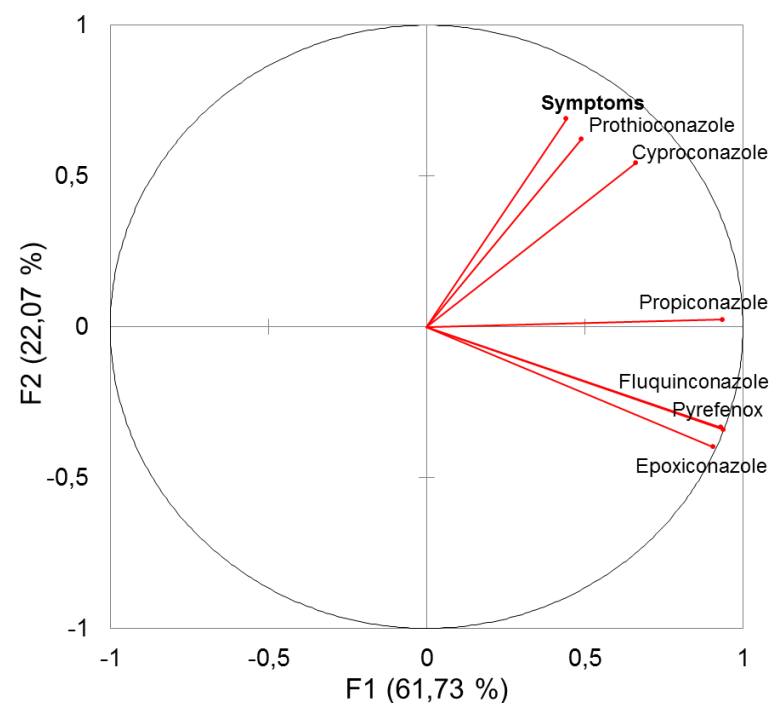
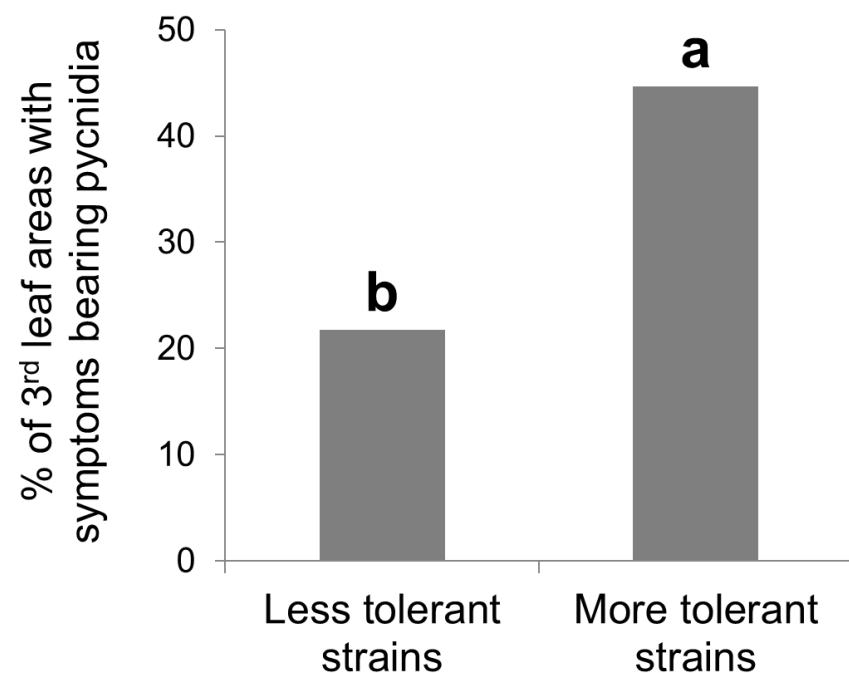


Gène *CYP51* : 18 substitutions et 2 délétions détectées dans le nord de la France



Fitness de *Z. tritici*

Corrélation entre le pouvoir pathogène et la résistance aux fongicides



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



4

Processus infectieux

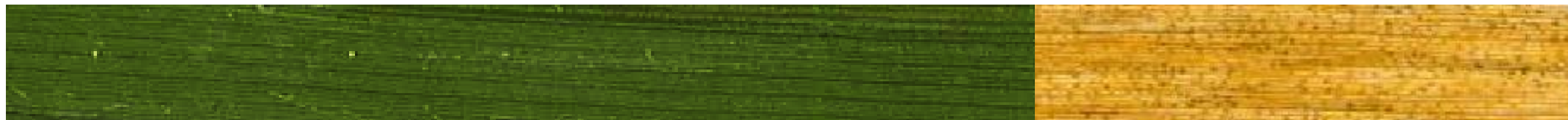


Z. tritici : un champignon hémibiotrophe

Contamination



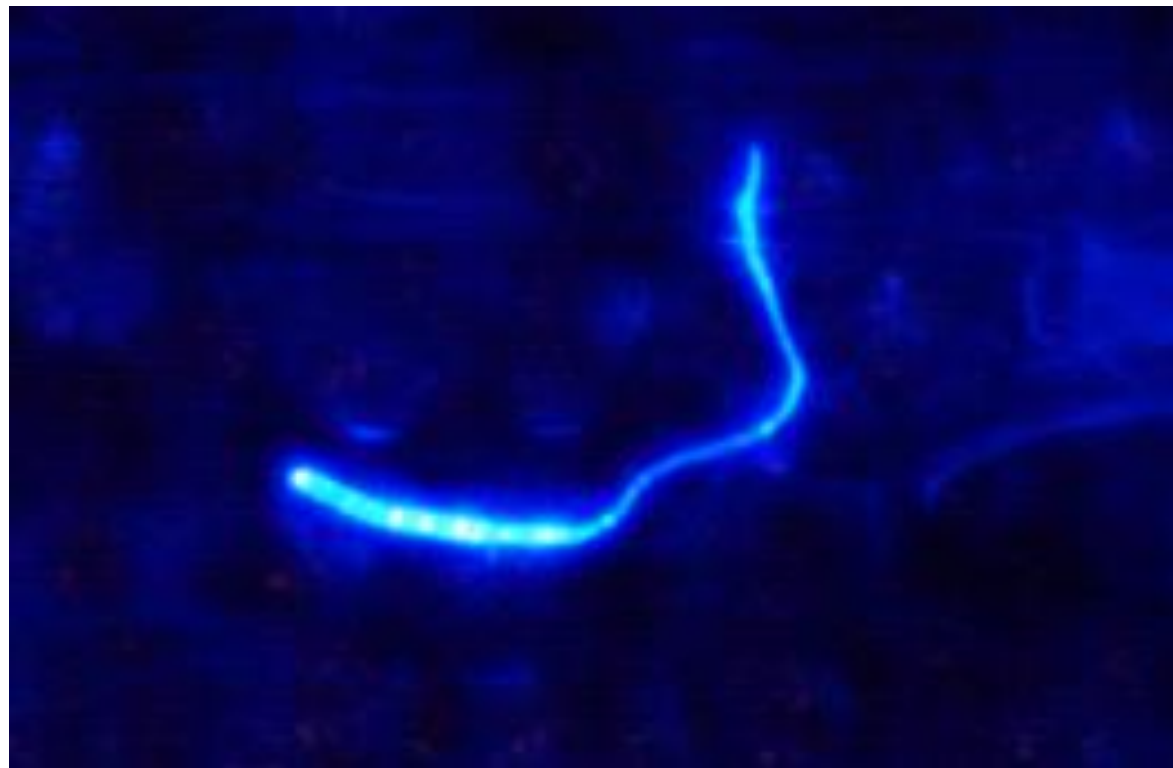
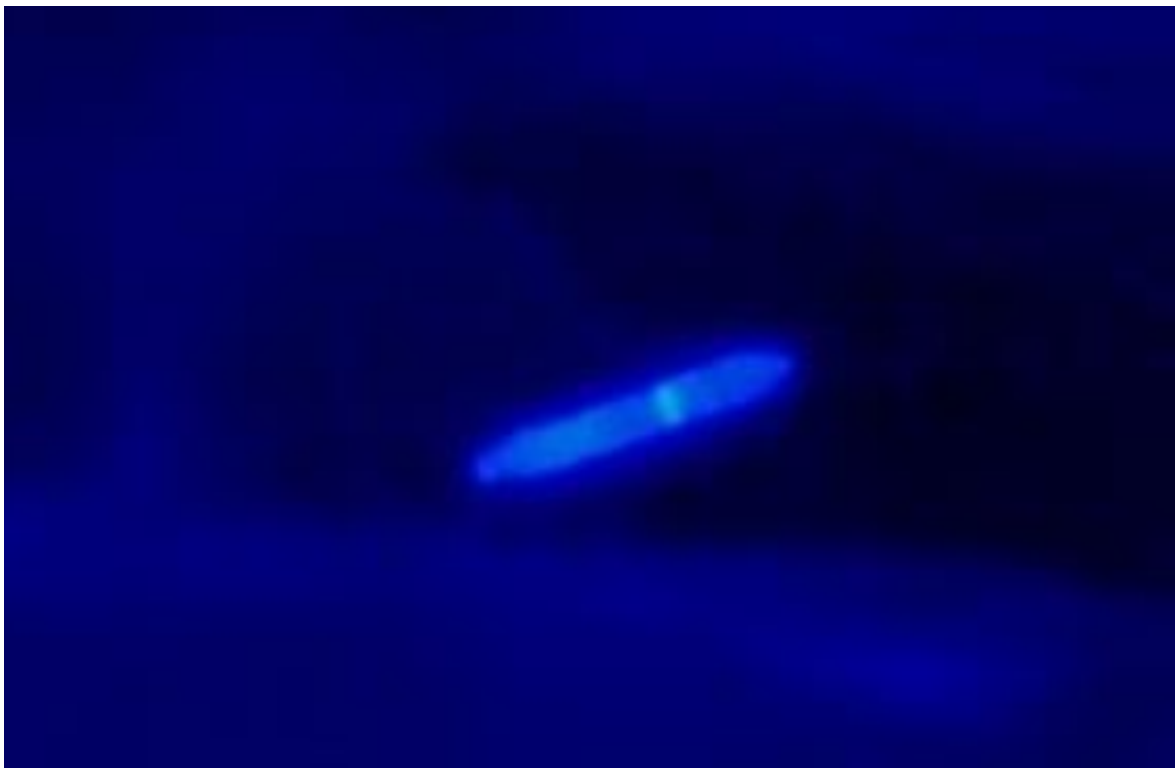
Transition



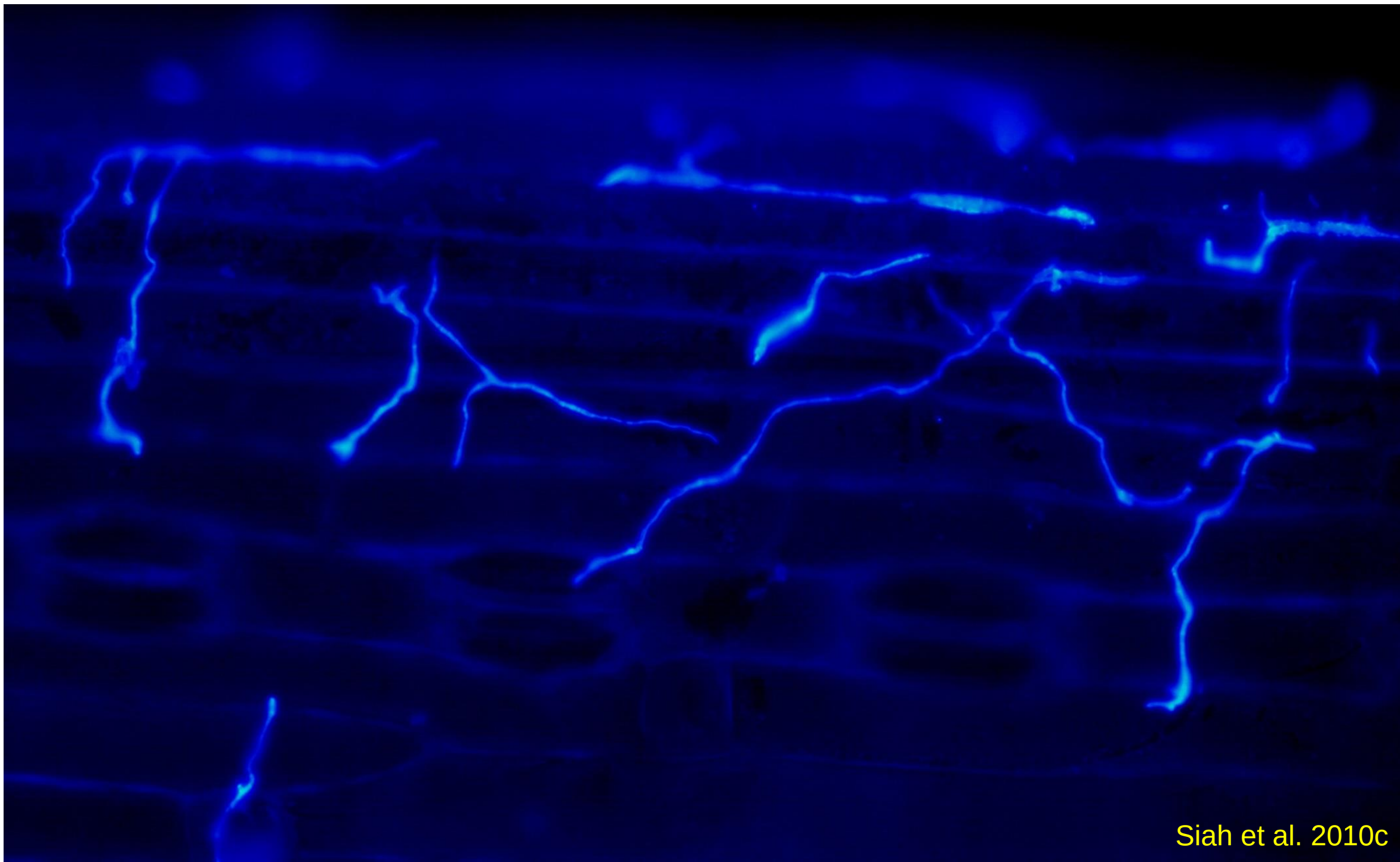
Phase biotrophe
(~ 2 semaines)

Phase nécrotrophe
(~ 1 semaine)

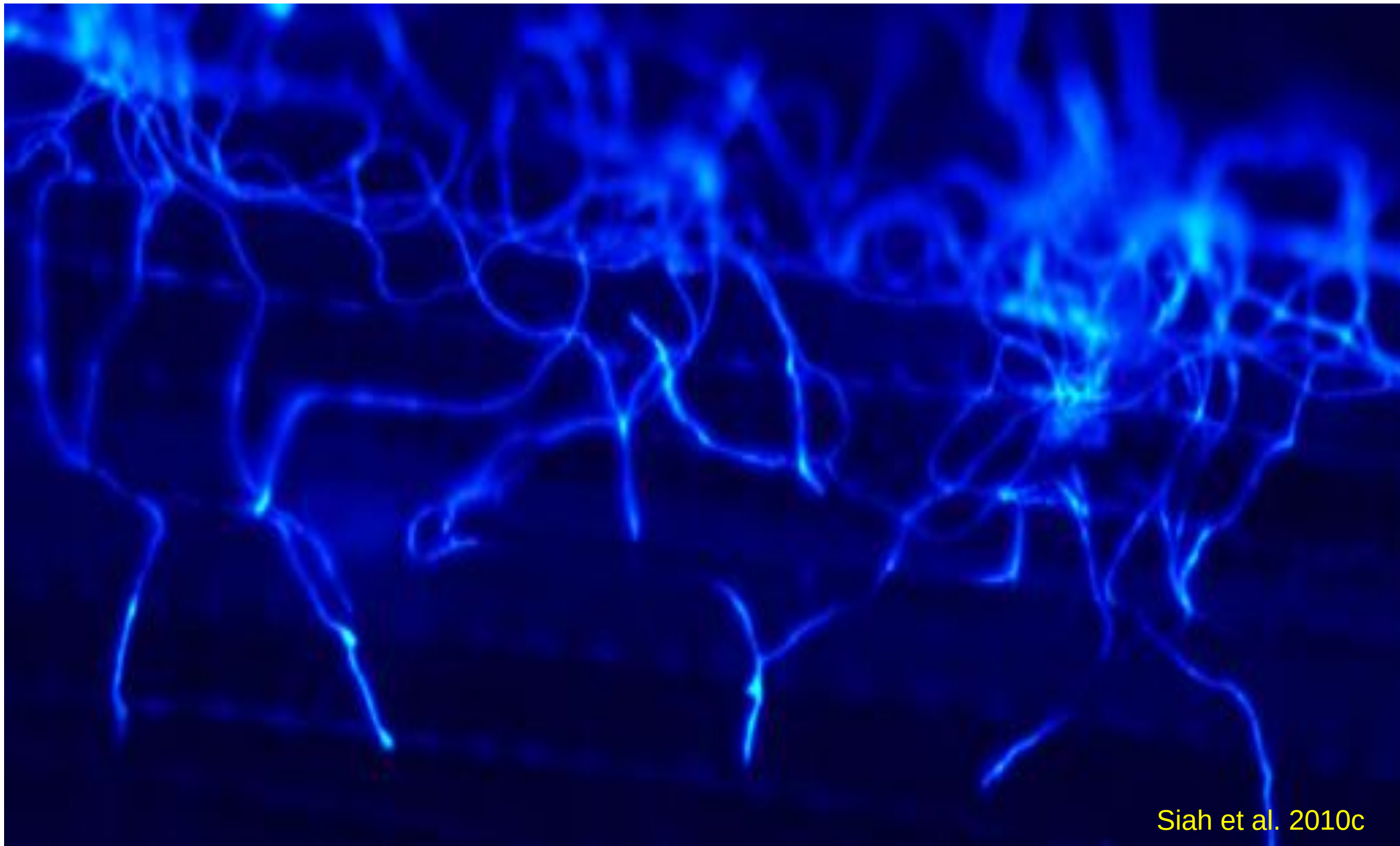
Germination des spores (jour 1)



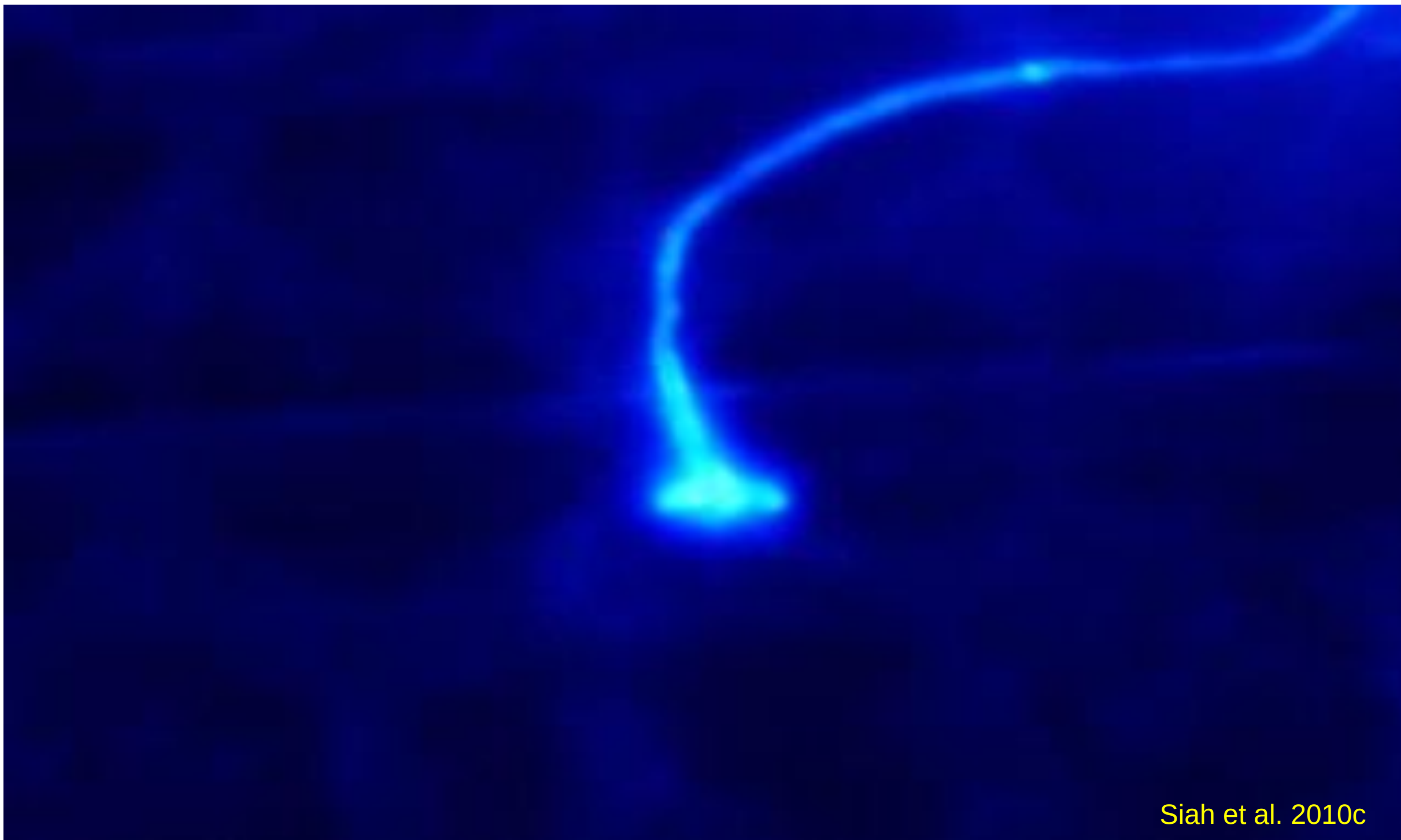
Croissance épiphyte (jour 2)



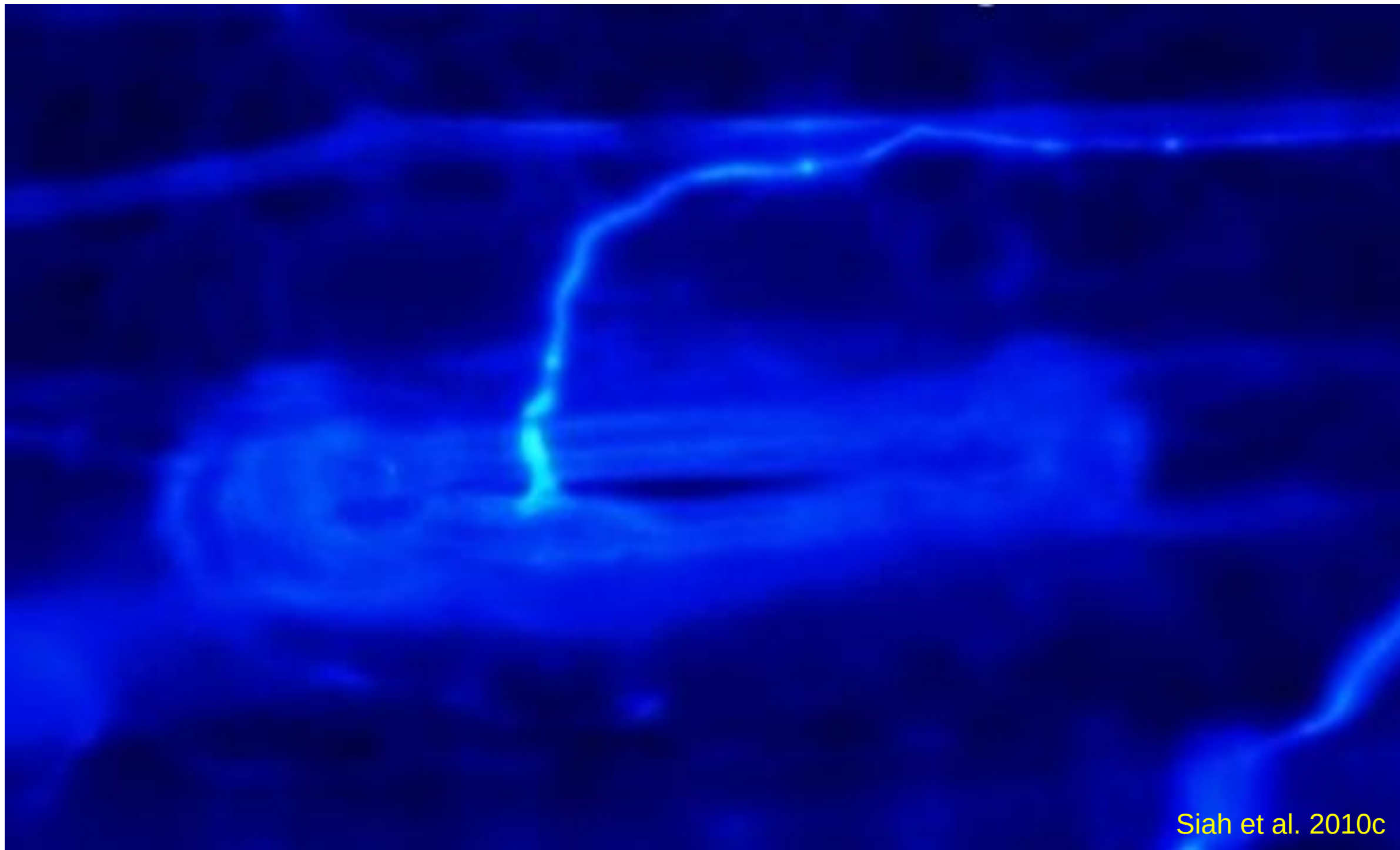
Croissance épiphyte (jour 5)



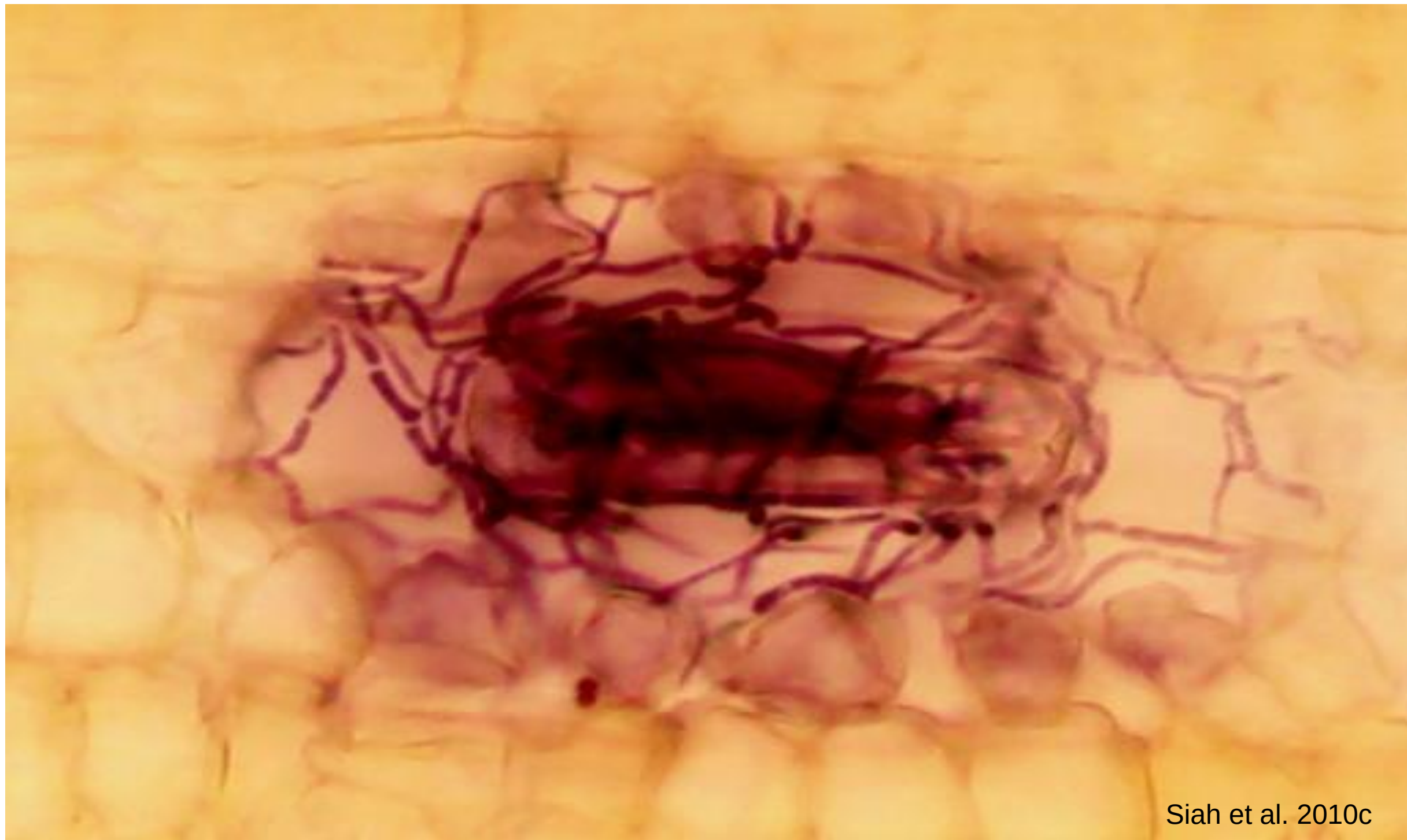
Pénétration directe (jour 5)



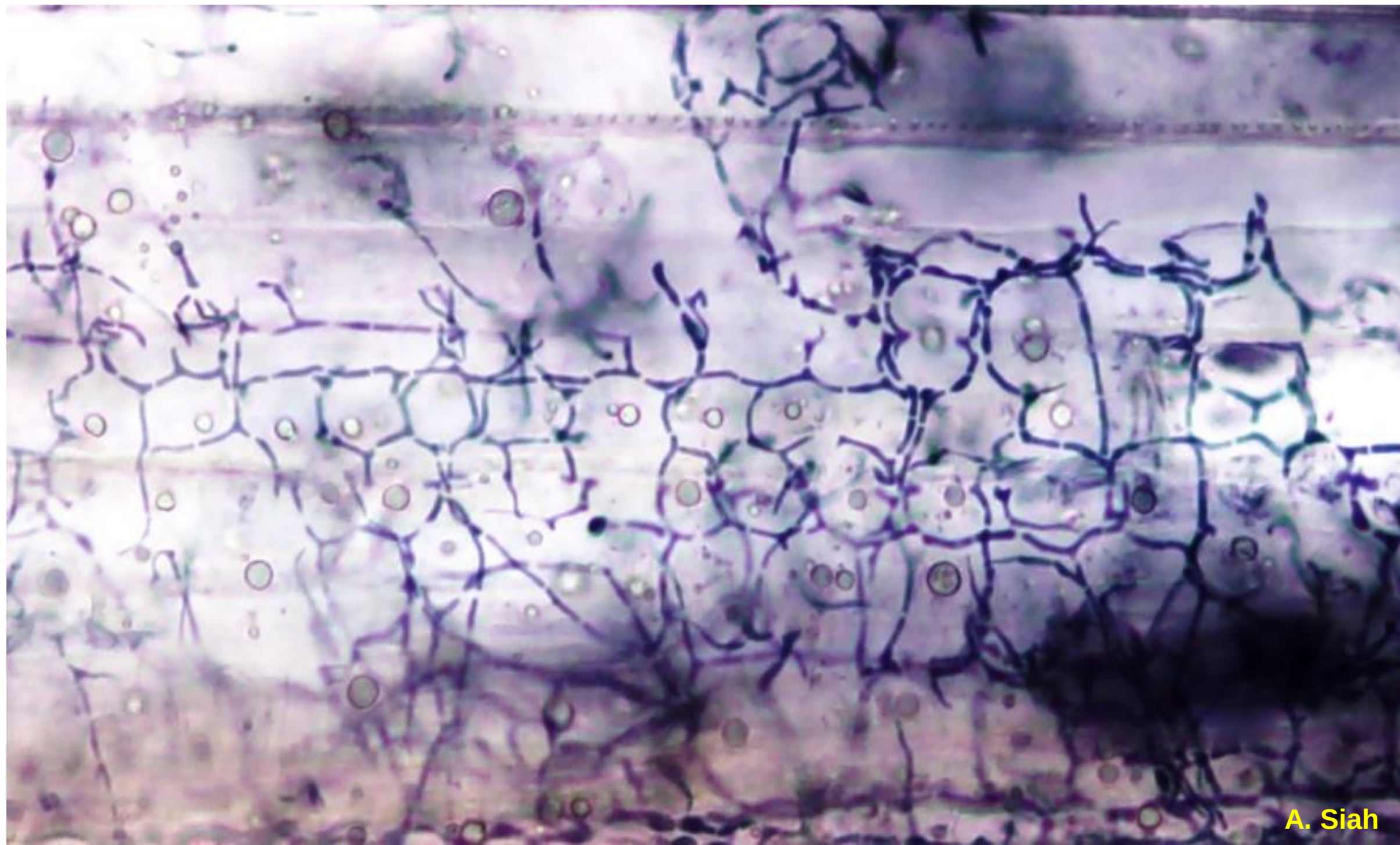
Pénétration par les stomates (jour 5)



Colonisation des tissus foliaires (jour 10)



Colonisation des tissus foliaires (jour 14)



Apparition des symptômes (jour 16)



A. Siah

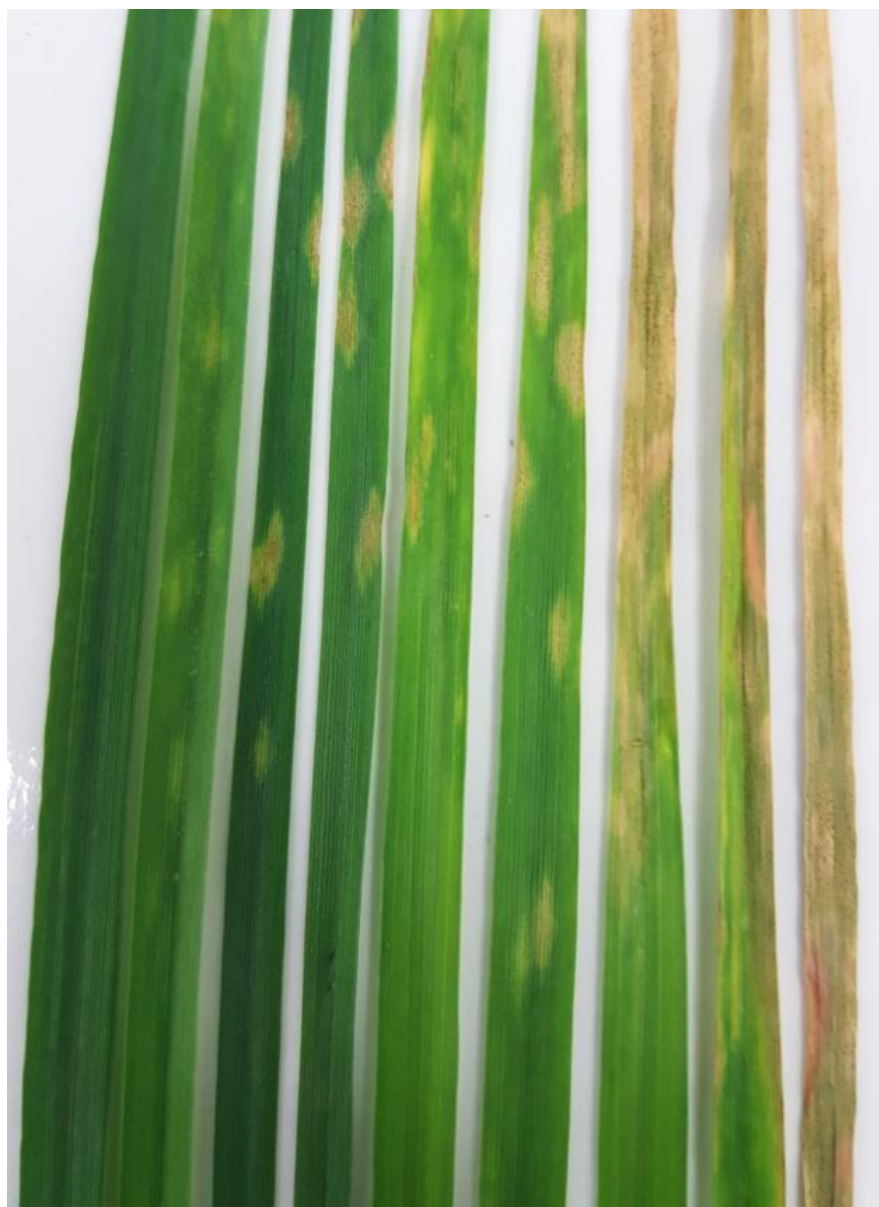


A. Siah

Sporulation (jour 16)



Production d'enzymes de dégradation des parois



J14

J16

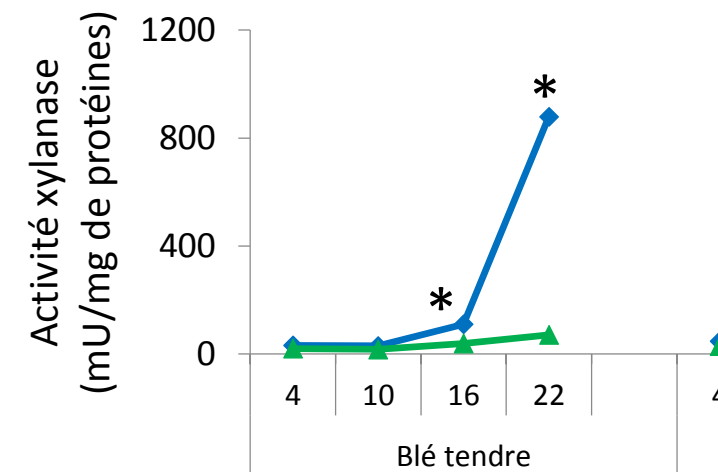
J18

J20

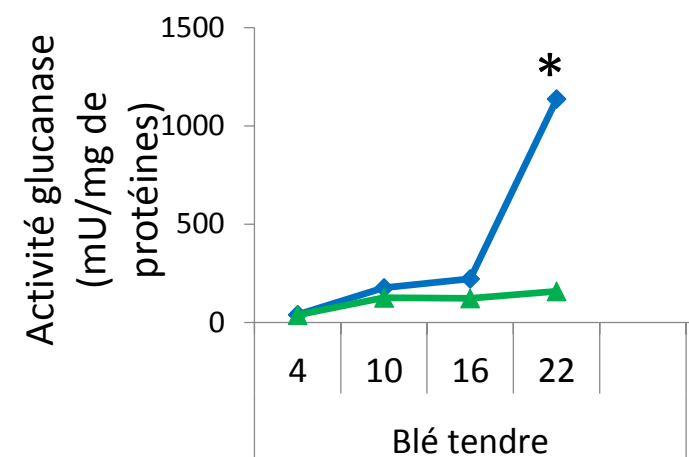
J22

A. Siah

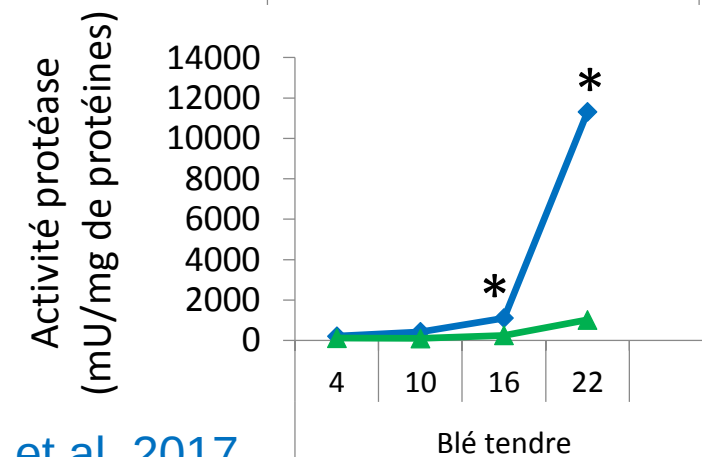
Xylanase



Glucanase



Protéase



Somai et al. 2017

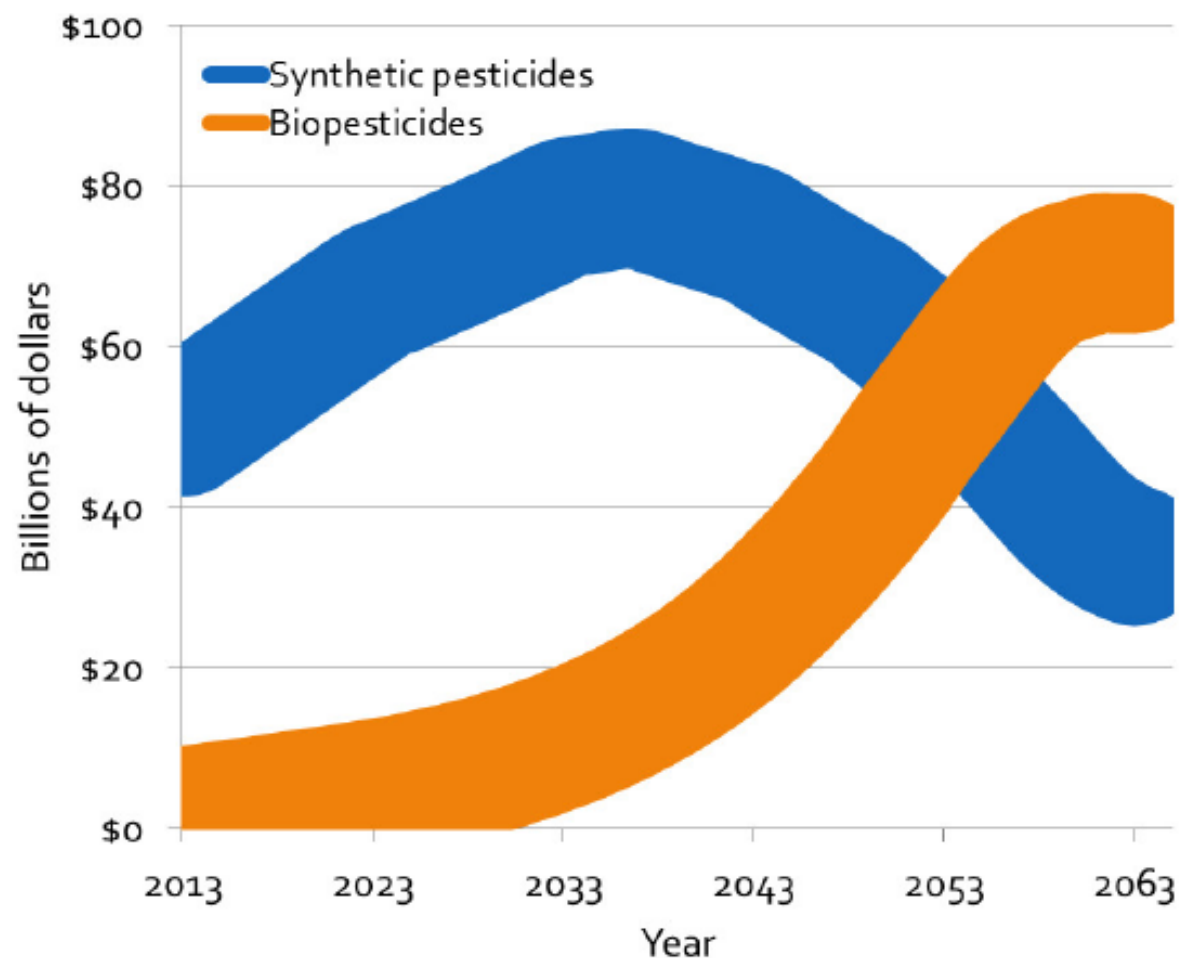
5 Lutte par le biocontrôle?



Lutte par le biocontrôle ?



Evolution du marché des produits de biocontrôle



Olson et al. 2015

Source: Lux Research, Inc.
www.luxresearchinc.com

- A partir de 2050, la part de marché mondial des produits de biocontrôle serait supérieure à celle des produits phytosanitaires de synthèse (Olson et al. 2015)

2 types de produits sont étudiés :

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

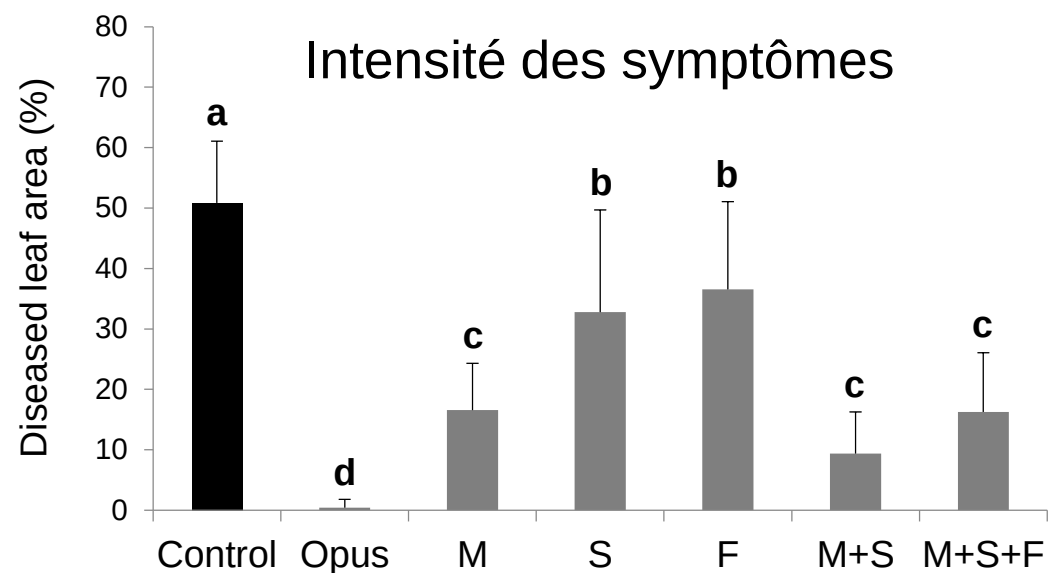


Origines très variées :

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

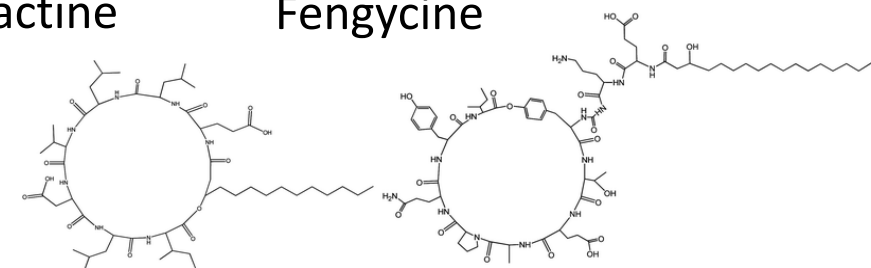


Bio-fongicides : lipopeptides de *Bacillus subtilis*



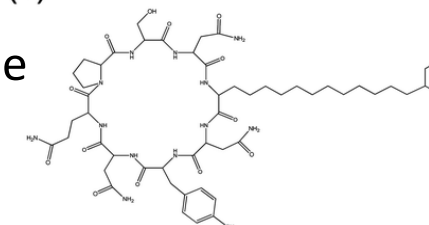
Surfactine

Fengycine



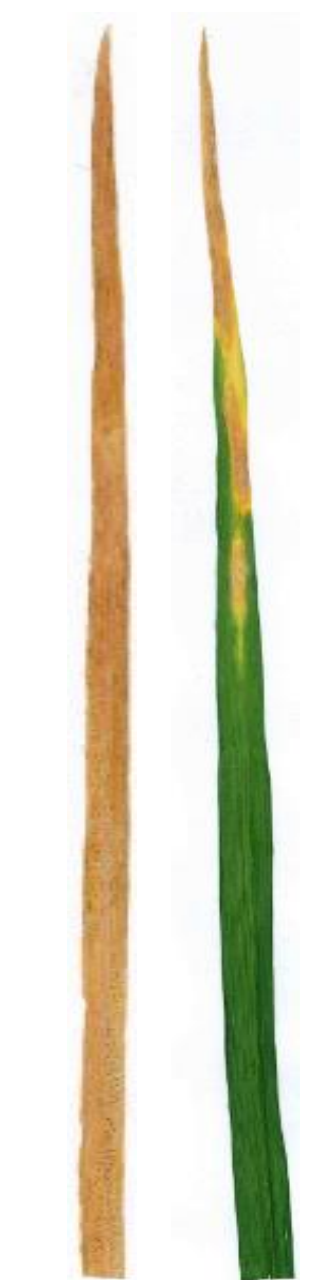
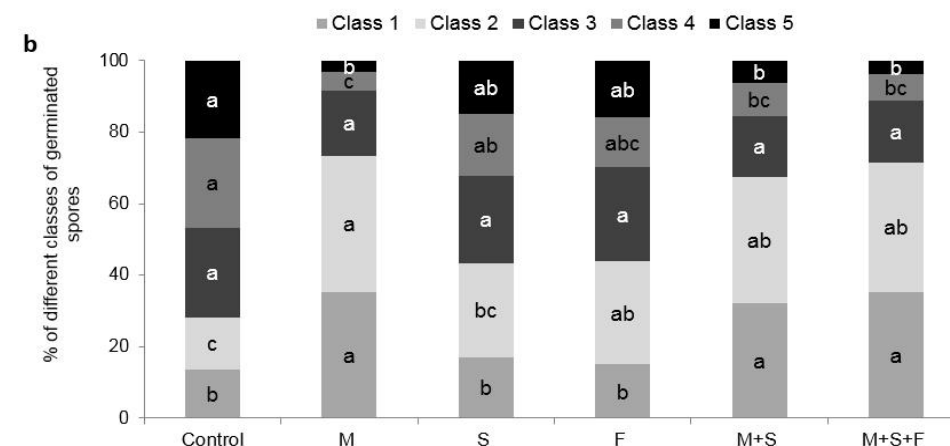
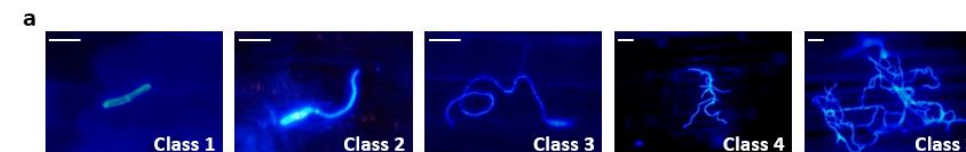
(c)

Mycosubtiline



Mycosubtiline :

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



Control M+S

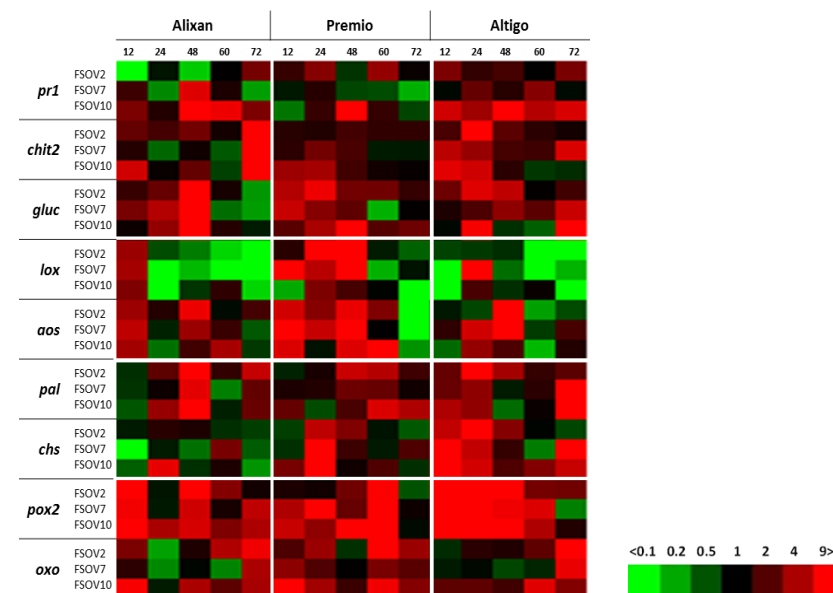
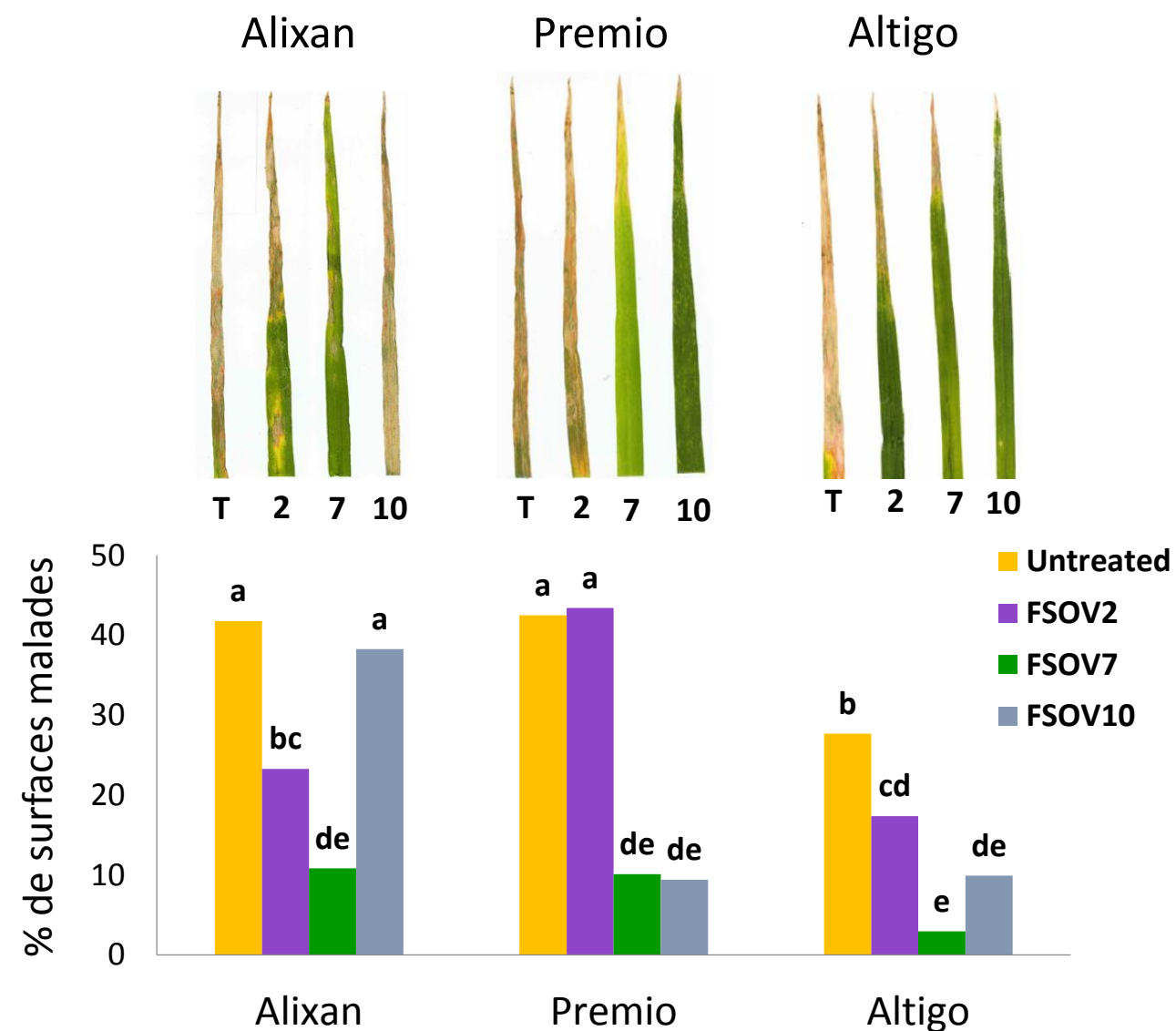
Mejri et al. 2017

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



Projets en cours (recherche de SDP / bio-fongicides)



Projet Optistim (2014-2018)

Thèse S. Mejri

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
 - **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 est l'un des leviers les plus prometteurs**

Merci pour votre attention

