

FsoV



FSOV TakeNotAll

Caractérisation de la résistance variétale des céréales à paille au Piétin-Échaudage et prédiction du risque

VALADE Romain (Arvalis)

CROULLEBOIS Quentin (Secobra Recherches)

DUCHALAIS Laure (Ragt 2N)

FOUCAULT Benoît (KWS Momont)



Journée FSOV

17 mai 2022



Le piétin-échaudage

- ✓ Maladie racinaire la plus dommageable
- ✓ Champignon tellurique

Règne	<i>Fungi</i>
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Sordariomycetes</i>
Ordre	<i>Magnaporthales</i>
Famille	<i>Magnaporthaceae</i>
Genre espèce	<i>Gaeumannomyces graminis</i>

- ✓ 3 sous espèces de *Gaeumannomyces graminis*:
 - *G. graminis* var. *tritici* (ggt)
 - *G. graminis* var. *graminis* (ggg)
 - *G. graminis* var. *avenae* (gga)



Différences : tailles des ascospores, morphologie de l'hyphopodium, biologie, hôte...

→ 3 « nouvelles » espèces (Crous, 2016)

- *G. graminis*
- *G. avenae*
- *G. tritici*

available online at www.studiesinmycology.org

STUDIES IN MYCOLOGY 83: 19–48.

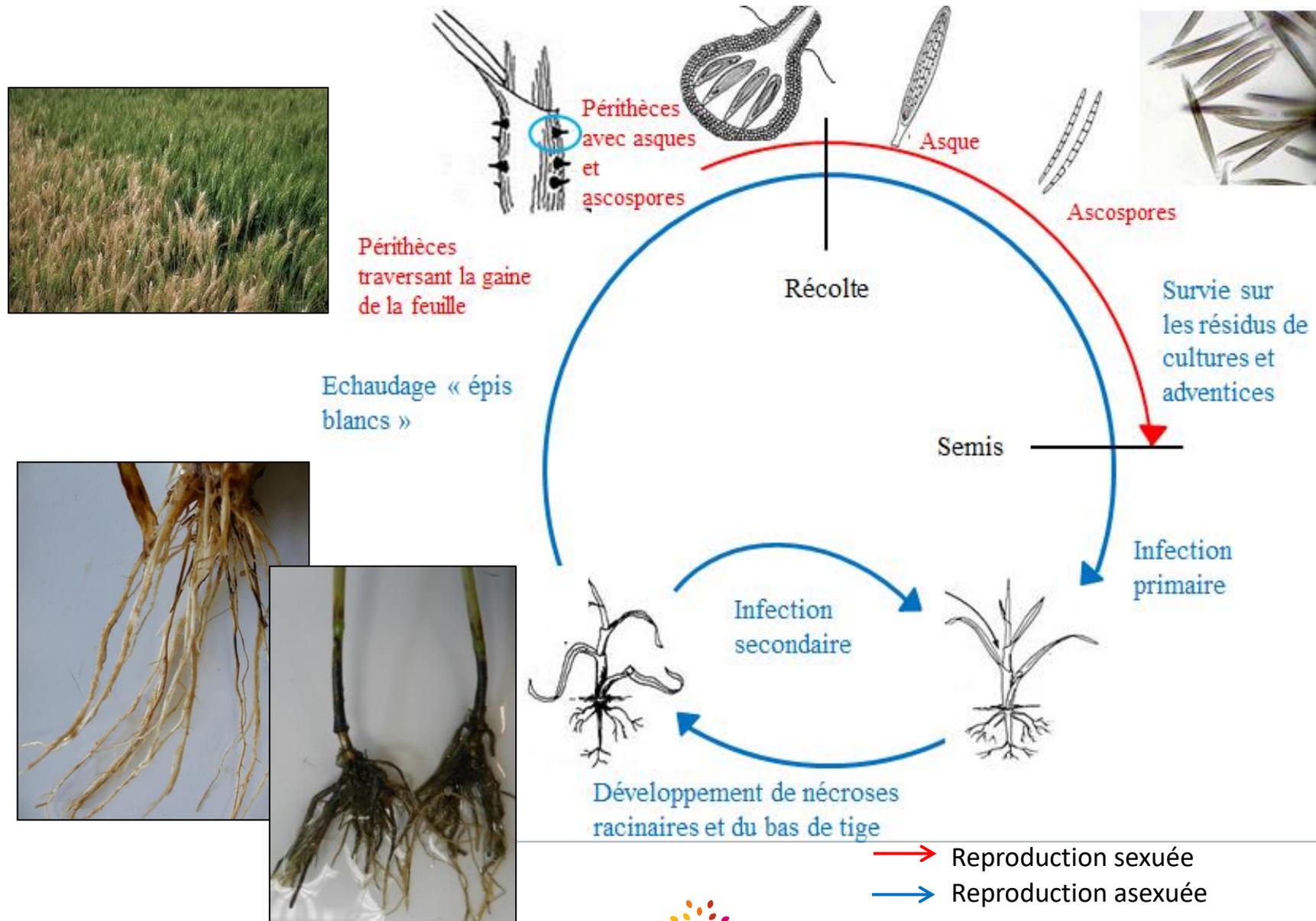
Take-all or nothing

M. Hernández-Restrepo^{1,2*}, J.Z. Groenewald¹, M.L. Elliott³, G. Canning⁴, V.E. McMillan⁴, and P.W. Crous^{1,2,5,6*}

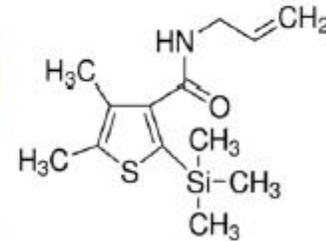
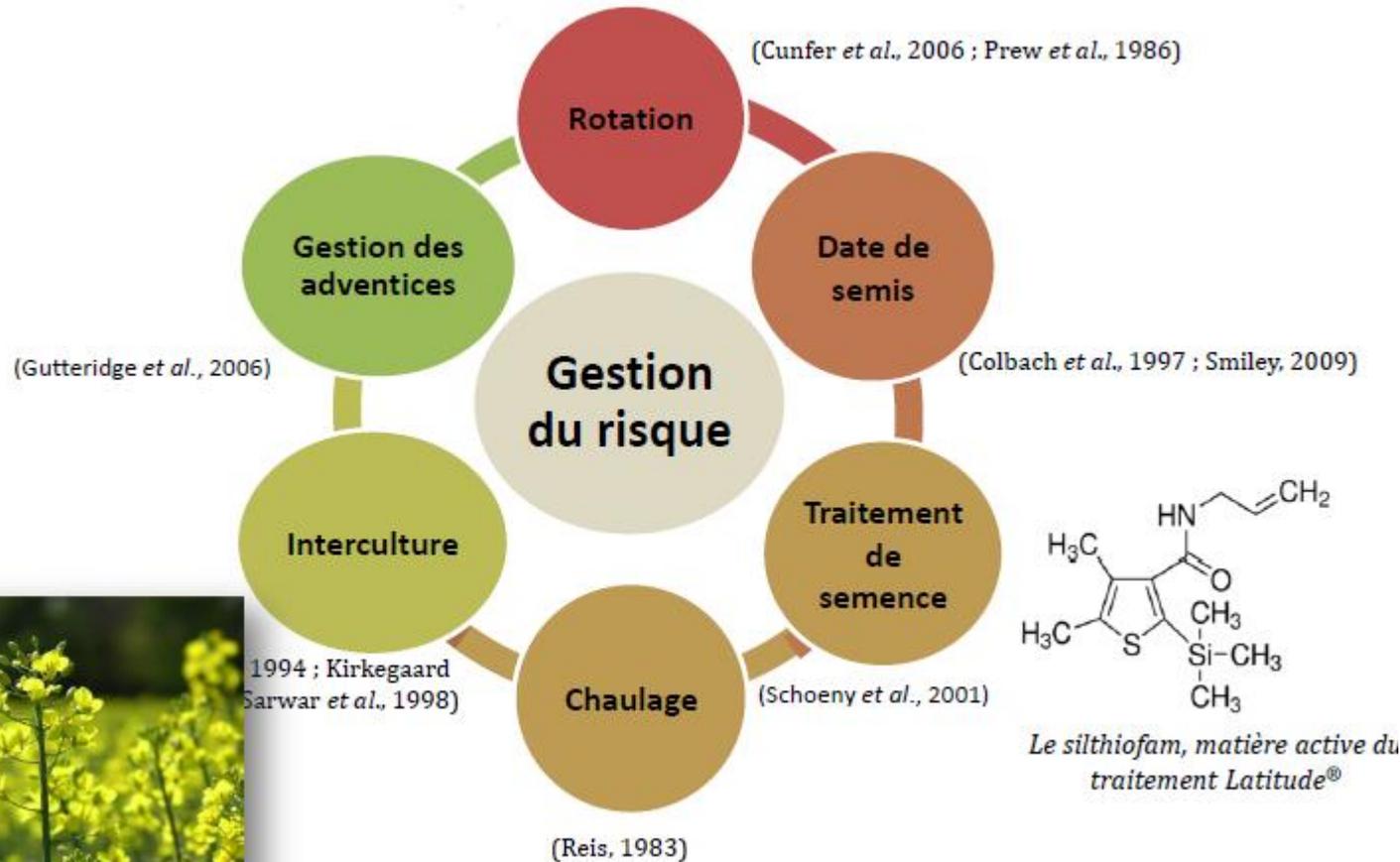
¹CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Uppsalalaan 8, 3584 CT Utrecht, The Netherlands; ²Department of Microbiology and Plant Pathology, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa; ³University of Florida – IFAS, Fort Lauderdale Research and Education Center, 3205 College Avenue, Fort Lauderdale (Davie), FL 33314, USA; ⁴Department of Plant Biology and Crop Science, Rothamsted Research, Harpenden, Herts AL5 2JQ, UK; ⁵Microbiology, Department of Biology, Utrecht University, Padualaan 8, 3584 CH Utrecht, The Netherlands; ⁶Wageningen University and Research Centre (WUR), Laboratory of Phytopathology, Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen, The Netherlands



Le piétin-échaudage - Cycle de développement



Gestion du risque Piétin-échaudage



Le silthiofam, matière active du traitement Latitude®

MOYENS DE CONTRÔLE : combiner les pratiques les plus efficaces

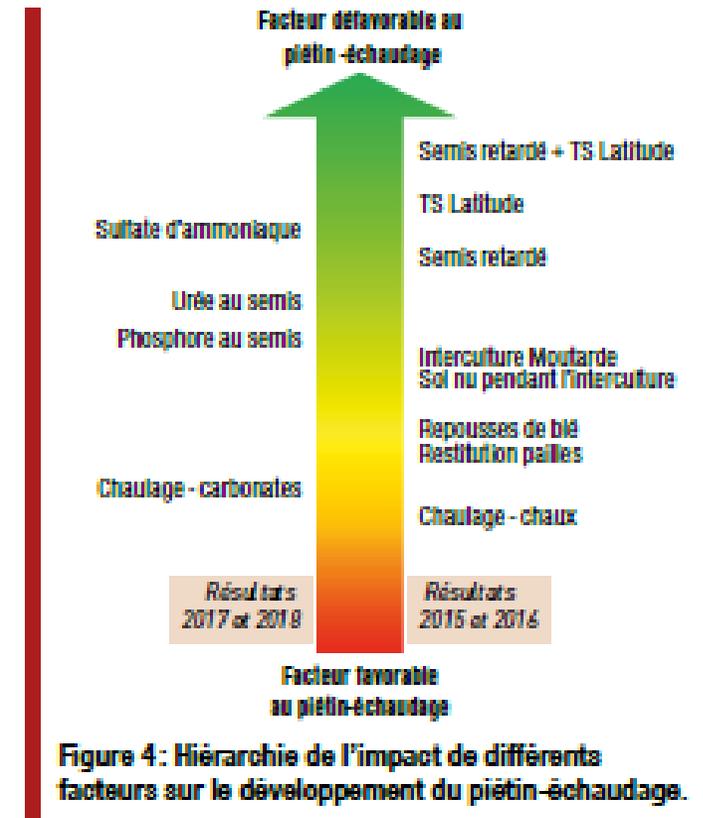


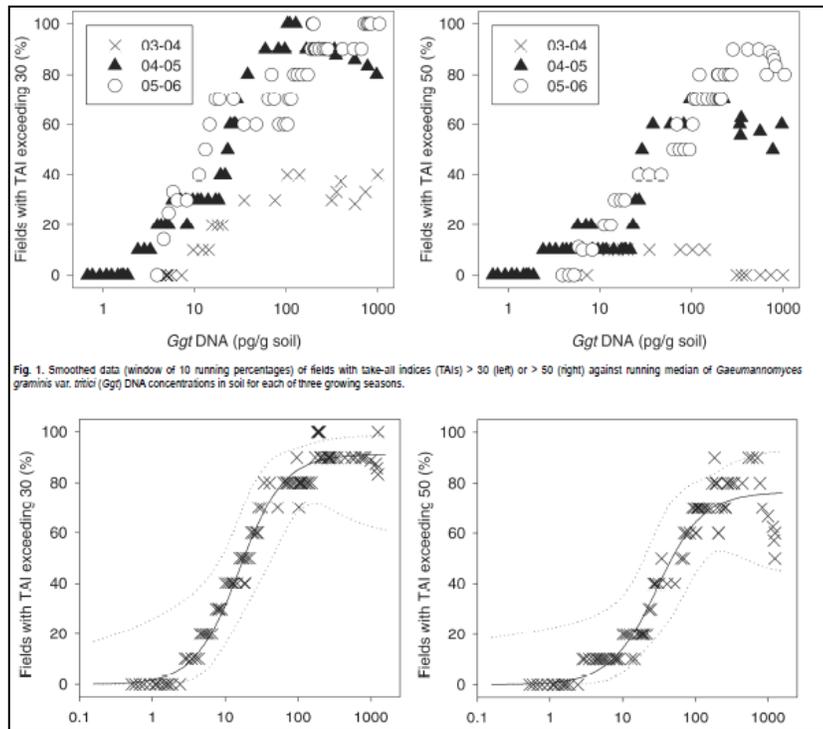
Figure 4 : Hiérarchie de l'impact de différents facteurs sur le développement du piétin-échaudage.



Peut-on prédire le risque maladie?

Predicting Take-All Severity in Second-Year Wheat Using Soil DNA Concentrations of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* Determined with qPCR

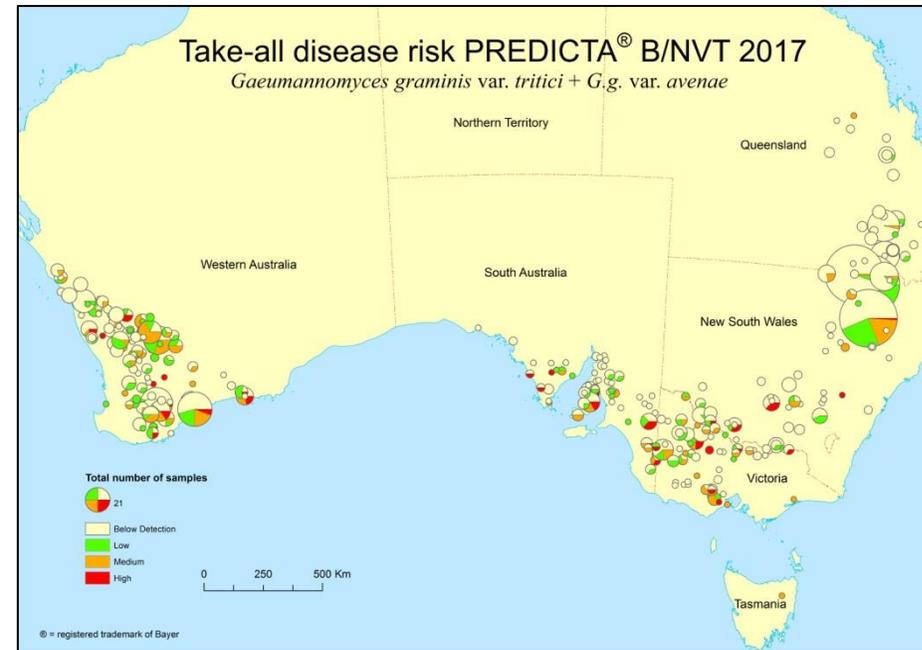
Sean L. Bithell, The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Private Bag 4704, Christchurch, New Zealand; Alan McKay, South Australian Research and Development Institute (SARDI), GPO Box 397, Adelaide, SA 5001, Australia; Ruth C. Butler, The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Christchurch; Herdina and Kathy Ophel-Keller, SARDI, Adelaide; Diana Hartley, CSIRO Ecosystem Sciences, Black Mountain, ACT 2601, Australia; and Matthew G. Cromey, The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited, Christchurch



PREDICTA®B:
DNA Soilborne disease tests

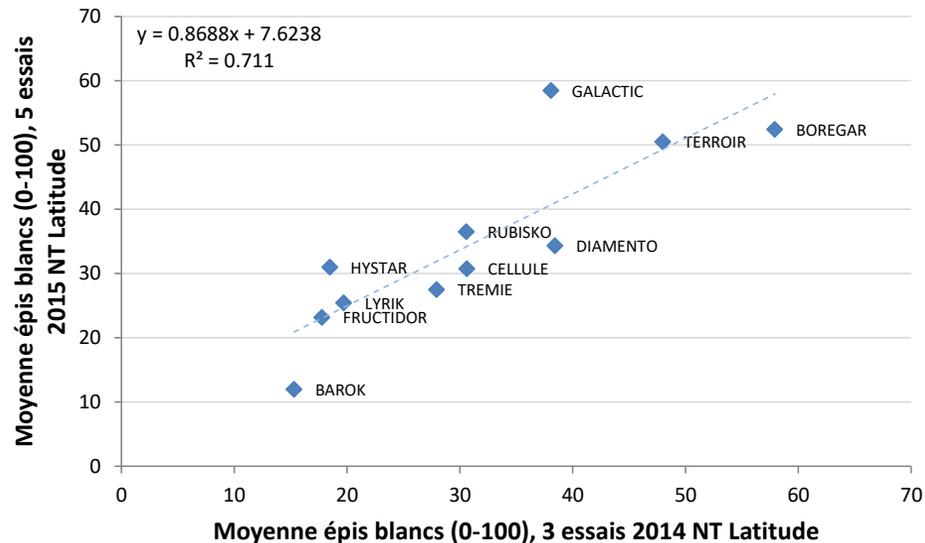
2017 Root Disease Risk Management Courses

NORTH - SOUTH - WEST



Et la Lutte Génétique dans tout ça!

- Aucune résistance variétale mise en évidence pendant très longtemps...
- ...Mais des interrogations récentes
 - Sensibilités variétales différentes?
 - **Take-all build-up inoculum** différent selon les variétés (TAB)?



McMillan et al. *BMC Plant Biology* 2014, 14:212
<http://www.biomedcentral.com/1471-2229/14/212>



RESEARCH ARTICLE

Open Access

Identifying variation in resistance to the take-all fungus, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, between different ancestral and modern wheat species

Vanessa E McMillan, Richard J Gutteridge and Kim E Hammond-Kosack*

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

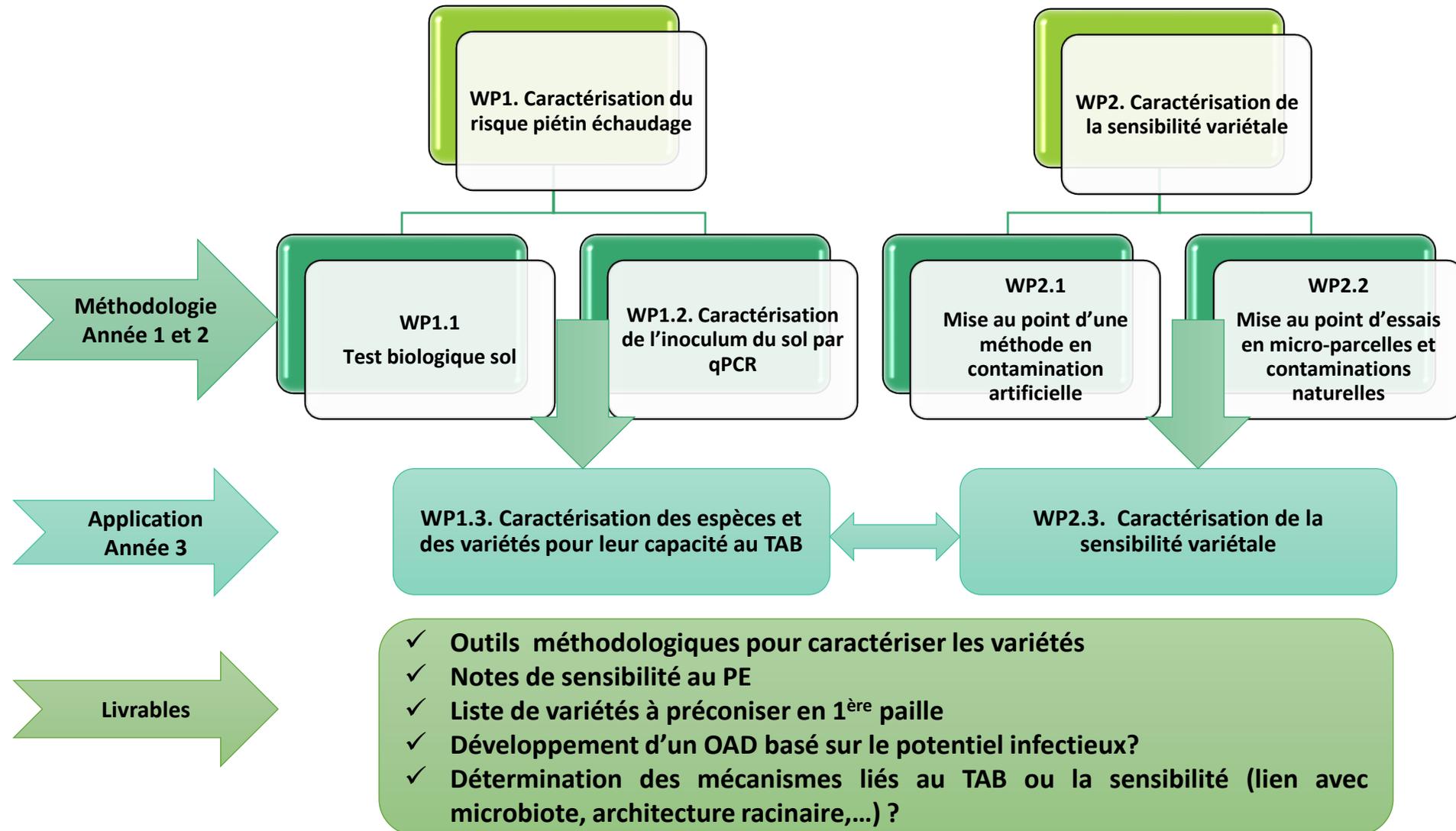
Exploring the resilience of wheat crops grown in short rotations through minimising the build-up of an important soil-borne fungal pathogen

Received: 9 May 2017
Accepted: 29 March 2018
Published online: 22 June 2018

V. E. McMillan¹, G. Canning¹, J. Moughan¹, R. P. White², R. J. Gutteridge¹ & K. E. Hammond-Kosack¹



Le projet FOSV TakeNotAll



Mise au point de la qPCR

- ✓ La droite de calibration, la normalité, la linéarité des résultats, la spécificité ont été validées
- ✓ Selon le guide COFRAC, la qPCR est bien répétable et reproductible → La qPCR est validée « in vitro » (champignon pur)

Gène cible inconnu! confirmé par
Duran et al., 2018

- ✓ Mise au point à partir de sol → Test de 3 kits commerciaux et validation

DNeasy PowerMax Soil Kit
de **Qiagen**®



5g de sol

FastDNA™ 50mL Spin Kit
for Soil de **MP Biomedicals**®

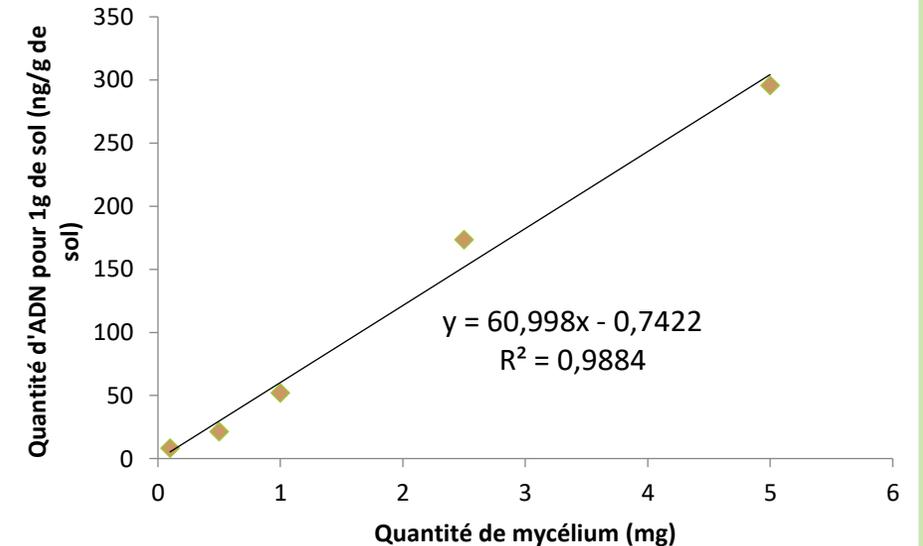
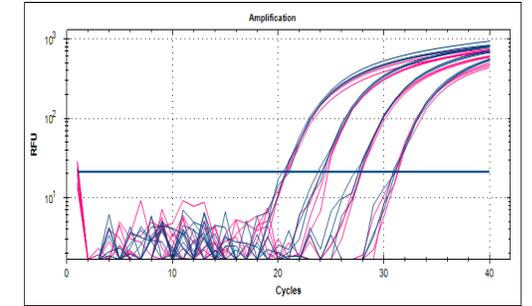
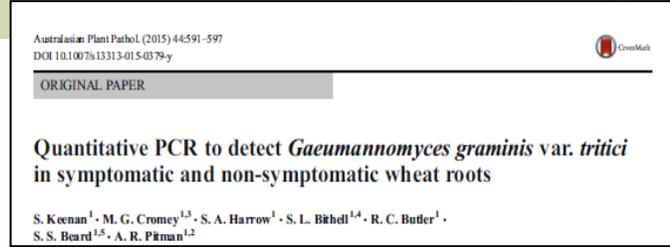


5g de sol

NucleoSpin® Soil Kit
de **Macherey-Nagel**



500mg de sol
Meilleur KIT



Mise au point du test biologique sol (Hornby, 1981)

Inoculation à partir grains d'orge contaminés G2



Grains entiers contaminés



...puis broyés...

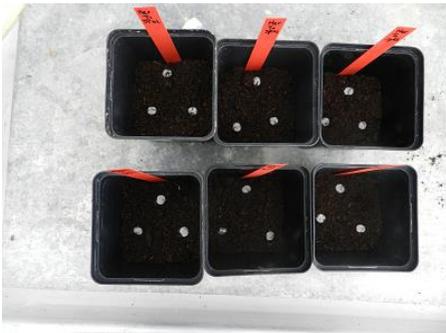


...puis inoculation sur échantillon de terre autoclavé



Variété Boregar inoculée

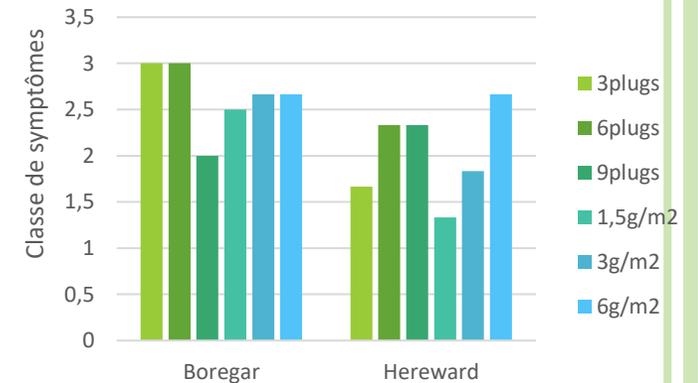
Inoculation à partir souche G2 cultivée sur gélose



Terreau/Terre avec 3 plugs (souche mise en culture sur support gélosé 15 jours avant l'inoculation)

Semis (2 variétés), puis culture sous serre
15° jour / 10° nuit – pendant 5 semaines

Symptômes sur racines



→ Validation du test dans nos conditions pour mesurer potentiel infectieux et le TAB

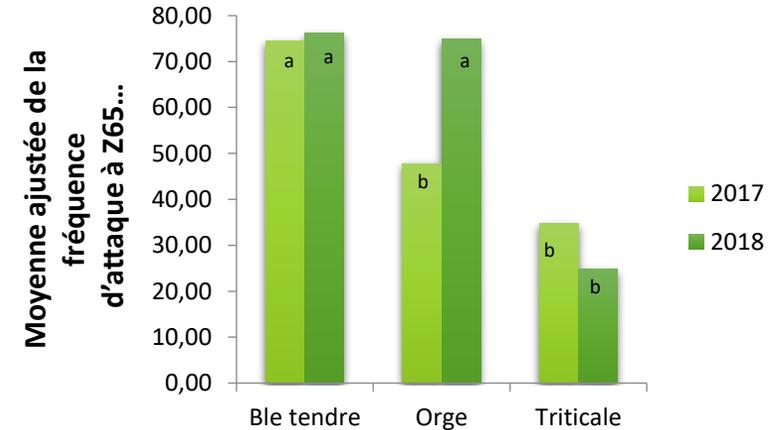


Mise au point d'une méthode de contamination artificielle au champ

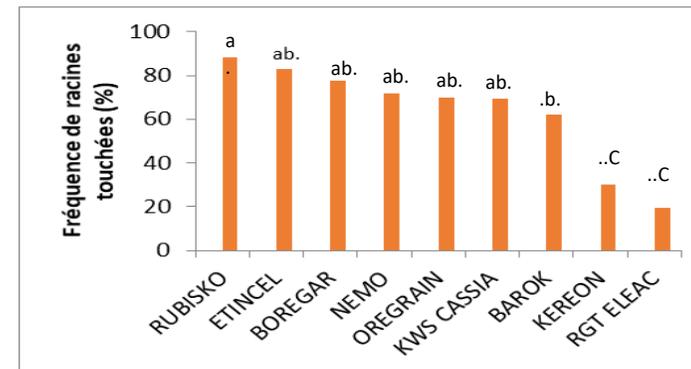
Lieux	Année 1	Année 2
Louville la Chenard (28)	Témoin non-inoculé	Témoin non-inoculé
Allonnes (28)		
Maule (78)		
Ecardenville la Campagne (27) (précédent céréales)	1,5g/m ²	3g/m ²
	3g/m ²	6g/m ²

- ✓ 5 variétés: Boregar, Barok, Nemo, Oregrain et Rubisko
- ✓ 2 variétés d'orge et 2 variétés de triticale dans un site (27)
- ✓ 6 lignes et 3 répétitions
- ✓ Apport de grains d'orge contaminés au moment du semis précoce
- ✓ Notations racinaires à 3 dates (tallage, élongation, floraison)

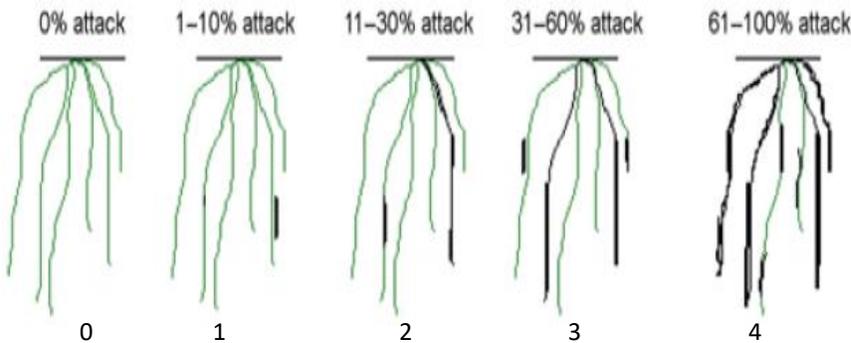
- Symptômes visibles dans 6 essais sur 8
- Effet significatif de l'apport de l'inoculum dans toutes les situations (hors Ecardenville)
- Modalité 3g/m² suffisante pour avoir une pression homogène (pas d'effets blocs)
- Différences attendues entre les espèces



- Différences entre géotypes?



➔ Des tendances mais classement peu stable entre les essais



Mise au point d'une méthode d'évaluation de la sensibilité variétale en « conditions favorables »

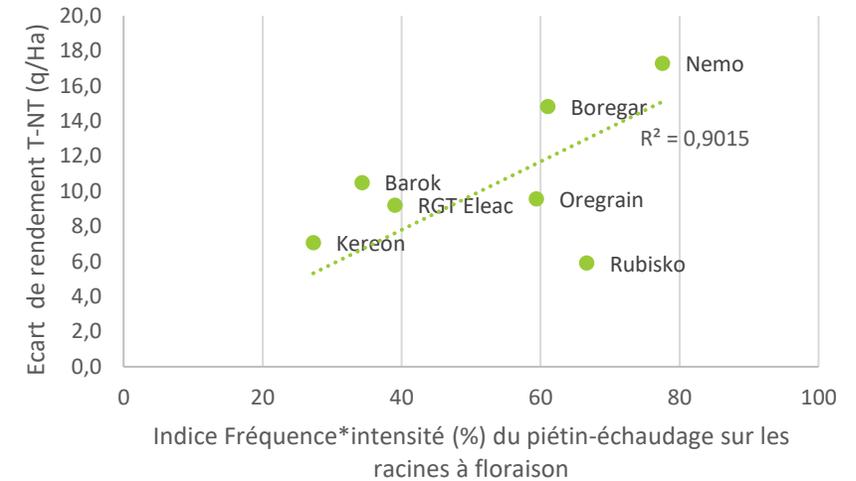
- ✓ 7 essais sur 2 ans avec les 5 mêmes variétés de blé tendre (et tritcale dans un site)
- ✓ Semis précoces en précédent blé
- ✓ 3 répétitions en parcelles de 20m²
- ✓ Blocs traités et non traités
- ✓ Notations à 3 dates
- ✓ Mesures de rendements



Bignan, avril 2017



- Année 1: 1 essai sur 3 avec une pression significative et des écarts T-NT



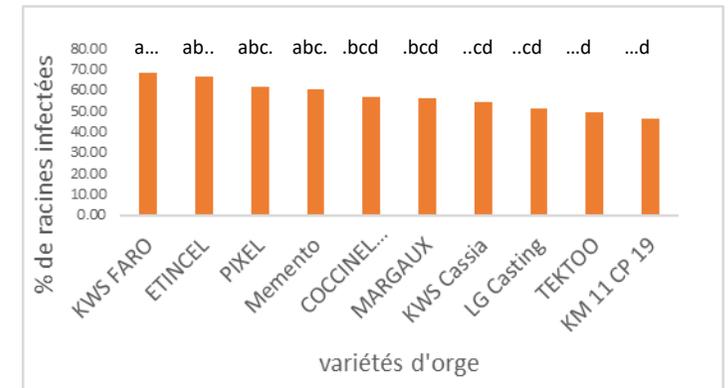
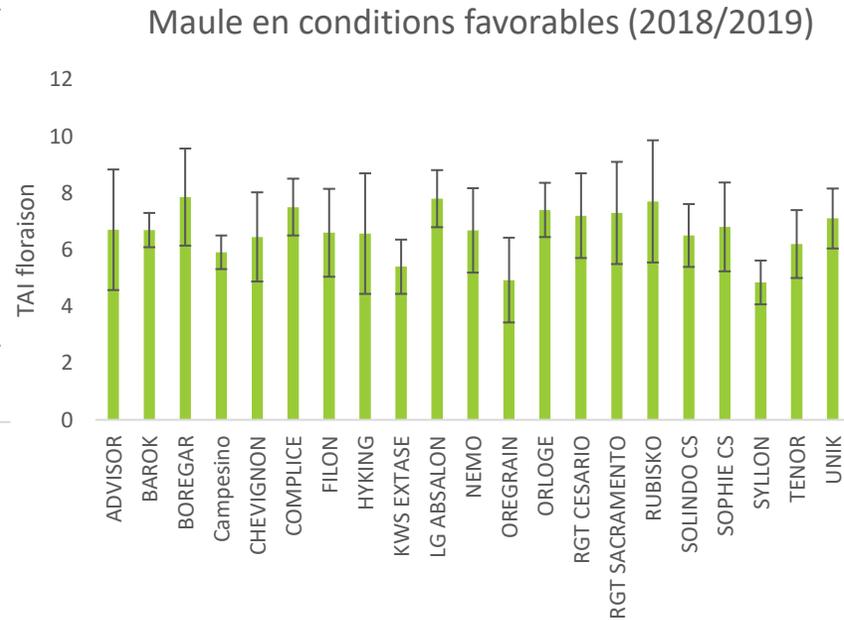
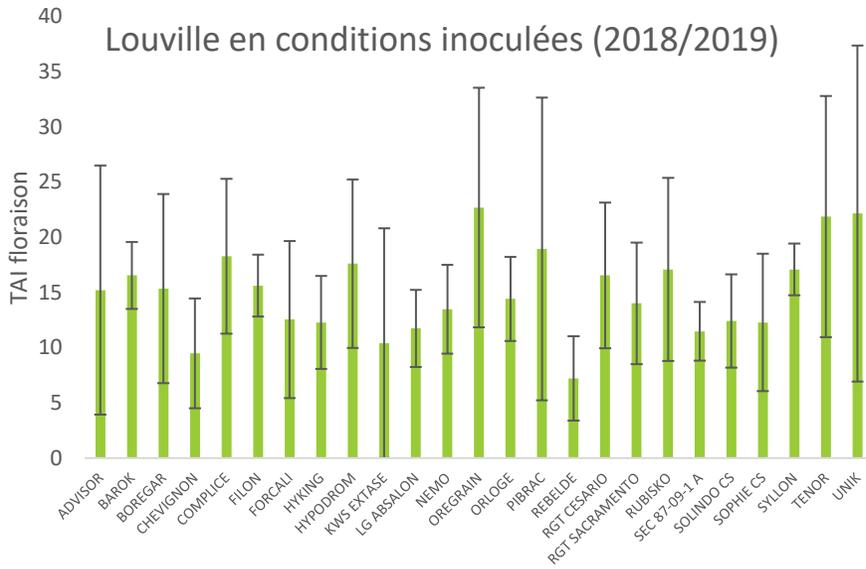
- Année 2: des symptômes dans les 4 essais mais avec des pressions très variables

➔ **Pas de différences significatives entre les génotypes testés malgré quelques tendances**



Caractérisation de la sensibilité variétale

- ✓ 3 essais inoculés (3g/m²)
- ✓ 2 essais en conditions favorables
- ✓ 25 variétés de blé tendre et 10 variétés d'orge en année 3



- Pressions très variables entre les sites
- Pas de différences significatives entre les génotypes de blé tendre

- Différences significatives pour des variétés d'orge dans un site → effet lieu/année?



Caractérisation des espèces et des variétés pour leur capacité au TAB (et prédiction du risque)

- ✓ 4132 prélèvements de sols!
 - ✓ Essais en conditions favorables (semis/récolte)
 - ✓ Essais variétés Arvalis
 - ✓ 5 à 8 prélèvements par bloc

UN GRAND MERCI
aux équipes!

1. Soil core taken angled underneath row



2. Core inverted into plastic cup



THE
SOIL CORE
BIOASSAY

3. Ten bait wheat (cv Hereward) seeds sown



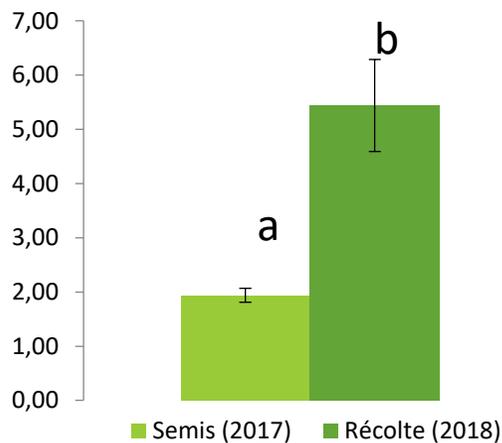
4. Growth room for 5 weeks



figure 1. Soil core bioassay method (Slope *et al.*, 1979).



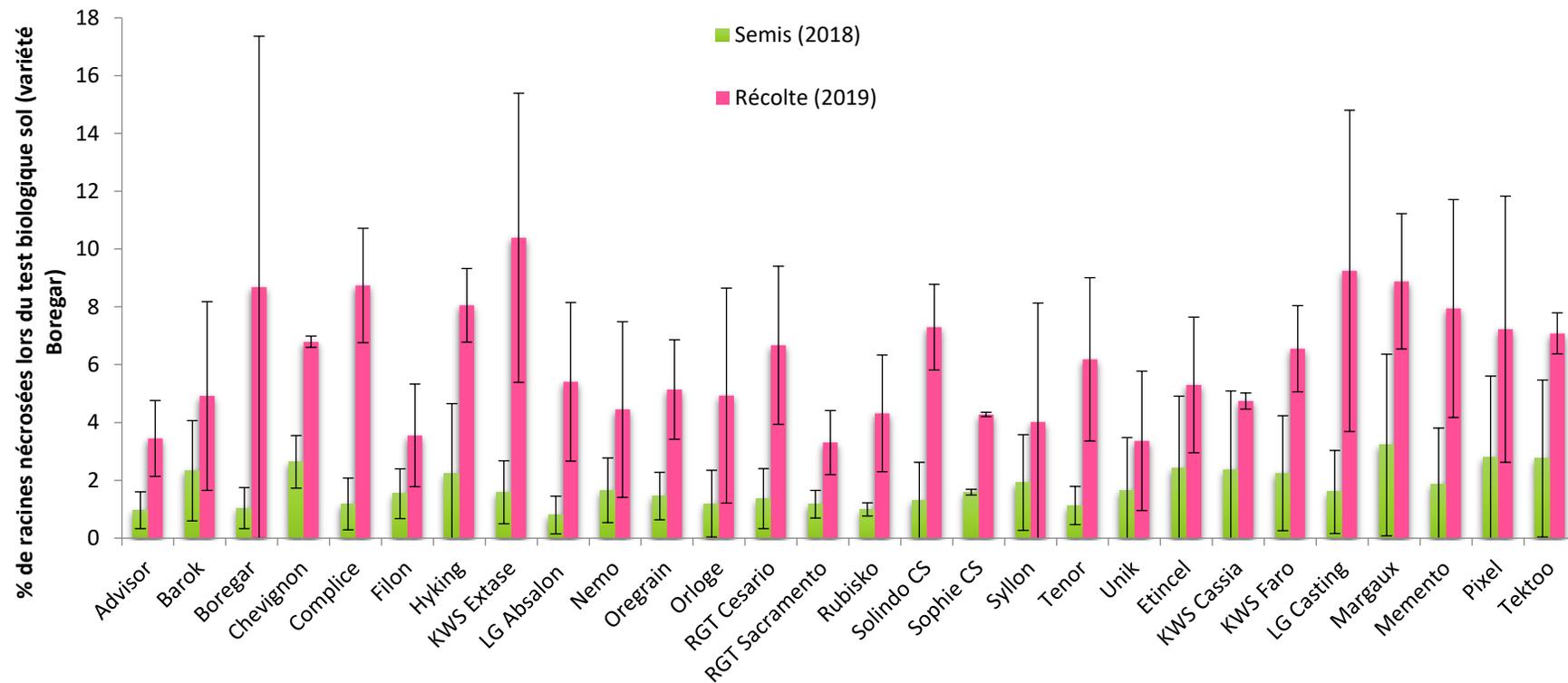
Caractérisation des espèces et des variétés pour leur capacité au TAB



Pourcentage de nécroses racinaires observées sur la variété témoin Boregar selon la date de prélèvements du sol (tous sites et variétés confondues) avec significativité ($p < 0.05$).



- Accumulation de l'inoculum au cours du temps
- Pas de relation directe entre « potentiel infectieux » et pression de la maladie → prédiction du risque?

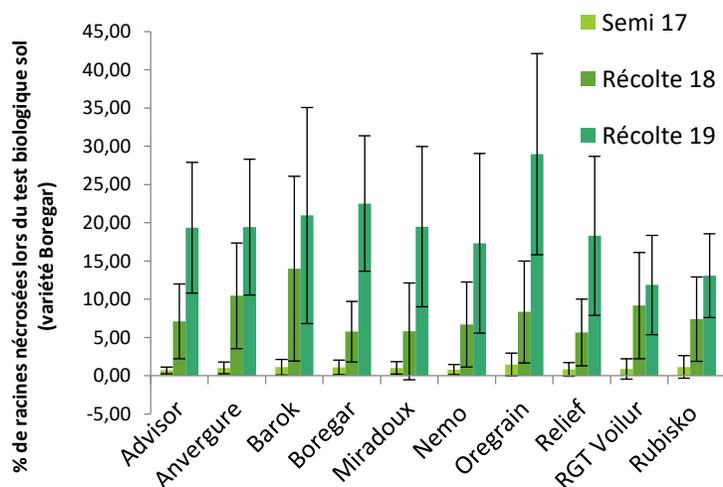


- Forte variabilité entre les lieux et les blocs
- Pas d'effet significatif de la variété sur l'accumulation de l'inoculum avec le test biologique
- Pas de différences entre orge et blé pour ce trait
- Fortes interactions GxE

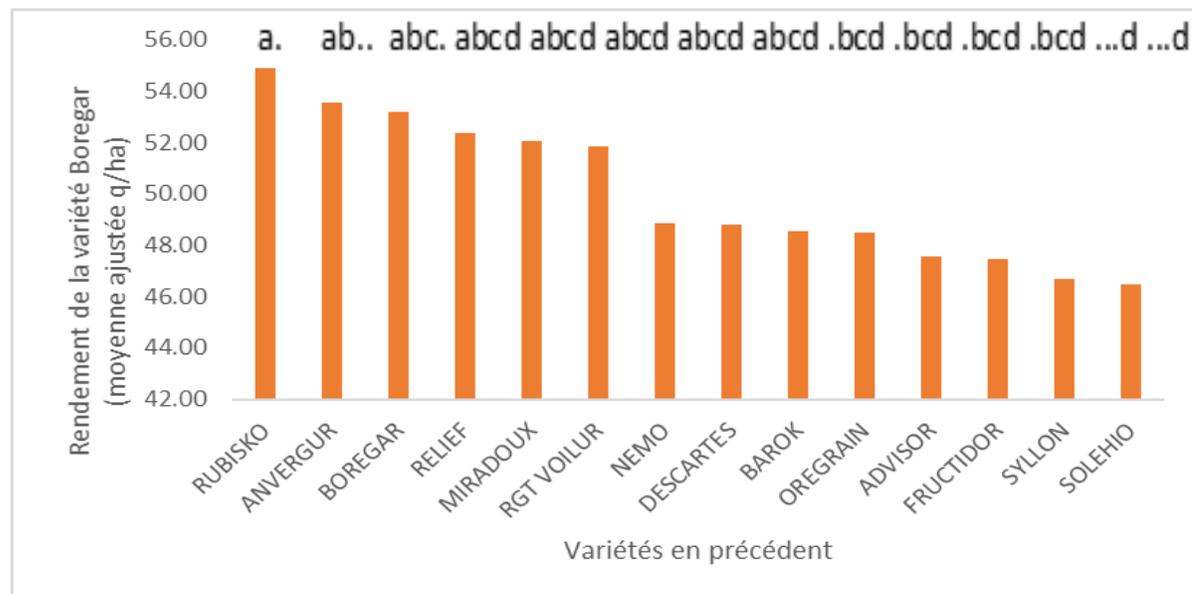


Caractérisation des espèces et des variétés pour leur capacité au TAB

- 1 essai « *in situ* » à Ouzouer Le Marché
- 10 variétés de blé tendre, 4 variétés de blé dur
- Semis 2017/2018 → Géolocalisation des parcelles
- Semis 2018/2019 → variété Boregar sur les mêmes parcelles
- Notations racines, épis blancs et rendements et prélèvements de sols



% de racines nécrosées sur la variété Boregar lors du test biologique sol selon les variétés semées dans l'essai d'Ouzouer avec des prélèvements de sol au semis 2017, récolte 2018 et récolte 2019 (mêmes microparcelles).



- Effet rendement observé selon la variété en précédent
- Classement variétal expliqué par notations des épis blancs et notations racinaires
- Variétés « préférables » en 1^{ère} paille

→ TAB, microbiome, architecture racinaire, ...



Conclusions et perspectives

- Des méthodologies évaluées
 - Test biologique sol utile mais fastidieux et à compléter avec d'autres données pour mesurer le potentiel infectieux/prédire le risque
 - Outil qPCR publié peu pertinent → Des développements internes en cours
 - Des protocoles pour des essais aux champs validés
 - Sources de résistance : *T. monococcum* ...
 - Produits de biocontrôle (ex: *Gaeumannomyces hyphopodioides* et d'autres)
 - Défricher interactions moléculaires entre Ggt et le blé
 - Des sensibilités variétales non significatives et difficilement exploitables même si quelques tendances → fortes interactions GxE, effets faibles
 - TAB → Des différences probables entre variétés mais très variables entre sites; besoin de mieux caractériser les environnements
 - Effet variétal en 1^{ère} paille → Tab, microbiome/rhizobiome, environnement, pratiques culturales, architecture racinaire, ... → Quel déterminisme génétique?
- Un bon modèle pour travailler les interactions plantes/agent pathogène/microbiote/environnement?



Remerciements

FsoV

Quentin Croullebois
Pascal Giraudeau et al.



Laure Duchalais et al.



Benoît Foucault et al.



Equipe de Bignan
Equipe d'Ecardenville
Equipe d'Ouzouer
Equipe du Magneraud
Equipe de la Jaillière
Eric Masson
Philippe Du Cheyron
Agnès Tregulier



Alain Sarniguet

