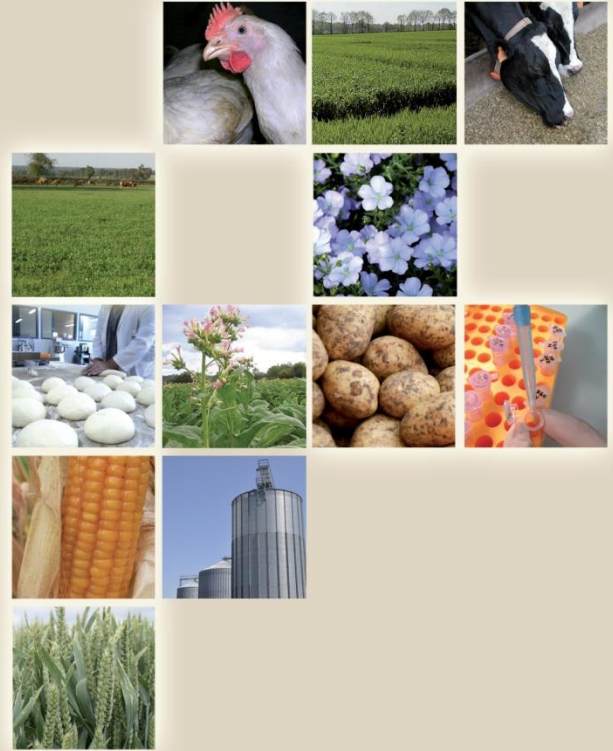






La santé des céréales : un cortège de maladies fongiques et virales à connaître pour prévenir le risque

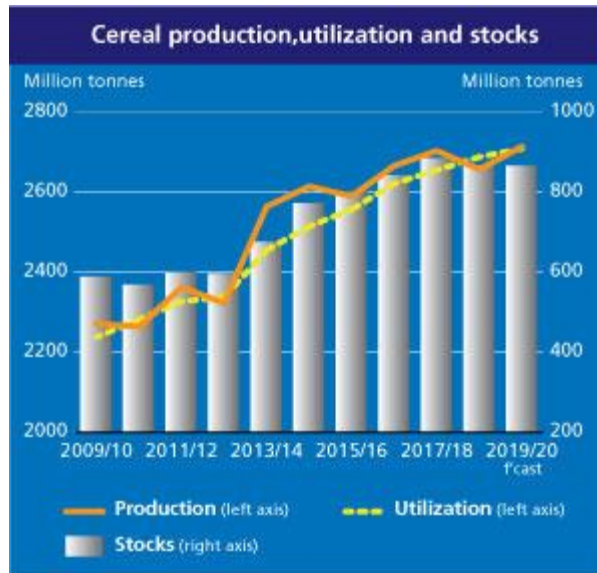
ARVALIS
Institut du végétal

Romain VALADE

Académie d'Agriculture de France - Séance du 22 janvier 2020



Les maladies des céréales: une menace sur la production mondiale?



- Céréales: 2714 Mt
- Blé: environ 740Mt avec valeur d'environ 145 milliards de dollars
- 9 Milliards d'Homme en 2050 → **1 milliard de tonnes de céréales en plus à cette échéance**
- ➔ **Agriculture à haute performance économique et environnementale**

Source : <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en>

ARTICLES

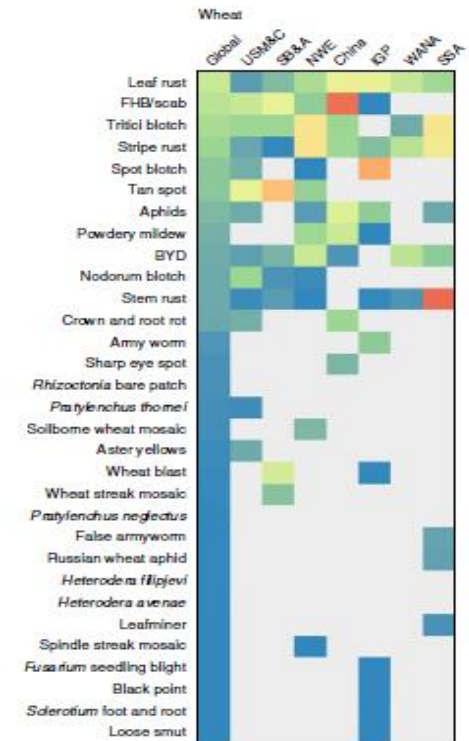
<https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>

nature
ecology & evolution

The global burden of pathogens and pests on major food crops

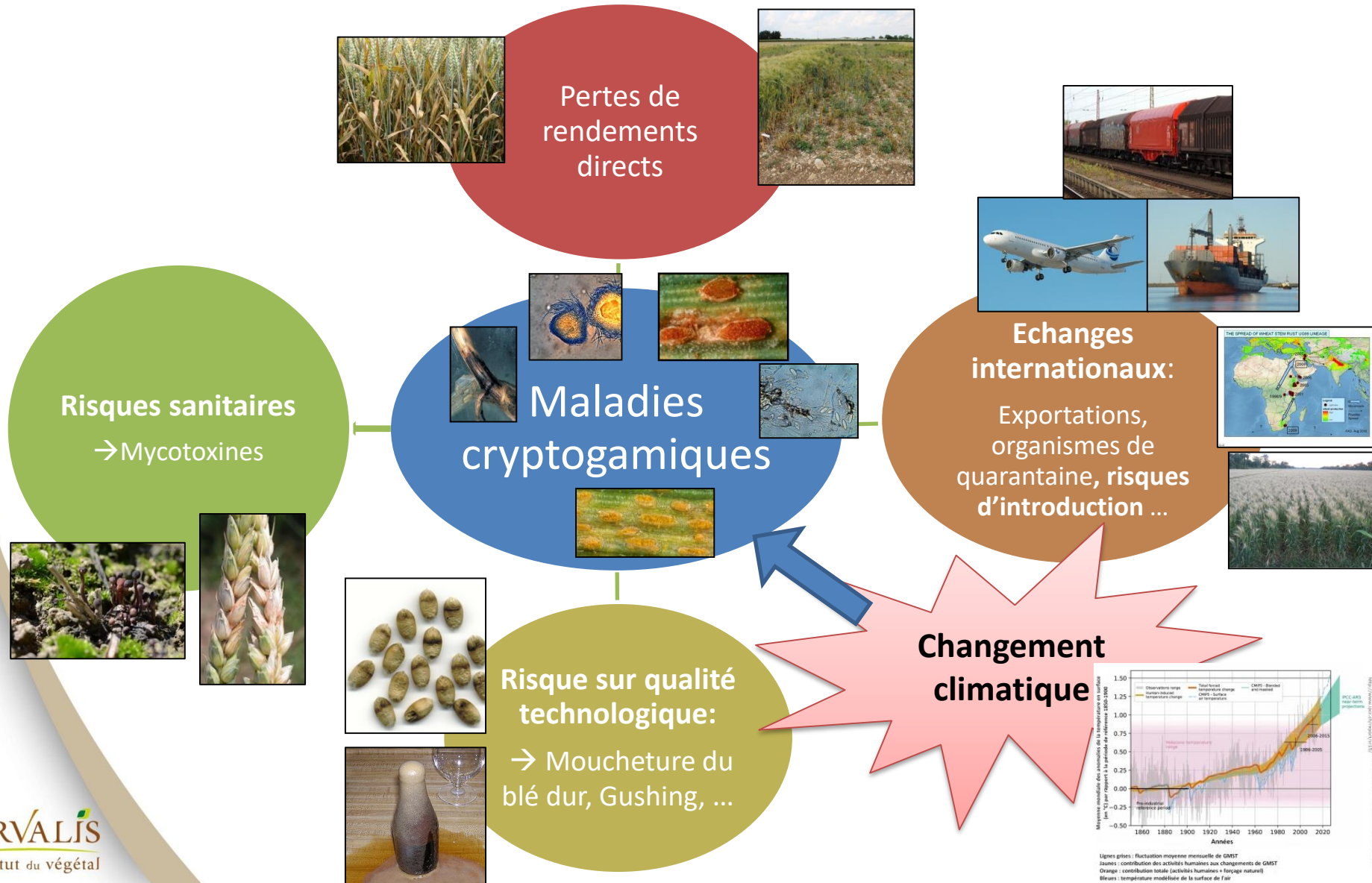
Serge Savary¹, Laetitia Willcoquet¹, Sarah Jane Pethybridge², Paul Esker³, Neil McRoberts⁴ and Andy Nelson^{5*}

Crop pathogens and pests reduce the yield and quality of agricultural production. They cause substantial economic losses and reduce food security at household, national and global levels. Quantitative, standardized information on crop losses is difficult to compile and compare across crops, agroecosystems and regions. Here, we report on an expert-based assessment of crop health, and provide numerical estimates of yield losses on an individual pathogen and pest basis for five major crops globally and in food security hotspots. Our results document losses associated with 137 pathogens and pests associated with wheat, rice, maize, potato and soybean worldwide. Our yield loss (range) estimates at a global level and per hotspot for wheat (21.5% (10.1–28.1%)), rice (30.0% (24.6–40.9%)), maize (22.5% (19.5–41.1%)), potato (17.2% (8.1–21.0%)) and soybean (21.4% (11.0–32.4%)) suggest that the highest losses are associated with food-deficit regions with fast-growing populations, and frequently with emerging or re-emerging pests and diseases. Our assessment highlights differences in impacts among crop pathogens and pests and among food security hotspots. This analysis contributes critical information to prioritize crop health management to improve the sustainability of agroecosystems in delivering services to societies.





Les maladies des céréales: des conséquences économiques pour des risques multiples et évolutifs



Les principales maladies du blé tendre en France

Localisation	Nom commun	Forme asexuée	Forme sexuée	Nom en Anglais
Maladies du pied et des racines	Fusariose du pied, de la couronne racinaire	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> ...	<i>Gibberella sp</i>	Fusarium Crown Rot, Fusarium Root Rot
	Piétin-échaudage	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	/	Take-all
	Piétin-verse	<i>Tapesia yallundae</i> (W-type)	<i>Oculimacula yallundae</i>	Eyespot
		<i>Tapesia acuformis</i> (R-type)	<i>Oculimacula acuformis</i>	
	Rhizoctone	<i>Rhizoctonia cerealis</i>	<i>Ceratobasidium ?</i> (jamais observée)	Sharp Eyespot
Maladies du feuillage	Ascochytose	<i>Ascochyta tritici</i>	<i>Didymella exitialis</i>	Ascochyta Leaf Spot
	Helminthosporiose	<i>Drechslera tritici-repentis</i>	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Yellow Leaf Blotch, Tan Spot
	Oïdium	<i>Blumeria graminis</i> f. <i>sp. tritici</i>	/	Powdery Mildew
	Rouille Brune	<i>Puccinia triticina</i>	/	Leaf Rust of Wheat
	Rouille Jaune	<i>Puccinia striiformis</i>	/	Stripe Rust
	Septorioses	<i>Zymoseptoria tritici</i>	<i>Mycosphaerella graminicola</i>	Septoria Leaf Blotch, Septoria tritici blotch
		<i>Parastagonospora nodorum</i>	<i>Phaeosphaeria nodorum</i>	Glume Blotch, Stagonospora nodorum blotch
Maladies des épis / semences	Carie commune	<i>Tilletia caries</i> (= <i>Tilletia tritici</i>), <i>Tilletia foetida</i> (= <i>Tilletia laevis</i>)	/	Common Bunt, Stinking Smut
	Ergot	<i>Claviceps purpurea</i>	/	Ergot
	Fusarioses de l'épi	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> ...	<i>Gibberella sp.</i>	Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)
	Microdochiose de l'épi	<i>Microdochium nivale</i> , <i>Microdochium majus</i>	<i>Monographella nivalis</i>	Scab, Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)



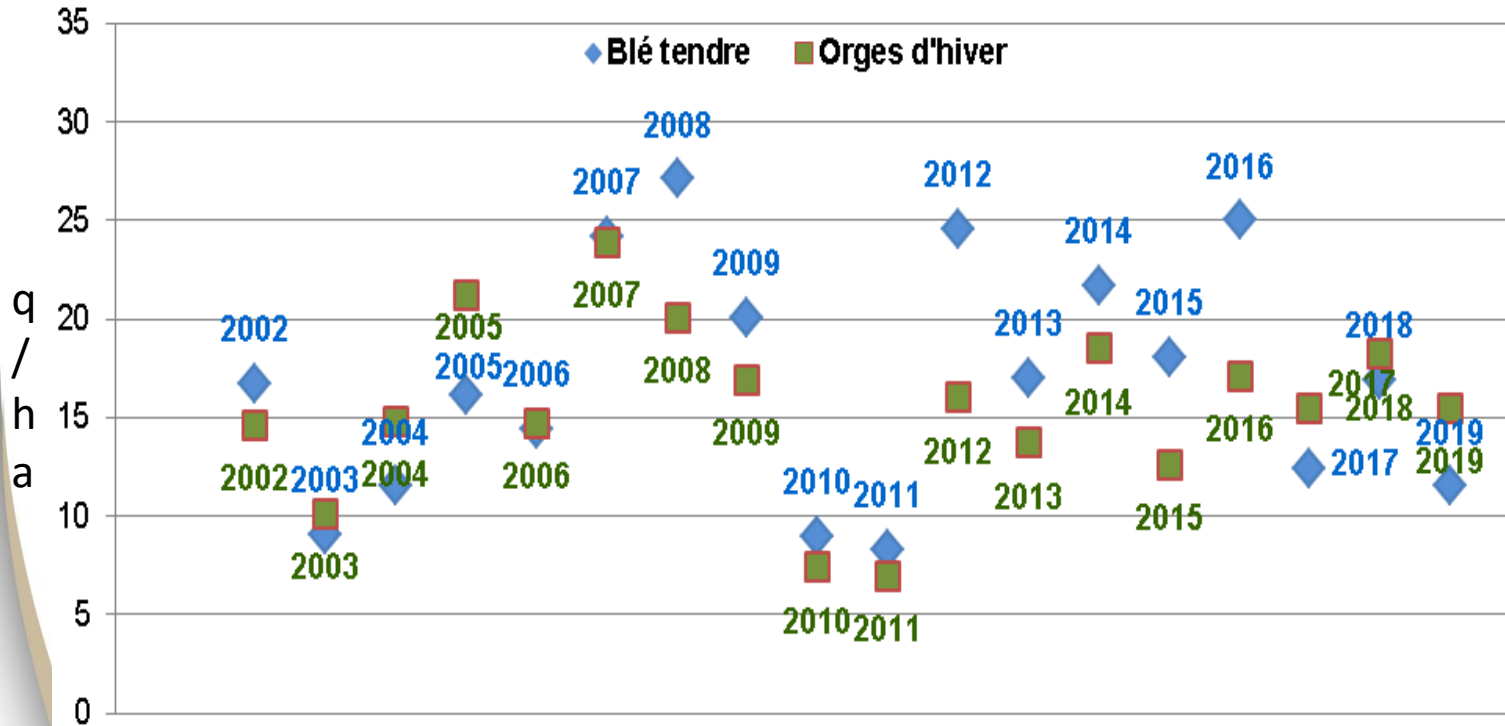
Les principales maladies de l'orge

Localisation	Nom commun	Forme asexuée	Forme sexuée	Nom en Anglais
Maladies du pied et des racines	Fusariose du pied, de la couronne racinaire	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Gibberella zeae</i>	Fusarium Crown Rot, Fusarium Root Rot
		<i>Fusarium culmorum</i>	/	
	Piétin Echaudage	<i>Gaeumannomyces graminis var. tritici</i>	/	Take-all
	Piétin Verse	<i>Tapesia</i> sp.	<i>Oculimacula</i> spp.	Eyespot
	Pourriture grise des neiges	<i>Typhula incarnata</i>	/	Gray Snow Mold
	Pourriture rose des neiges	<i>Microdochium nivale, Microdochium majus</i>	<i>Monographella nivalis</i>	Pink Snow Mold
Maladies du feuillage	Helminthosporiose de l'orge	<i>Drechslera teres f. teres</i>	<i>Pyrenophora teres f. teres</i>	Net form of Net Blotch
		<i>Drechslera teres f. maculata</i>	<i>Pyrenophora teres f. maculata</i>	Spot Form of Net Blotch
		<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Cochliobolus sativus</i>	Spot Blotch
	Stries de l'orge	<i>Drechslera graminea</i>	<i>Pyrenophora graminea</i>	Barley Stripe
	Oïdium de l'orge	<i>Blumeria graminis f. sp. hordei</i>	/	Barley Powdery Mildew
	Ramulariose	<i>Ramularia collo-cygni</i>	/	Ramularia Leaf Spot (RLF)
	Rhynchosporiose	<i>Rhynchosporium commune</i>	/	Scald
	Rouille Jaune	<i>Puccinia striiformis</i>	/	Stripe Rust
	Rouille Naine	<i>Puccinia hordei</i>	/	Leaf Rust of Barley
	Septoriose de l'orge	<i>Parastagonospora avenae f. sp. triticea</i>	<i>Phaeosphaeria avenaria f. sp. triticea</i>	Septoria Leaf Blotch
		<i>Parastagonospora nodorum</i>	<i>Phaeosphaeria nodorum</i>	Glume Blotch
		<i>Zymoseptoria passerinii</i>	<i>Mycosphaerella</i> (découvert en 2007, mais pas de nom spécifique donné)	Septoria Speckled Leaf Blotch (SSLB)
Maladies des épis / semences	Carie Commune	<i>Tilletia caries</i> (= <i>Tilletia tritici</i>), <i>Tilletia foetida</i> (= <i>Tilletia laevis</i>)	/	Common Bunt, Stinking Smut
	Carie Naine	<i>Tilletia controversa</i>	/	Dwarf Bunt
	Charbon couvert	<i>Ustilago hordei</i>	/	Covered Smut
	Charbon nu	<i>Ustilago nuda</i>	/	True Loose Smut
	Ergot	<i>Claviceps purpurea</i>	/	Ergot
	Fusarioses de l'épi	<i>Fusarium graminearum, Fusarium</i> spp.	<i>Gibberella zeae</i>	Scab, Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)
	"Microdochiose"	<i>Microdochium nivale, Microdochium majus</i>	<i>Monographella nivalis</i>	Scab, Fusarium Ear / Head Blight (FHB, FEB)





Nuisibilité globale des maladies fongiques du blé tendre et orge d'hiver



Ecart traité/non traité de 2002 à 2019. Essais Arvalis-Institut du Végétal

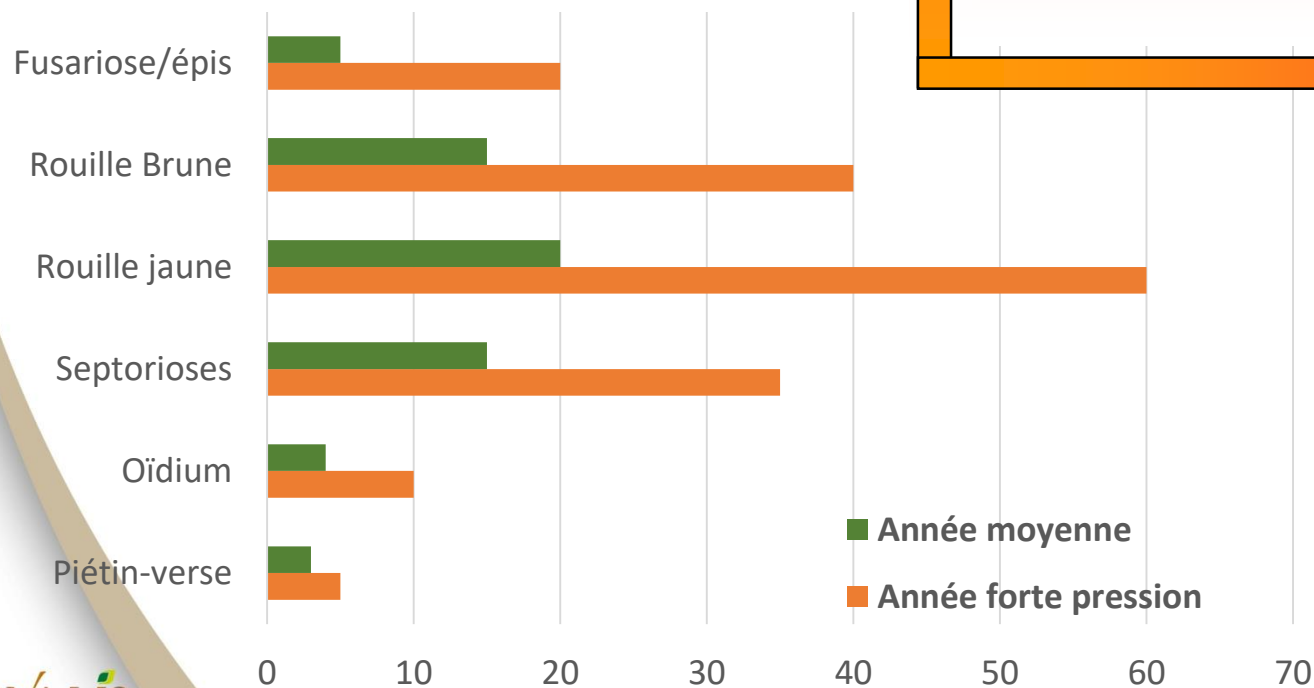


Céréale	Moyenne pluri-annuelle	Rendement moyen France
Blé tendre	16.9 q/ha	≈ 70q/ha
Orge d'hiver	11.5 q/ha	≈ 63 q/ha



Nuisibilité et fréquence des principales maladies du blé tendre

Nuisibilité maladies du blé tendre



Nuisibilité

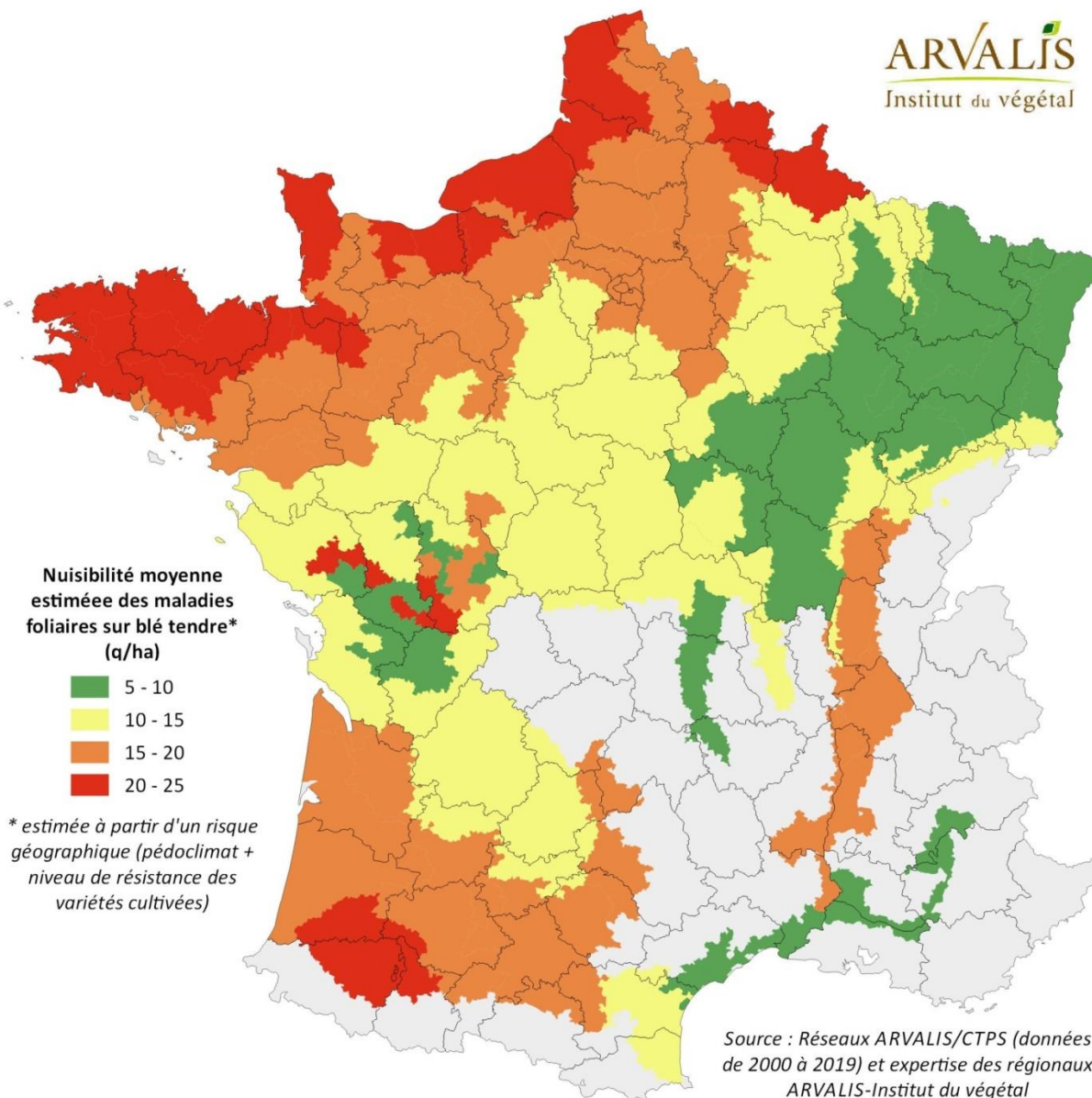


Fréquence



■ Année moyenne
■ Année forte pression

Blé tendre: une nuisibilité variable selon la région

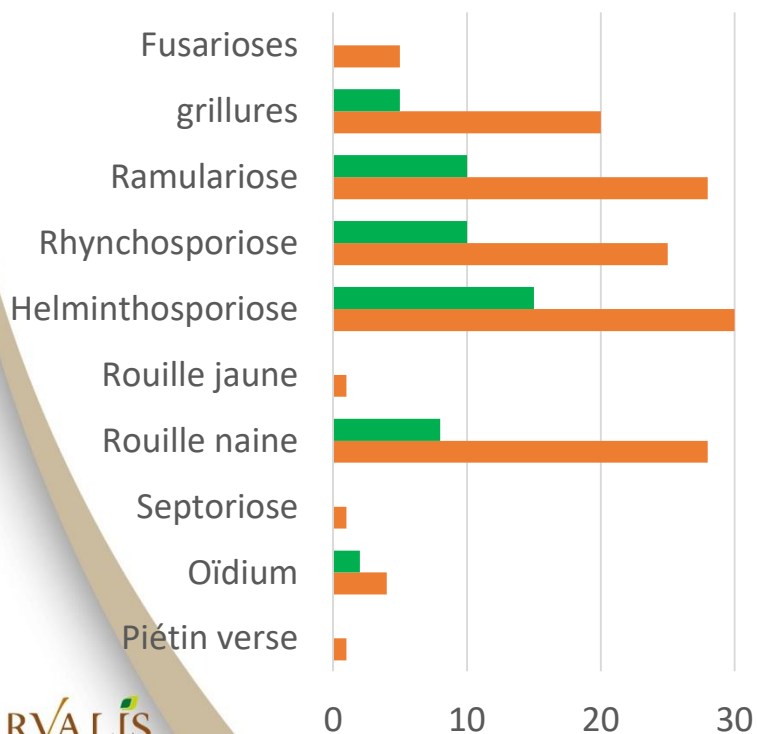


Source : Réseaux ARVALIS/CTPS (données de 2000 à 2019) et expertise des régionaux ARVALIS-Institut du végétal

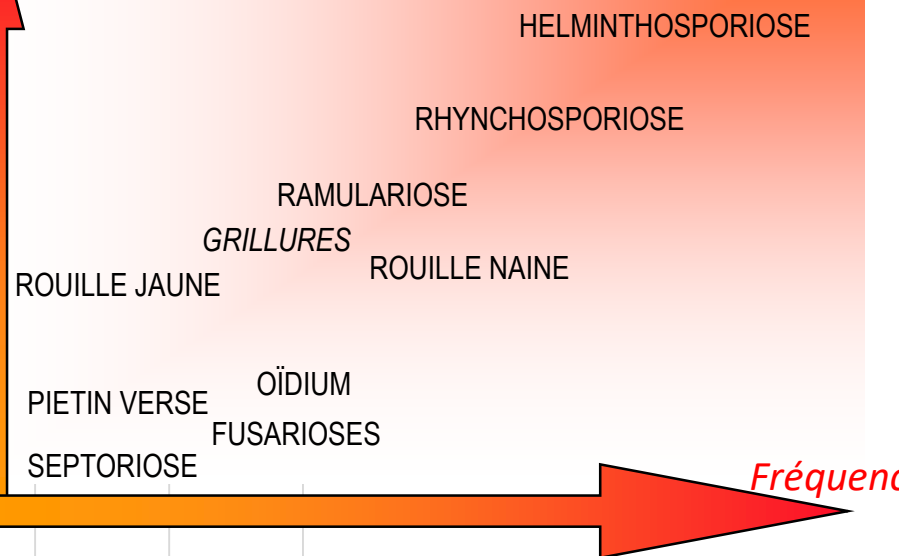


Nuisibilité et fréquence des principales maladies de l'orge

Nuisibilité maladies des orges d'hiver



Nuisibilité



Fréquence

■ Année moyenne

■ Année forte pression





Les viroses :

une autre menace sur les cultures des céréales

✓ Virus transmis par des ravageurs aériens en France

- Transmises par des pucerons : *Rhopalosiphum padi* et autres...
Jaunisse nanisante de l'orge ou des céréales (YDVs)
- Transmise par des cicadelles : *Psammotettix alienus* ...
Maladie des pieds chétifs (WDV)



✓ Virus transmis par *Polymyxa graminis*

Céréales	Virus	français	anglais
Orge	Barley yellow mosaic virus <i>Virus de la mosaïque jaune de l'orge</i>	VMJO	BaYMV
	Barley mild mosaic virus <i>Virus de la mosaïque modérée de l'orge</i>	VMMO	BaMMV
Blé tendre Blé dur Triticale Seigle	Soil borne cereal mosaic virus <i>Virus de la mosaïque des céréales</i>	VMC	SBCMV
Blé tendre Blé dur	Wheat spindle streak mosaic virus <i>Virus de la mosaïque striée en fuseaux du blé</i>	VSFB	WSSMV
Blé tendre	Aubian wheat mosaic virus <i>Virus de la mosaïque de l'Aube</i>	VMA	AWMV
Avoine	Oat mosaic virus <i>Virus de la mosaïque de l'avoine</i>	VMA	OMV
	Oat golden stripe virus <i>Virus de la strie dorée de l'avoine</i>	VSDA	OGSV





Exemple: Nuisibilité de la Jaunisse nanisante de l'orge

Orge

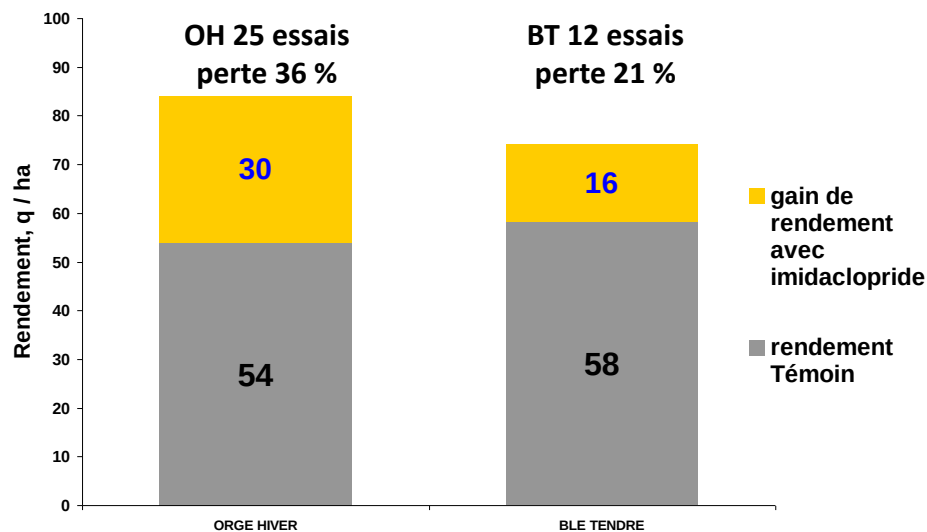
Jusqu'au retournement de la culture

Blé

De quelques quintaux à 40 q/ha *ou* +



*Bilan essais ARVALIS
Orge Hiver
Blé tendre*



Synthèse essais 2000- 2016



Des complexes d'espèces qui évoluent

- *Parastagonospora nodorum* : principal responsable de la septoriose du blé tendre jusqu'aux années 70-80 en France
- Remplacée par *Zymoseptoria tritici* en France qui était probablement présent avant!

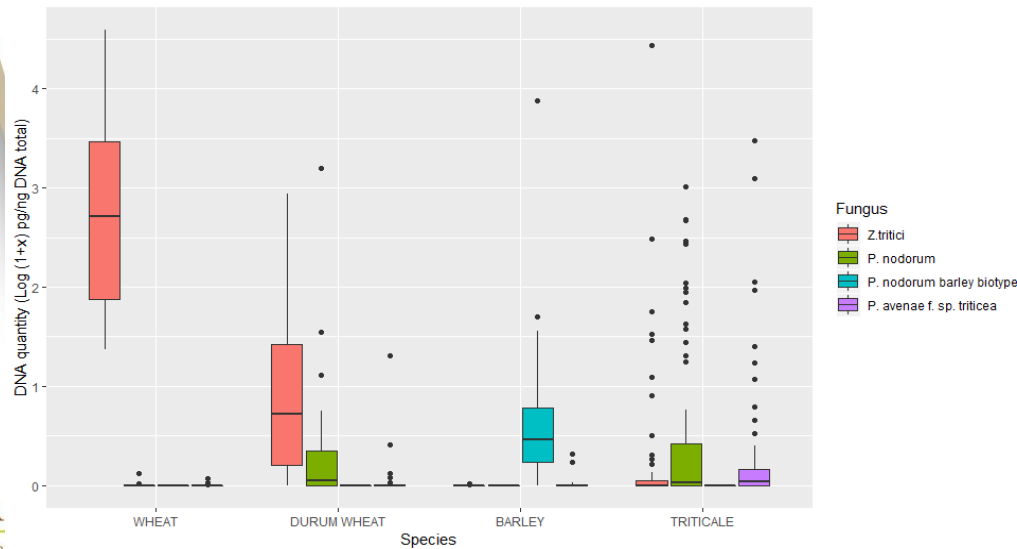
Plant Pathology (2013)

Doi: 10.1111/ppa.12052

Sulphate and sulphurous acid alter the relative susceptibility of wheat to *Phaeosphaeria nodorum* and *Mycosphaerella graminicola*

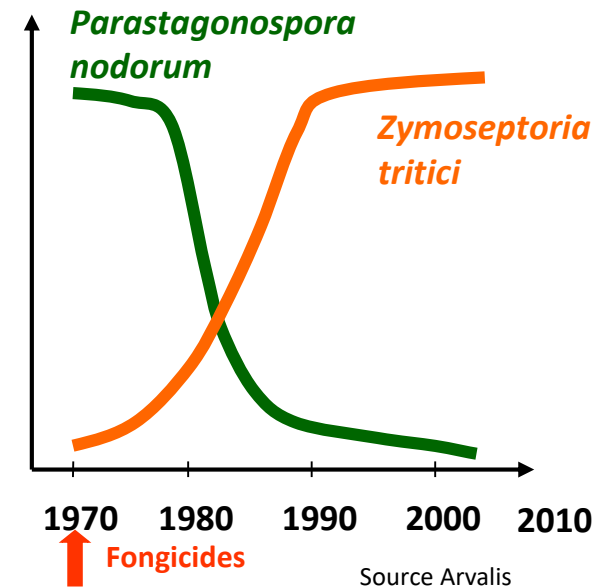
P. Chandramohan and M. W. Shaw*

School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading, Whiteknights, Reading, RG6 6AR, UK



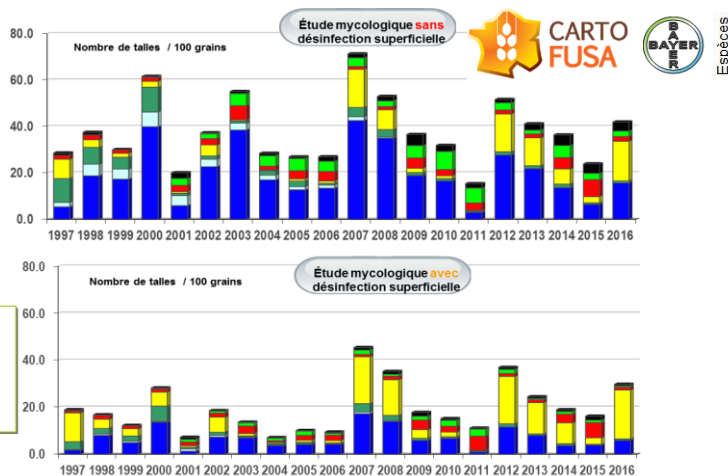
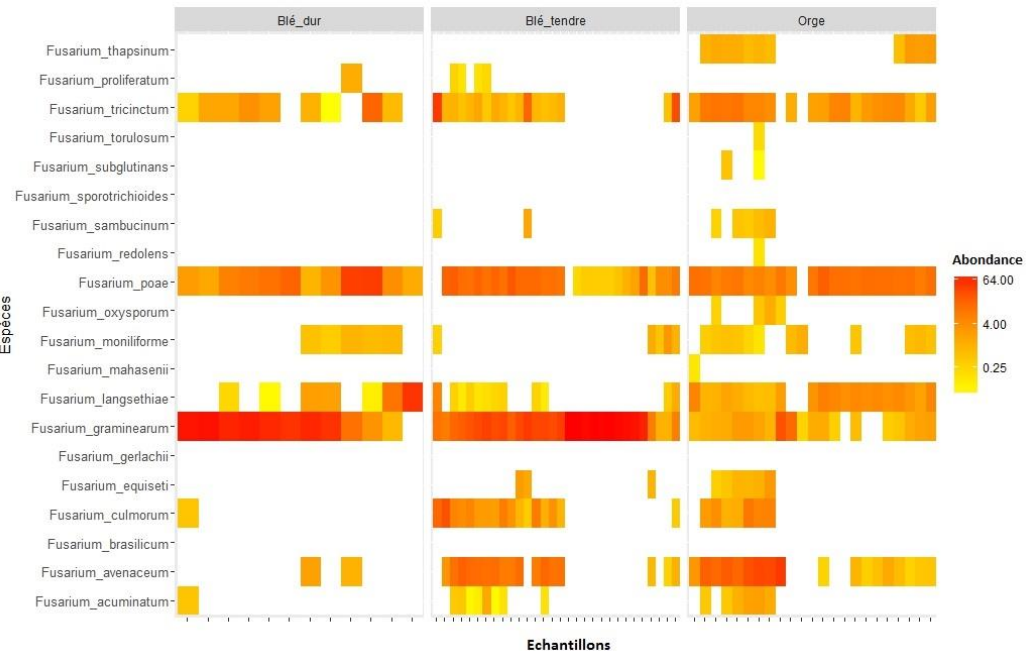
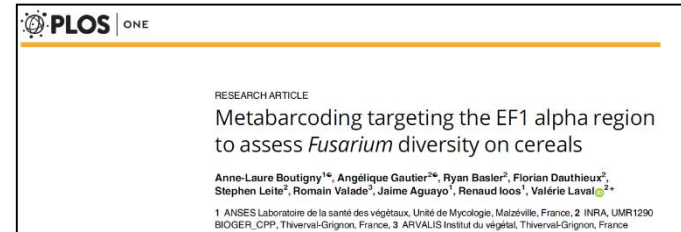
Valade et al, 2019

Change in the ratio of Septoria pathogens in France on bread wheat since the 1980s



➔ Nécessaire de bien suivre, caractériser les agents pathogènes pour adapter les moyens de lutte intégrée efficace pour chaque céréale

Et qu'il faut savoir caractériser pour prévenir les risques

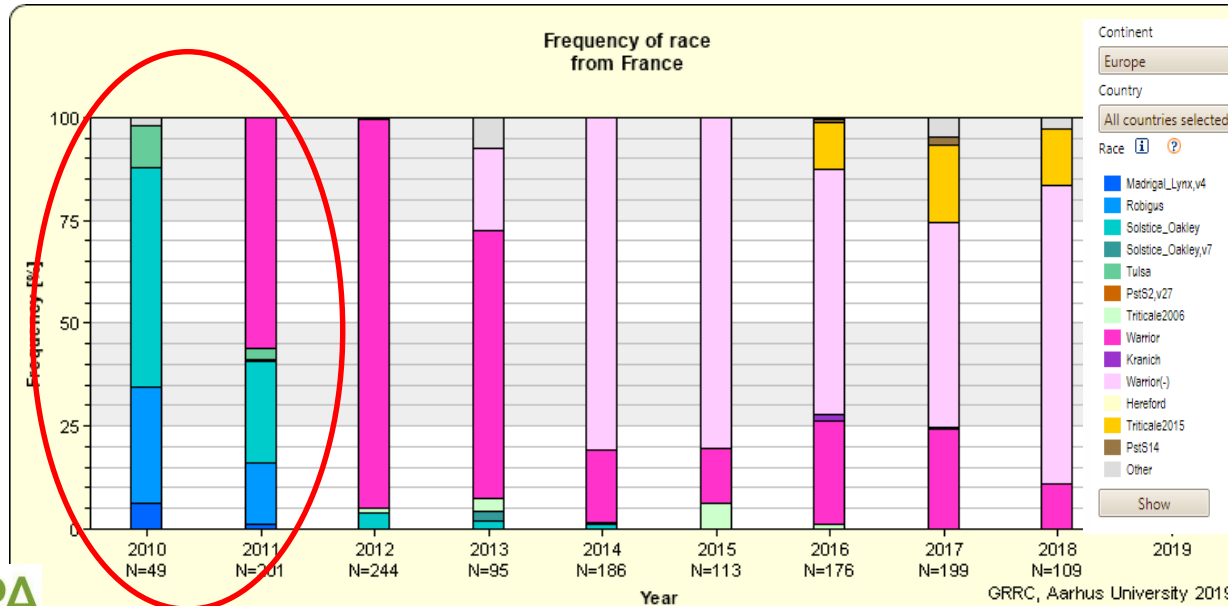


→ Développer les outils de diagnostics, suivre les évolutions, connaître les agents pathogènes pour prévenir et anticiper les changements

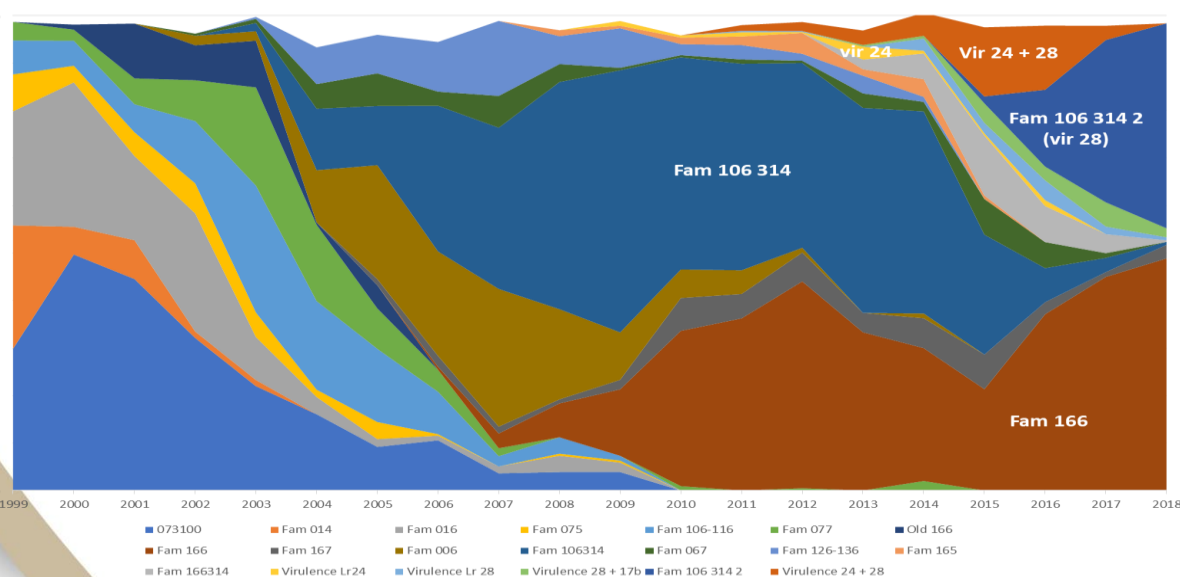


Les populations pathogènes évoluent également...

➤ Les rouilles



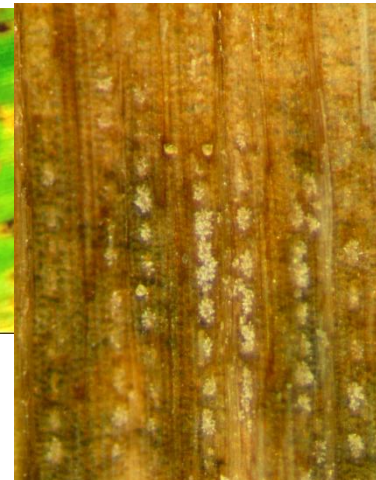
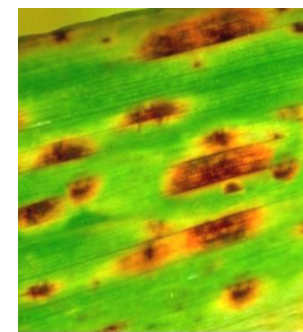
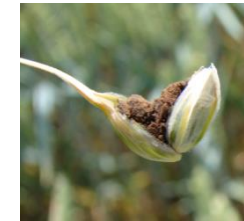
Claude Pope,
Marc Lecomte,
Henriette Goyeau,
Frédéric Suffert





Des émergences /résurgences qui entraînent de nouveaux risques

- **Ergot** → Nombreux travaux menés ces dernières années (cf. Orlando, AAF, 22 mars 2017) avec risque sanitaire accru
- **Carie** → Agriculture biologique et conventionnelle (devenir des traitements de semences)
- **Ramulariose de l'orge: *Ramularia collo-cygni***
 - connue depuis 1893 (Cavara)
 - « redécouvert » au milieu des années 80
 - Décrite en 2000/2001 en France
 - Problématique mondiale pour l'orge avec peu de moyens de lutte disponible
 - Causes multiples et assez mal connues... (semences, adaptation à l'hôte, changement climatique, fongicides, ...)





Des risques à anticiper en lien avec le changement climatique:

→ Exemple: Projection sur les teneurs en DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) selon différents scénarii du GIEC

Echelle: France

Modèle climatique : Scampei

Pixel : 8*8km

Culture : Blé tendre

Variété: Cellule

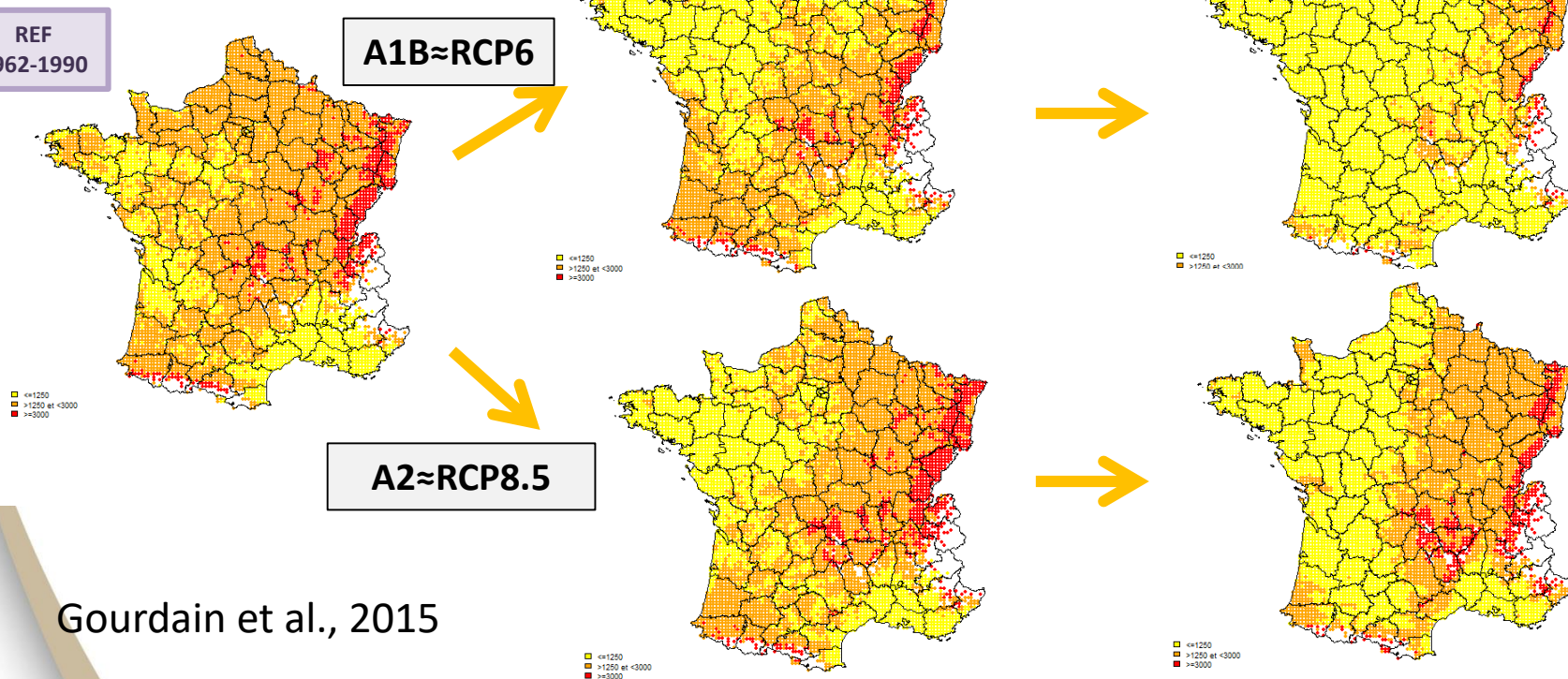
Semis: 20/10

Modèle phénologique:

Gouache et al., 2012

NEAR FUTUR (NF)
2022-2050

FAR FUTUR (FF)
2072-2100



Gourdain et al., 2015

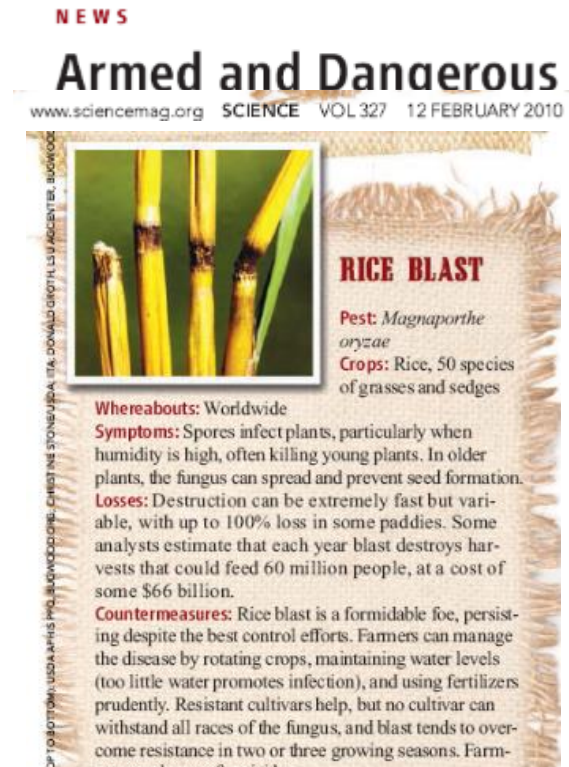
Réduction du risque dans NF et FF, principalement dans l'ouest

→ Besoin de prendre en compte les capacités d'adaptation des agents pathogènes et des changements de pratique



Des risques d'introduction à prévenir en lien avec la « mondialisation » et la biologie des champignons

- **Pyriculariose du blé** causée par *Pyricularia oryzae* (wheat blast)
 - ✓ **1 seule espèce** mais de nombreux hôtes: riz, blé, maïs, ray-grass, etc...
 - ✓ Wheat blast a émergé en 1985 au Brésil (Gladieux et al., 2018)
 - ✓ **Saut d'hôte de *Lolium perenne* vers le blé** (Inoue et al. Science 357:80, 2017)
 - ✓ Emergence au Bangladesh (2016) puis Inde (2017) → **introduction par les semences**
 - ✓ Identifié sur ray-grass en France, stade de foot (CIRAD) → **possible nouveau saut d'hôte?**
- ➔ **Besoin d'une surveillance biologique du territoire efficace et d'analyses du risque afin d'éviter les introductions et anticiper les moyens de lutte**



Mosson stadium, Montpellier, FR



Conclusions

- Des maladies fongiques et virales nombreuses sur céréales avec une nuisibilité globale importante
 - Des complexes d'espèces et des populations qui évoluent avec les pratiques et le changement climatique
 - Des émergences et des risques d'introduction à anticiper
 - Besoin d'une surveillance biologique du territoire efficace et d'outils pour suivre ces agents pathogènes
- Nouveau règlement (UE 2016/2031) relatif à la santé des végétaux
- Analyses du risque, connaissances approfondies des agents pathogènes, suivi des bioagresseurs, outils: sont indispensables pour mettre en place une protection intégrée efficace**



Merci de votre attention

