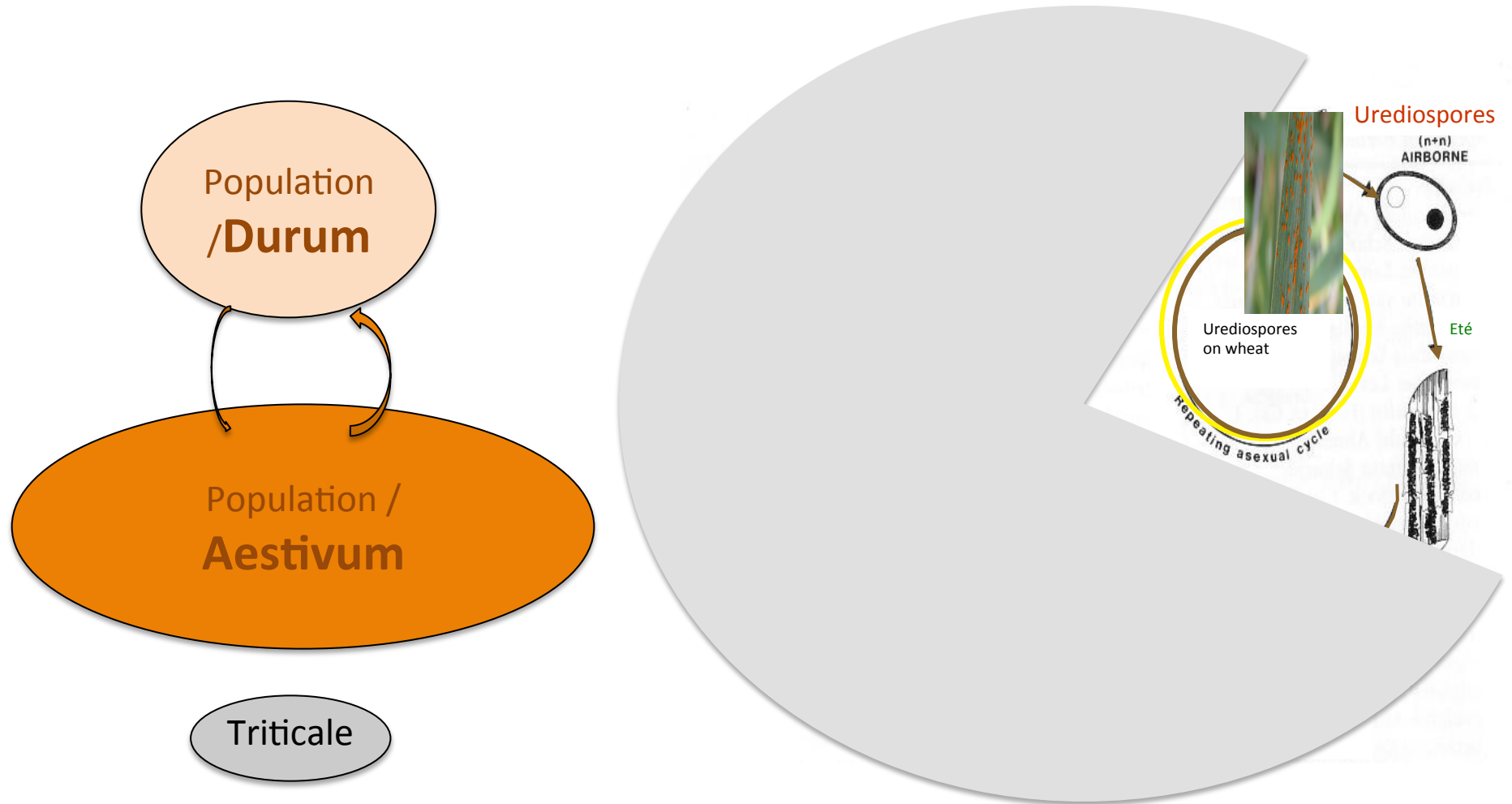


Résistance à la rouille brune : évolution des populations pathogènes, caractérisation de résistances quantitatives, et stratégies de gestion des résistances

H. Goyeau

Puccinia triticens

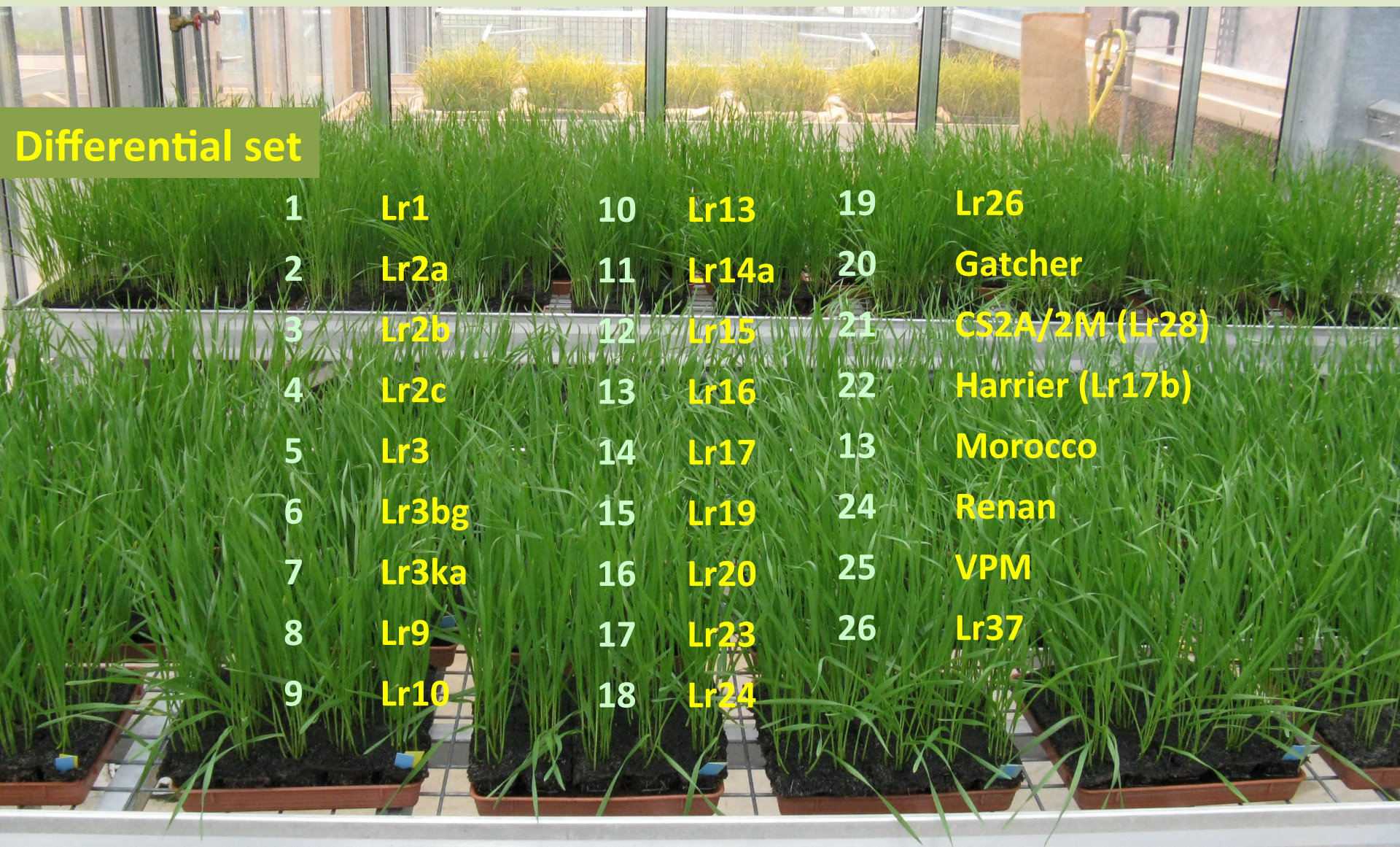


Présente toute l'année, **uniquement sur blé**



Photos : F. Suffert

French Wheat Leaf Rust Survey : phenotyping virulences



French Wheat Leaf Rust Survey : phenotyping virulences



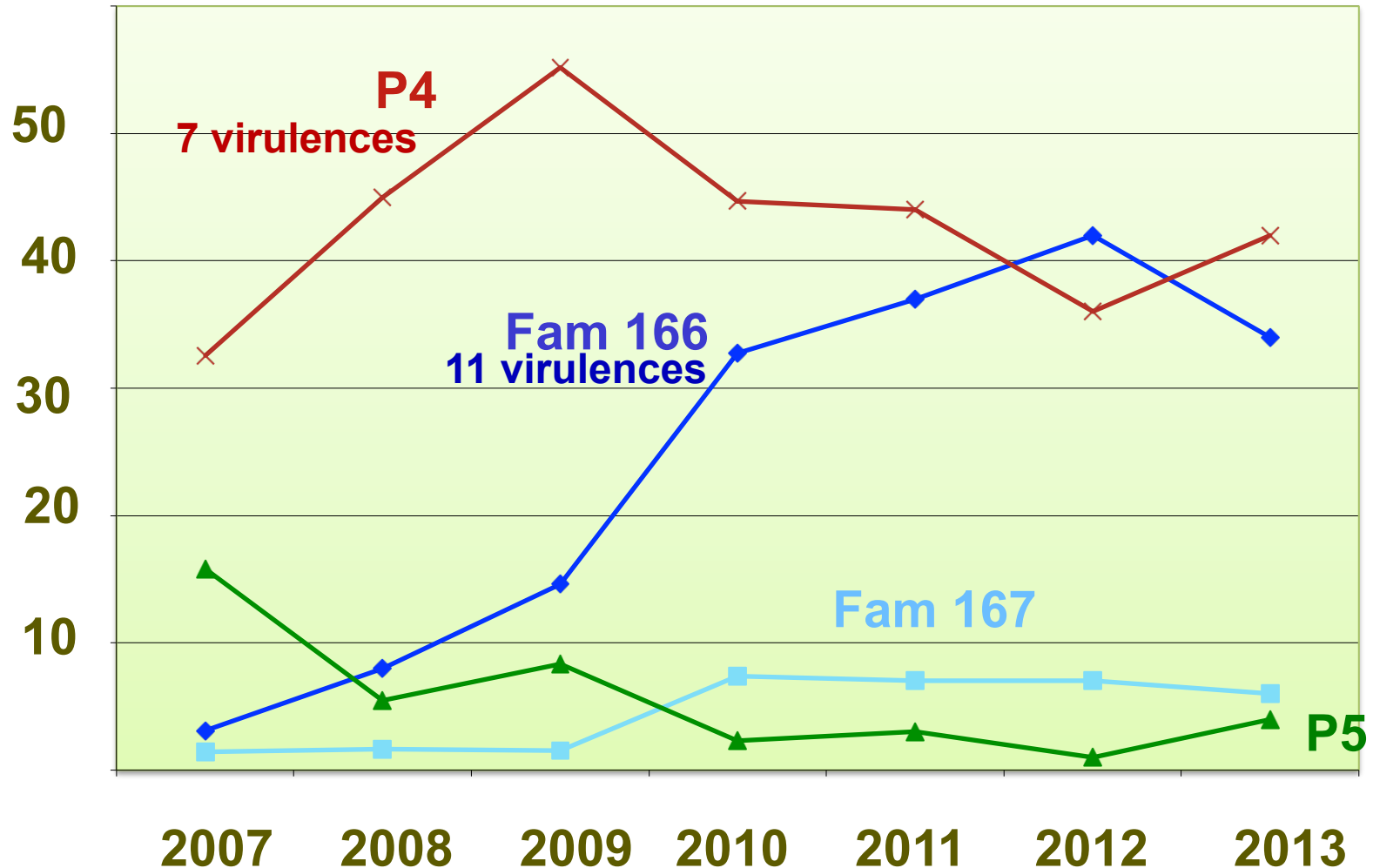
- Network **Centre d'Etudes Technique pour l'Amélioration des Céréales**
C. E. T. A. C.
- 200-400 isolates / year (bread wheat) since 1999
- 30-40 pathotypes found every year

~16 « Families » of pathotypes (Virulences + 19 SSR)

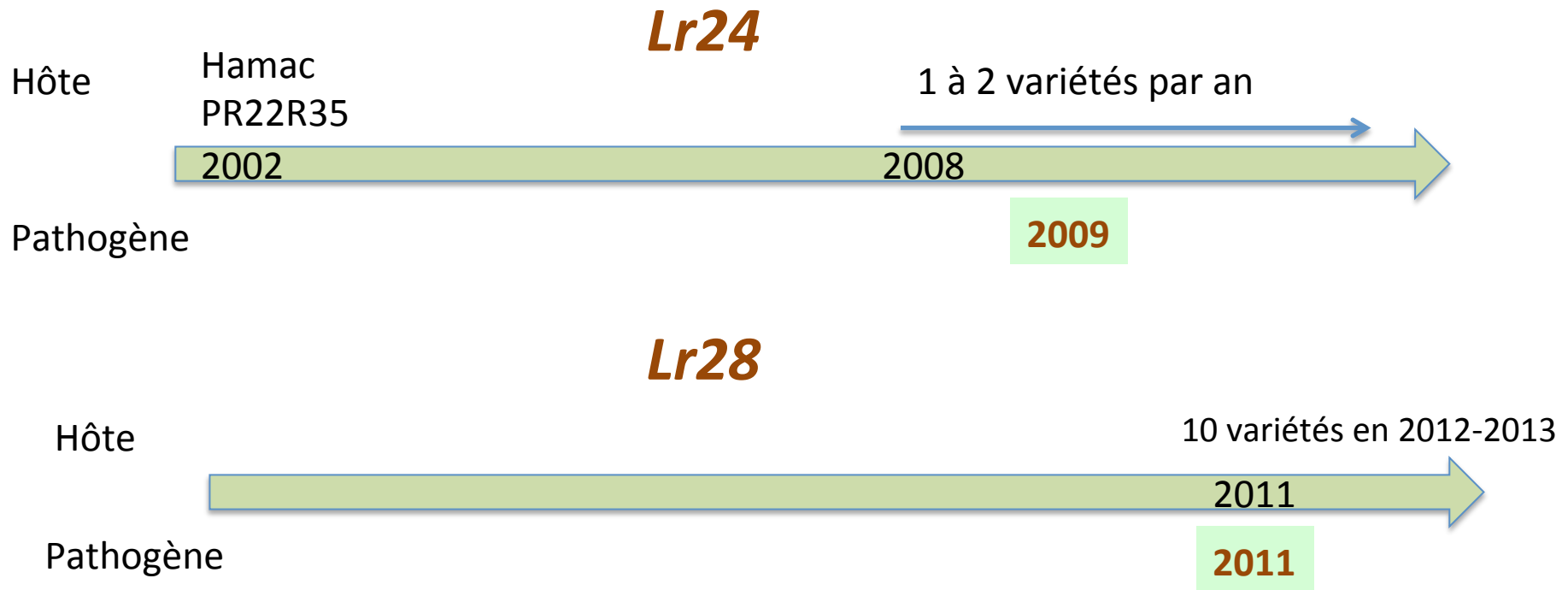
- ✓ No geographical structure
- ✓ Diversity & complexity
- ✓ Shaped by host: R genes **and** quantitative resistance)
- ✓ Dynamics

Evolution des populations pathogènes

Fréquence des familles de pathotypes



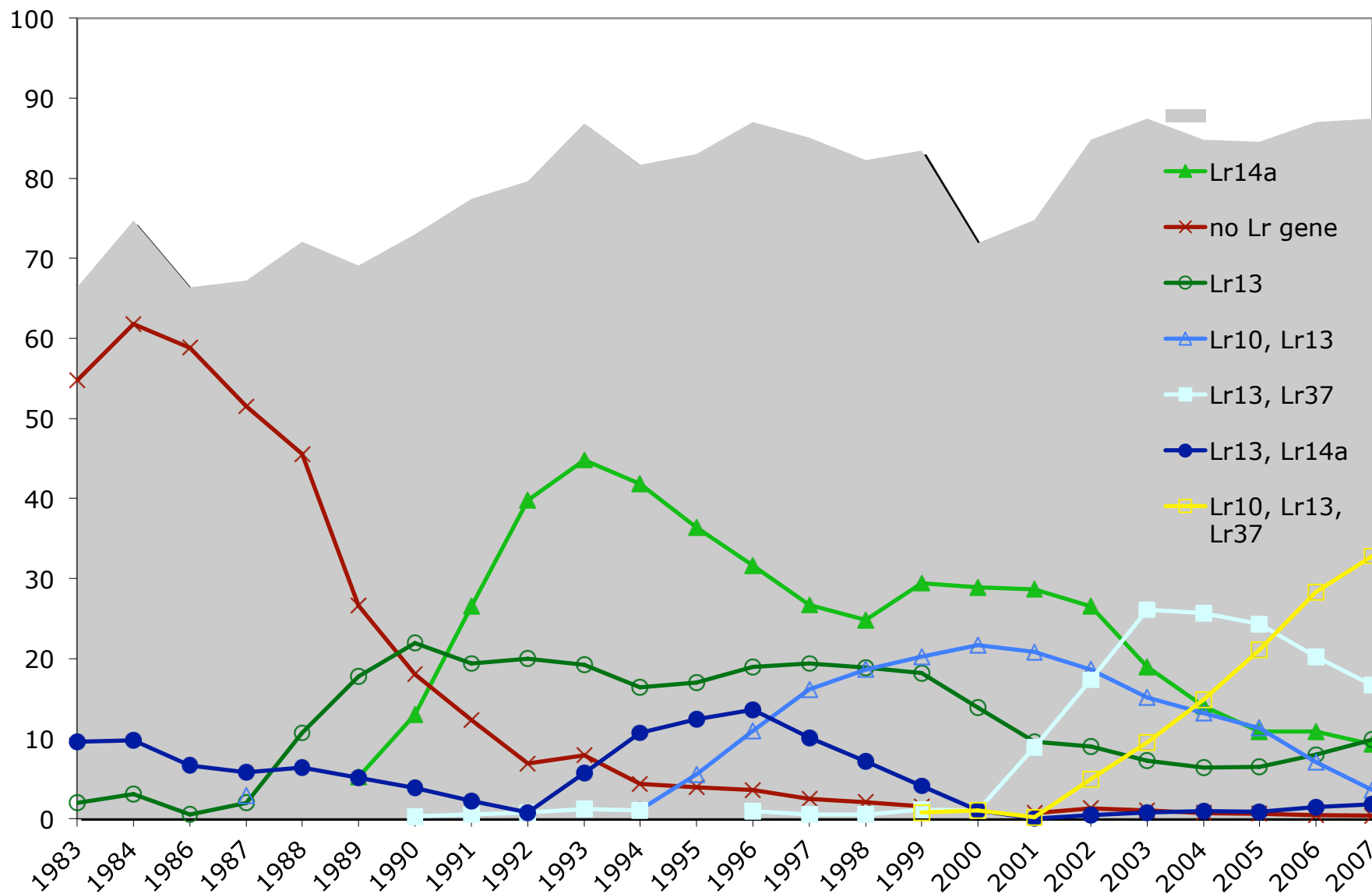
Contournement des combinaisons de résistances spécifiques : exemple de Lr24 et Lr28



VIRULENCE	24	28	24 + 28
Nb de pathotypes	4	2	3

(dont un à 15 virulences)

Combinations of Lr genes in the host landscape



Combinations of Lr genes in the 10 main cultivars in 2014

Postulation de gènes d'après tests pathologiques avec 15 isolats

CULTIVAR	% OF WHEAT AREA in 2014 (source ONIGC-Arvalis)	Lr genes	Resistance level to leaf rust
Arezzo	6.6%	<i>Lr10, Lr14a, Lr37</i>	4
Rubisko	6,5%	<i>Lr28, +</i>	8
Apache	6,2%	<i>Lr13, Lr37</i>	5
Altigo	4,6%	<i>Lr3, Lr13, Lr37</i>	7
Pakito	4,3	<i>Lr13, Lr37</i>	5
Boregar	4,3%	<i>Lr13, Lr14a, Lr37</i>	3
Expert	3.1%	<i>Lr1, Lr13</i>	3
Cellule	3.1%	<i>Lr3</i>	5
Alixan	2.8%	<i>Lr13, Lr14a</i>	4
Barok	2.4%	<i>Lr10, Lr13, Lr37</i>	5

1=Susceptible, 8=Resistant

Résistance Adulte : Essai Arvalis

~50 variétés x 3 pathotypes (séparément) x 2 reps



Résistance durable aux rouilles

- Combinaison de gènes majeurs
- Cumul gènes mineurs
- Diversification à l'échelle du paysage

résistance quantitative et durabilité

“A successful example of breeding for resistance based on minor genes is the resistance to leaf rust and stripe **rust** now present in many CIMMYT wheats. This achievement took about 30 years of effort.”

“We firmly believe that development and deployment of wheat cultivars with such resistance will provide a long-term genetic solution to **rust** control.”



Durabilité : combinaison de QTLs et de gènes de résistance majeurs

Résistance durable >25 ans vis-à-vis de *Pst*

- **dès le stade jeune plante**

- Camp Rémy (*Yr7*, *Yrsp*, **7 QTLs**), 1980- (Mallard *et al.*, 2005, Sorensen *et al.*, 2014)
 - QTLs 2AL1, 2AL2, 2BS, 2BL1,2DS, 5BL1, 5BL2

- cv-Apache (*Yr7*, *Yr17*, **1 QTL**), 1998- (Paillard *et al.*, 2012)
 - QTL 4B

- **au stade adulte**

- cv-Renan (*Yr17*, **4 QTLs**), 1989- (Dedryver *et al.*, 2009)
 - QTLs 2BS, 3BS, 3Bc, 6BS

En cours

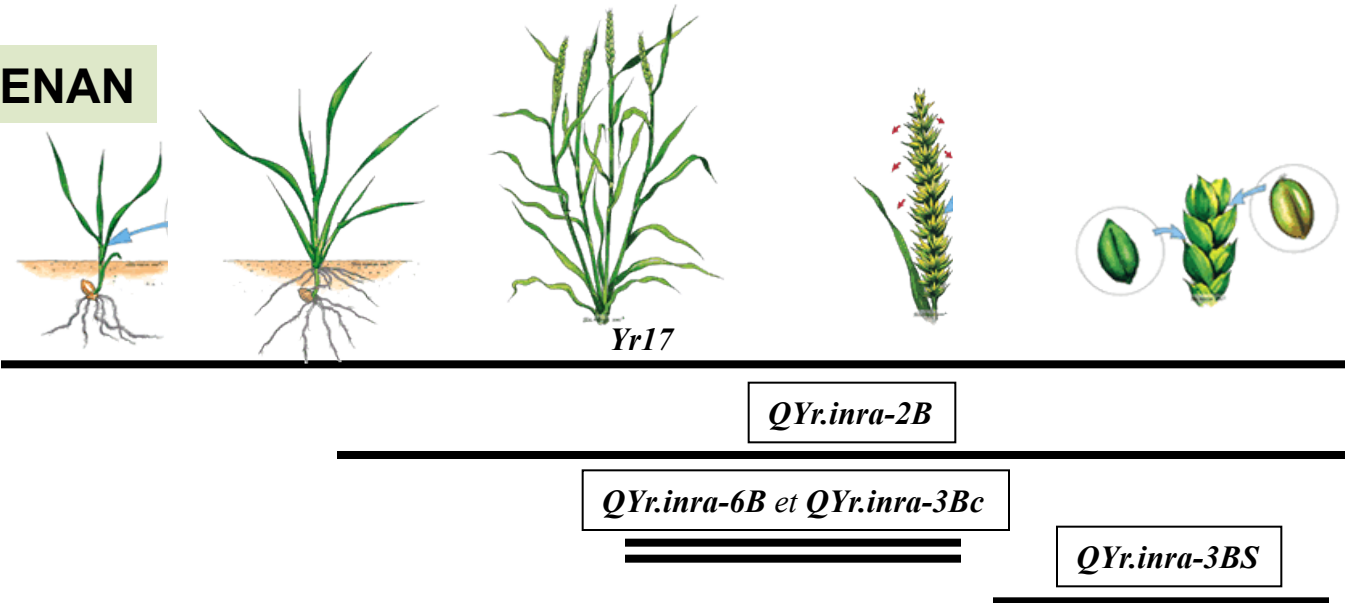
cv-Soissons (*Yr3*, +), 1988-



Cumul de gènes de résistance *Yr* et QTL de résistance adulte

toujours efficace en 2014 (efficace contre la
race Warrior au stade adulte, test INRA 2012)

RENAN



Dedryver et al, Phytopathology 99: 968-973

C. Pope, M. Leconte

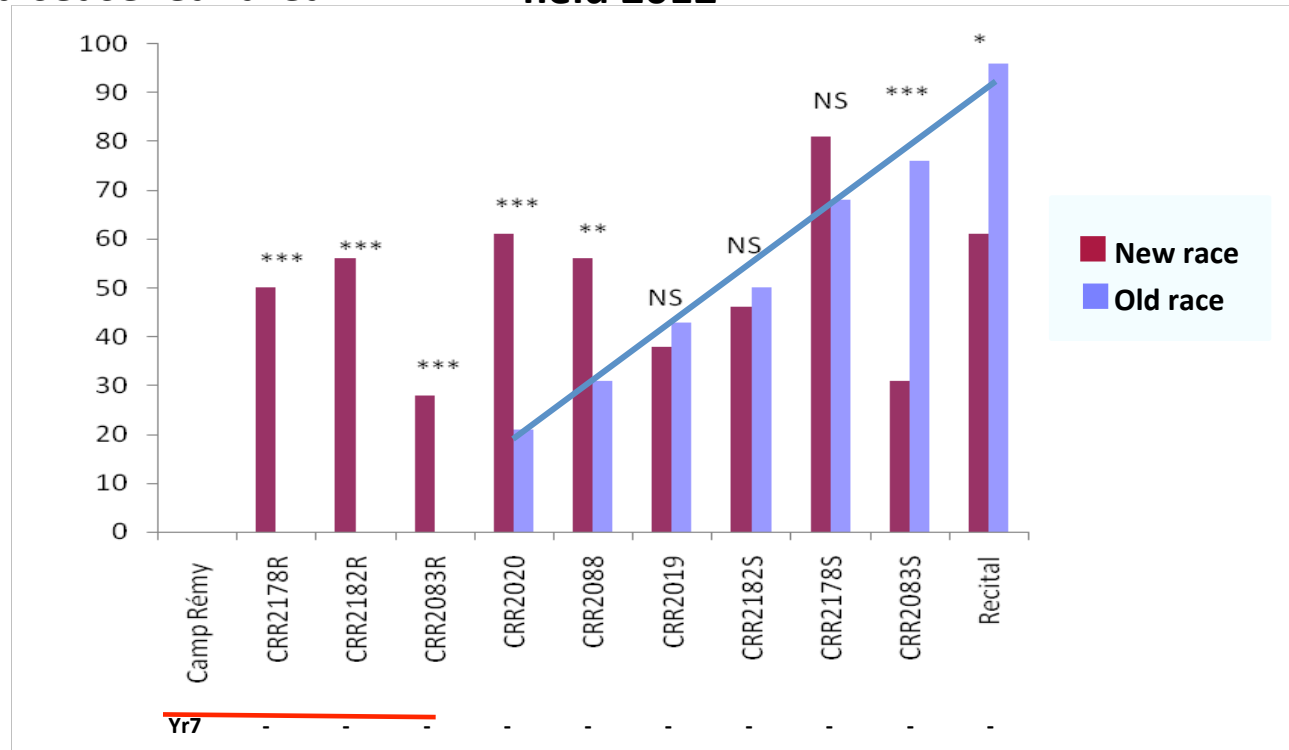


Durabilité : Spécificité des QTLs

RILs Camp Remy x Récital avec différentes combinaisons de QTLs

percentage of disease leaf area

field 2012



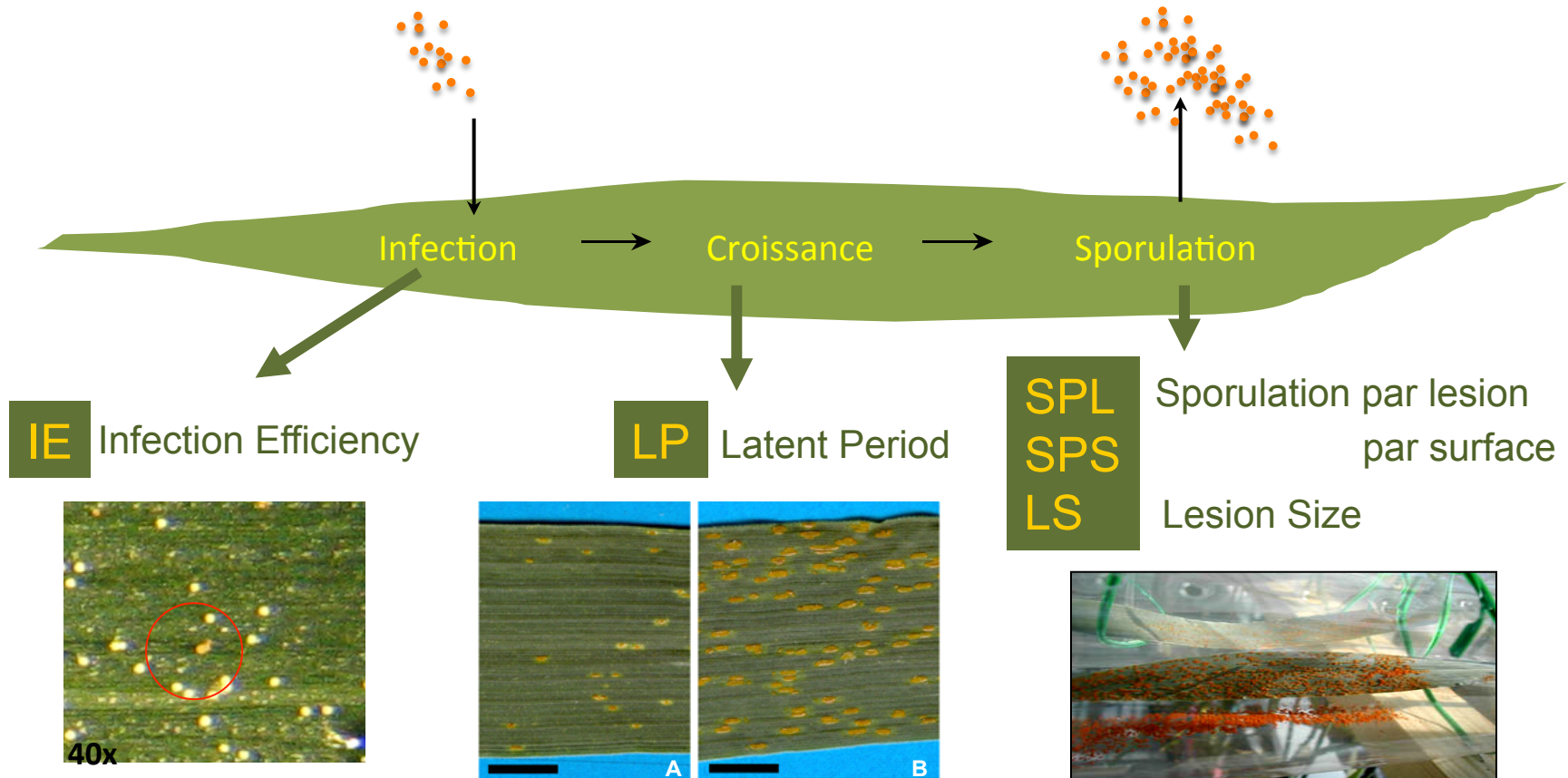
Specific major seedling gene

Yr7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yrsp	Yrsp	Yrsp	Yrsp	-	-	-	-	-	-	-
2BL1	-	2BL1	2BL1	2BL1	2BL1	-	2BL1	-	-	-
2BS	2BS	2BS	-	2BS	-	-	2BS	-	-	-
2AL1	-	-	2AL1	2AL1	2AL1	-	-	-	-	-
2AL2	-	-	2AL2	2AL2	-	-	-	-	-	-
2DS	-	2DS	-	2DS	2DS	2DS	-	-	-	-
5BL1	5BL1	-	5BL1	-	-	-	-	5BL1	-	-
5BL2	-	5BL2	5BL2	5BL2	5BL2	-	5BL2	-	-	-



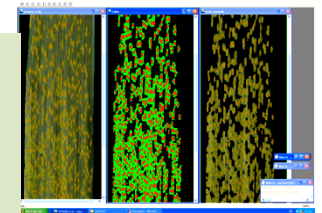
Durabilité : diversifier la résistance quantitative

Les composantes de la résistance

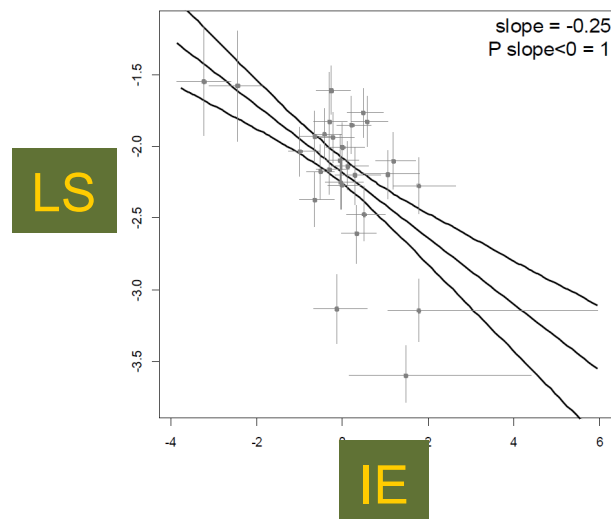
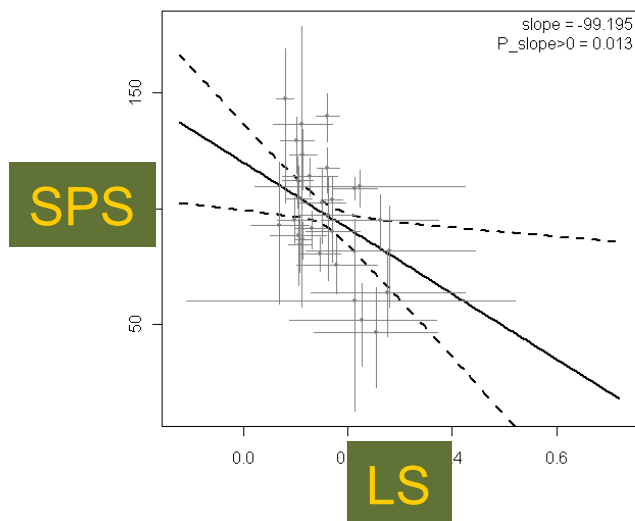


Objectifs :

- Diversifier/composantes
- Relations entre composantes : quelles contraintes?



Durabilité : compromis entre traits de vie du pathogène



Azzimonti et al., *Plant Pathology*, 2013

Azzimonti et al., soumis

Marqueurs QTLs rouille brune pour MAS – Blé tendre

Collaboration INRA Rennes (B. Rolland, S. Paillard), Club 5, CETAC, Arvalis

F_{SOV}

Choix des parents : évaluation en serre

- diversifiés pour les composantes de résistance
- Degrés divers de spécificité (3 pathotypes)

QTLs Apache x Balance (~350 marqueurs)

Azzimonti, Marcel, Robert, Paillard, Lannou & Goyeau, *Mol Breeding* 2014)

Cartographie QTLs Puce 90k illumina

Apache – Ecrin :	181 lignées	}	SSD (F7)
PBI – Ecrin :	118 lignées		
Trémie – Ecrin :	128 lignées		
LD007 – Ecrin :	145 lignées	}	HD
Sidéral – Ecrin :	98 lignées		HD
Renan – CS :	300 lignées		SSD

post doc G. Azzimonti, Master M. Berton, co-encadrement T. MARCEL

Marqueurs QTLs rouille brune et septoriose pour MAS – Blé Dur

CASDAR Duromal (2015-2018)

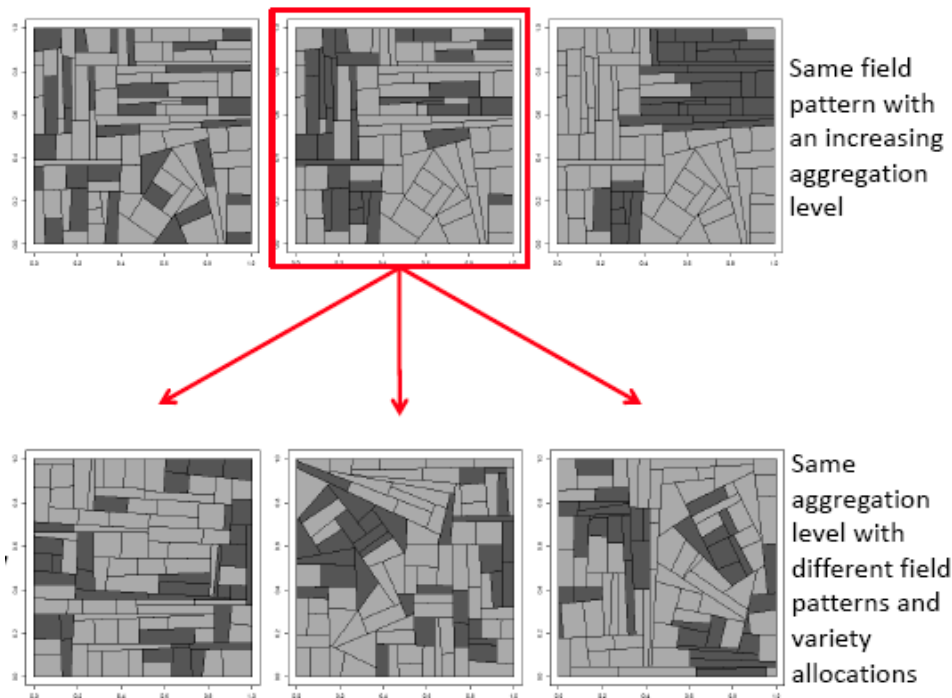
Populations de cartographie GIE Blé Dur

croisement	Parent Résistant	maladie ciblée
Nobilis x Fabulis	Nobilis	septo + RB
Babylone x Fabulis	Babylone	septo + RB
Nautilur x Pharaon	Nautilur	RB
Nautilur x Liberdur	Nautilur	RB
Sy Carma x Gainsur	Sy Carma	RB
Pastadou x Fabulis	Pastadou	RB

Diversification des résistances à l'échelle du paysage

ANR GESTER 2012-2015 (C. Lannou, F. Coléno)

Modélisation



Contraintes et stratégies des acteurs
(Agronomie, SADAPT, Ecolnov)



Acquisition de connaissances
sur les acteurs et leurs
stratégies



Scenarii de diversification :
évaluation de leur efficacité et de
leur durabilité

Papaïx et al., New Phytol. 2011

Papaïx et al., PLOS One, 2013

Papaïx et al., Infection, Genetics and Evolution, 2014

Résistance durable aux rouilles

- Au niveau de la sélection
 - Combinaisons de QTLs + gènes majeurs (même si contournés individuellement)
 - Bon niveau de résistance aux rouilles dans le fonds génétique produit en France => l'exploiter!
- Au niveau des utilisateurs
 - Eviter les variétés très sensibles
 - Diversifier

