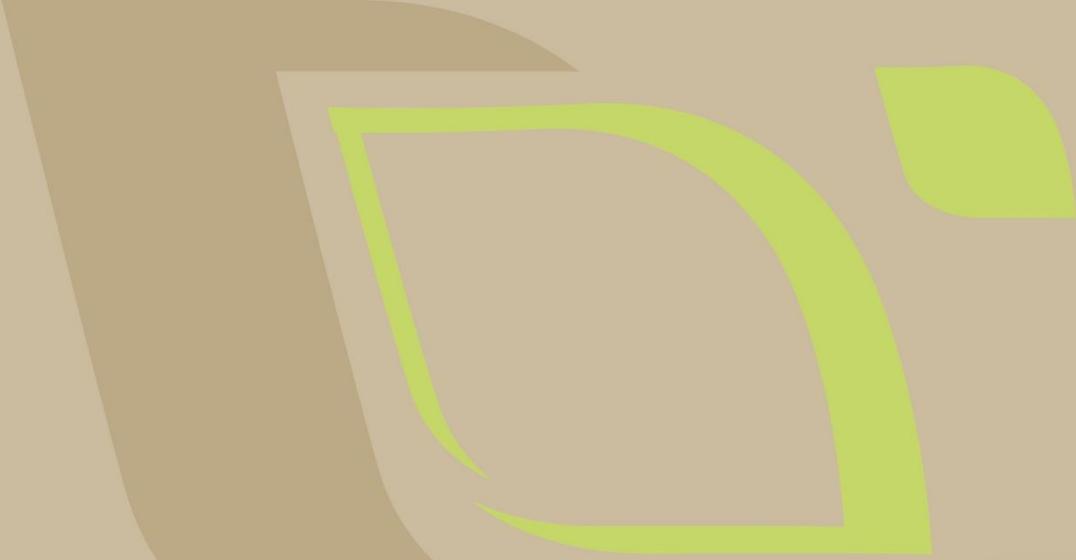


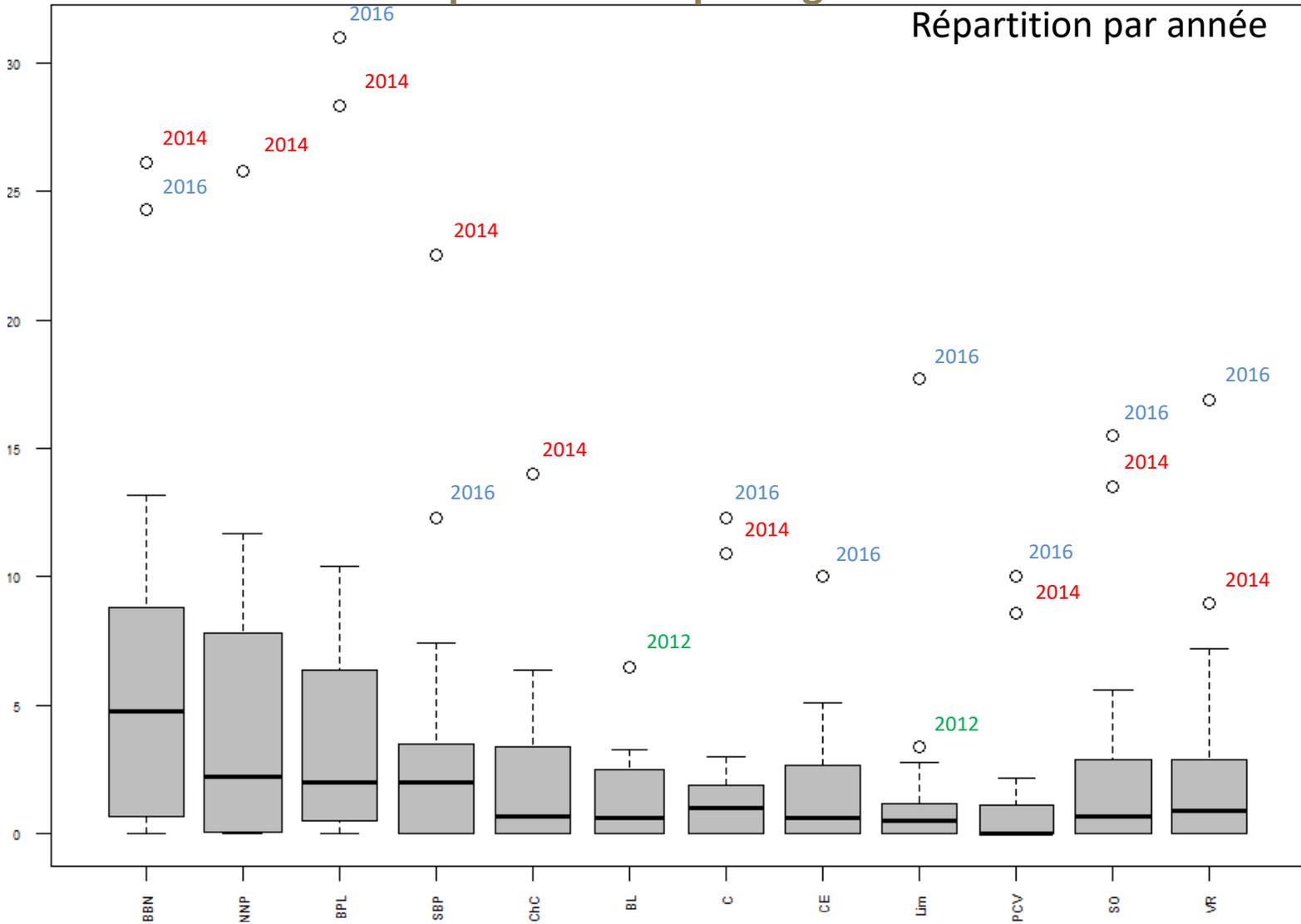
ARVALIS  
Institut du végétal



**La résistance génétique du blé tendre  
contre les rouilles : un moyen de lutte  
efficace mais parfois fragile.**

# Fréquence de l'incidence de la Rouille Jaune par année et par région

Écart de nuisibilité entre les variétés très sensibles à la rouille jaune (note  $\leq 4$ ) et les variétés résistantes (notes  $\geq 7$ ), hors var TS RB ou septo. En q/ha



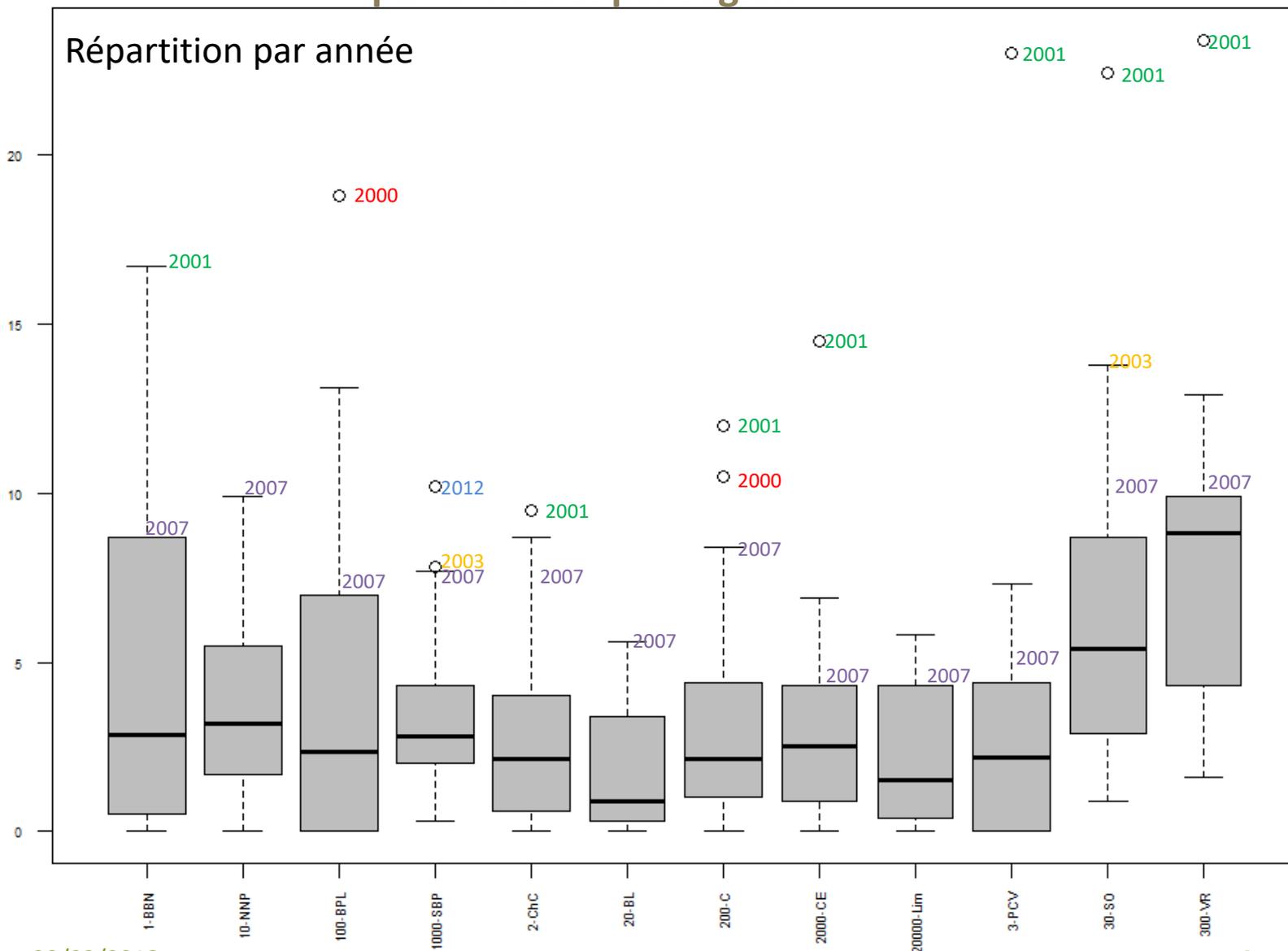
Nord Ouest

Nord Est

Sud

# Fréquence de l'incidence de la Rouille brune par année et par région

Ecart de nuisibilité entre les variétés très sensibles à la rouille brune (note  $\leq 4$ ) et les variétés résistantes (notes  $\geq 7$ ), hors var TS RJ ou septo. En q/ha



Nord Ouest

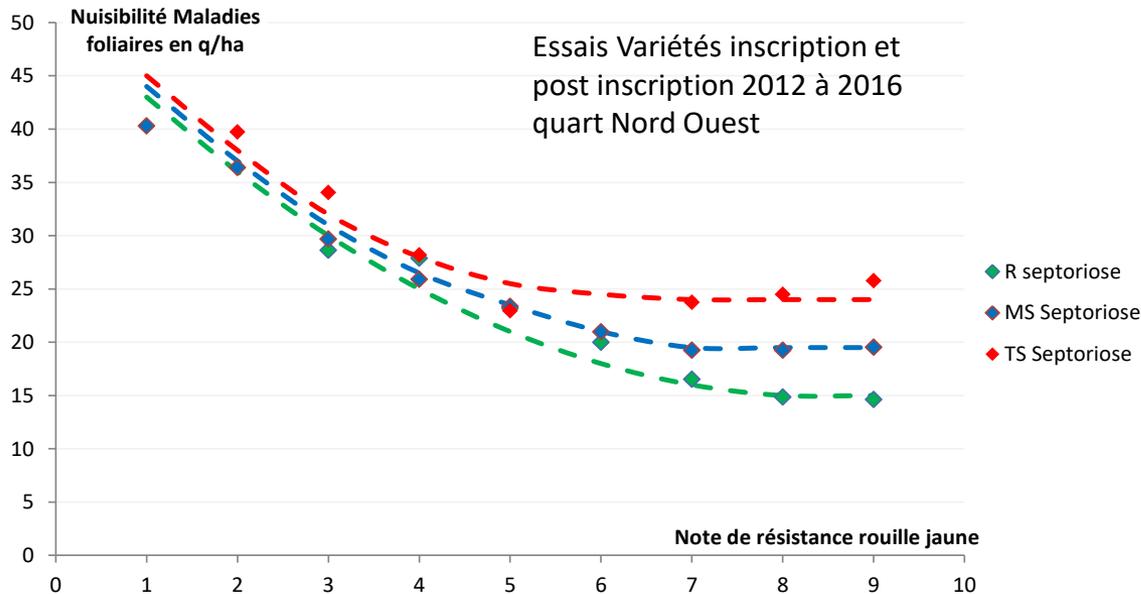
Nord Est

Sud

29/03/2018

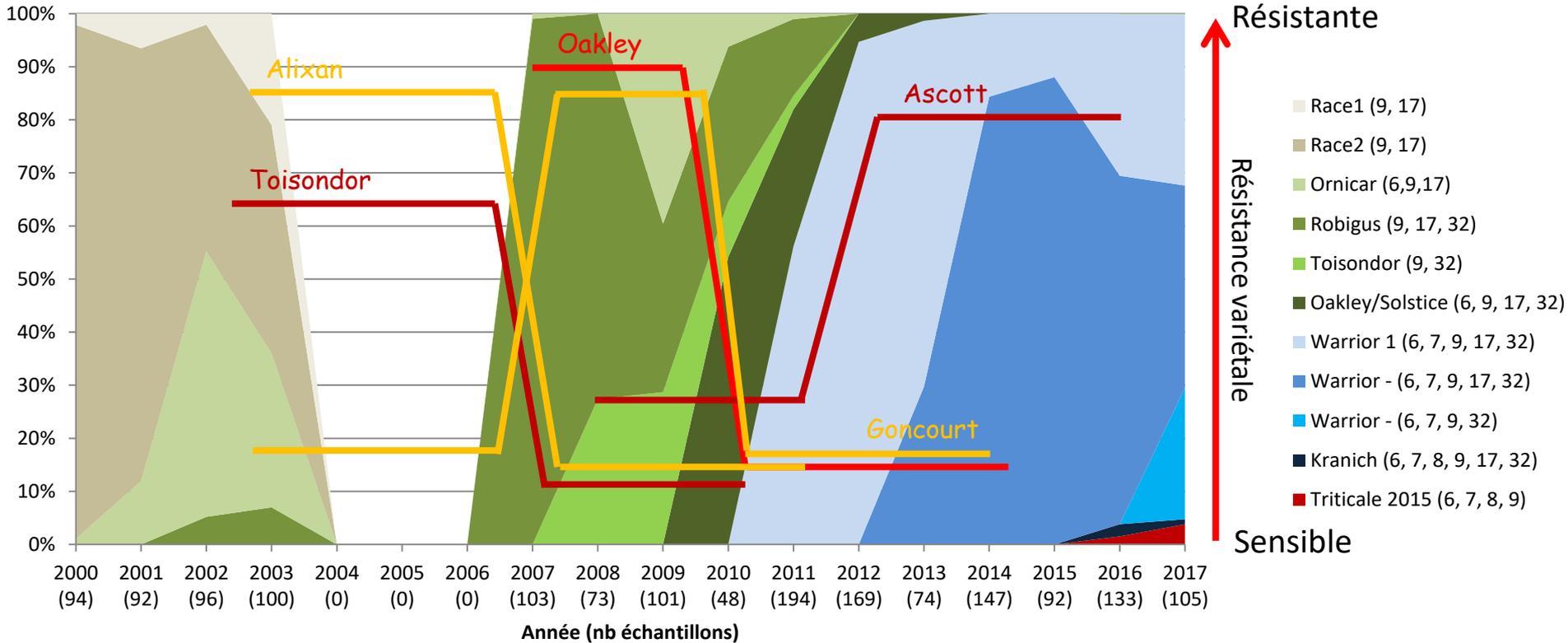


# La résistance variétale: un moyen de lutte efficace...



- La nuisibilité moyenne de la rouille jaune diminue rapidement lorsque la note de résistance variétale augmente
- Les variétés résistantes permettent d'éviter un traitement spécifique visant la rouille jaune
- La rouille jaune n'est pas la seule maladie qui attaque le blé

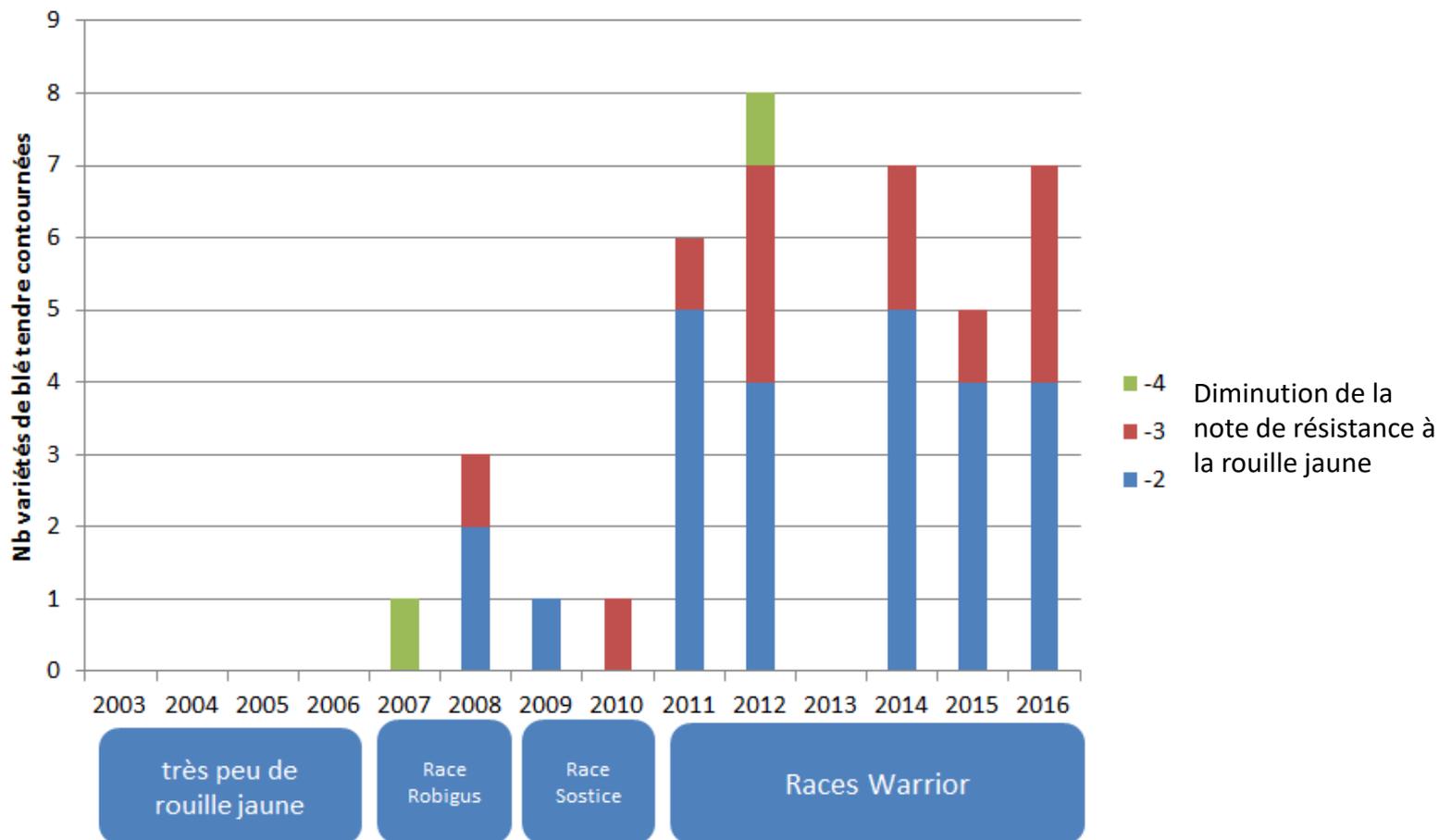
# ...mais parfois fragile ...



**Fréquences annuelles des principales races de rouille jaune prélevées en France sur blé tendre depuis 2000 (source des données : INRA BIOGER).**

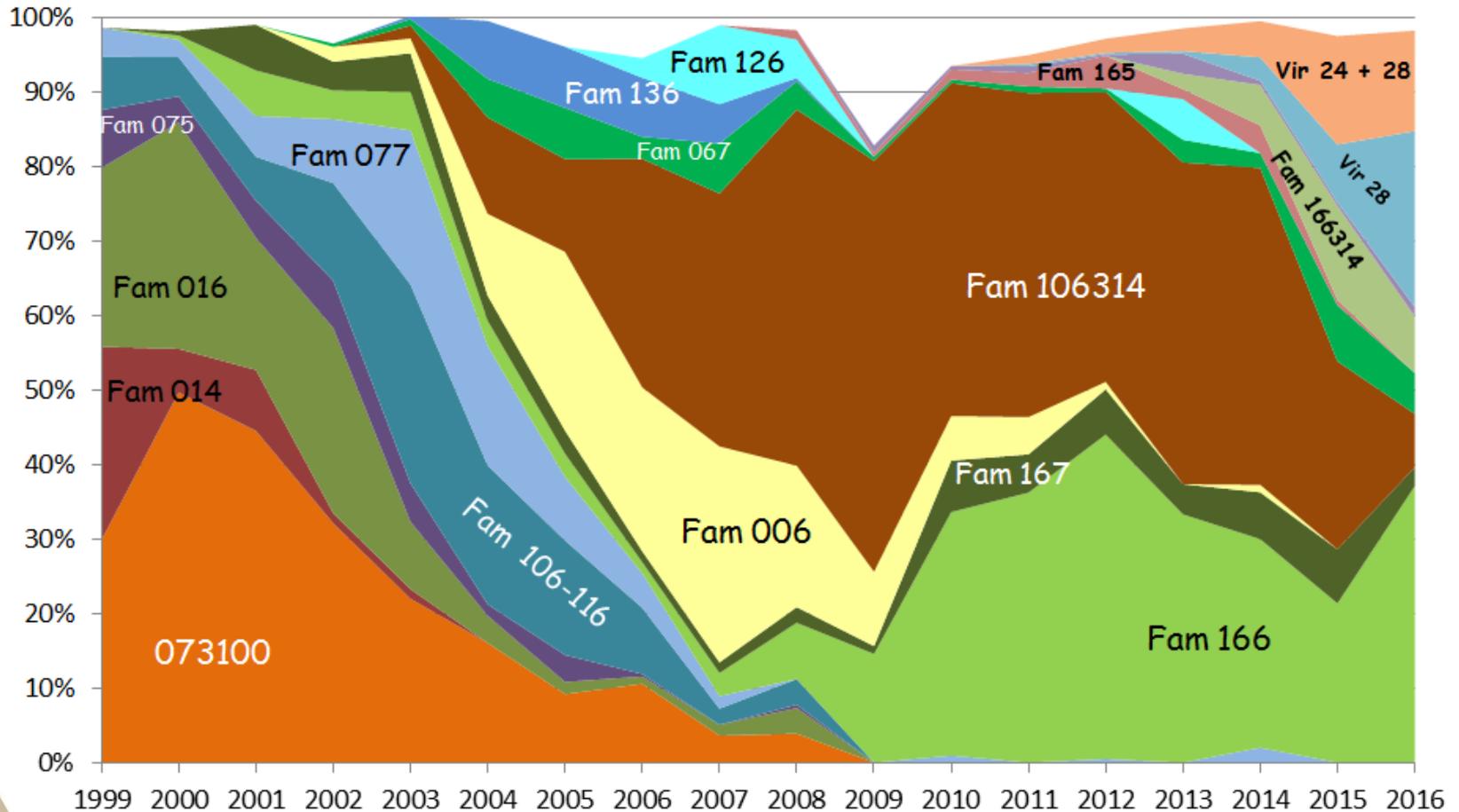
Les nombres indiqués derrière les noms de race indiquent leurs virulences parmi les gènes Yr 6, 7, 8, 9, 17, 32. En raison de l'absence d'épidémie entre 2004 et 2006, les données ne sont pas disponibles pour ces années là.

## ... en particulier depuis 2011



➤ Hausse de la fréquence des contournements observés en rouille jaune depuis 2011

# Une évolution des souches comparable en rouille brune



Fréquences annuelles des principales races de rouille brune prélevées en France sur blé tendre depuis 1999 (source des données : INRA BIOGER).



# Dispositif de caractérisation des variétés : le continuum inscription / post inscription

Caractérisation des variétés à l'inscription

Réseau CTPS : Observation des symptômes dans les parcelles non traitées

Essais inoculés avec les races majoritaires de l'année N-1

Suivi des résistances des variétés cultivées

Réseau post inscription : Observation des symptômes dans les parcelles non traitées

Essais inoculés avec les races majoritaires de l'année N-1

Surveillance annuelle des populations de rouilles (INRA BIOGER)

## Analyse de données

Modèles d'analyse des données tenant compte des effets d'interactions  
Variété x Année ou  
Variété x Race



Des notes de résistance par année, ou par race



Une note de résistance par variété publiée chaque année dans les catalogues et utilisée dans les OAD

29/03/



# Un modèle d'analyse des données : une note par variété et par race

➤ Un modèle mixte d'analyse de données :

$$RJ_{ij} = \text{VARIETE}_i + (1 | \text{ESSAI}_j) + (\text{RACE1} \times \text{VARIETE}_i) + (\text{RACE2} \times \text{VARIETE}_i) + \dots + (\text{RACE}_n \times \text{VARIETE}_i) + \varepsilon_{ij}$$

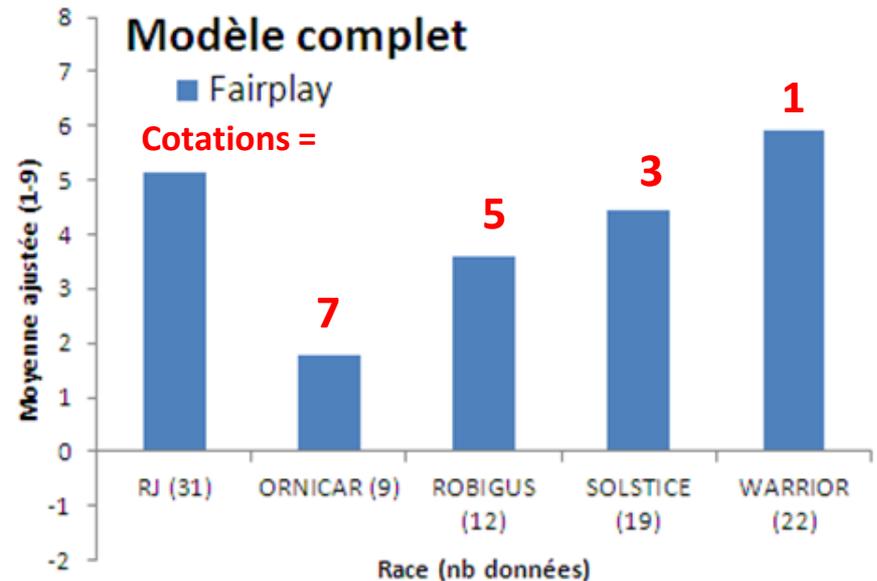
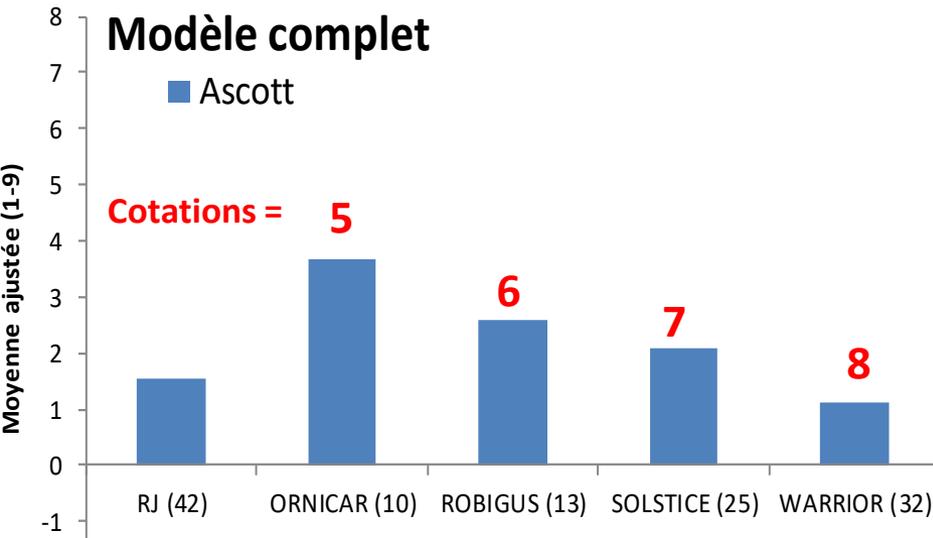
-RJ ij: % de rouille jaune observé sur la variété i et l'essai j

-Variété : effet global de la variété, niveau de résistance moyen à l'ensemble des races

-Essai : effet de l'essai, niveau de pression moyen de l'essai

-Race n = covariable quantitative, proportion de la race n dans la population présente dans l'essai. (enquête INRA BiOGER)

➤ Une note par variété et par race



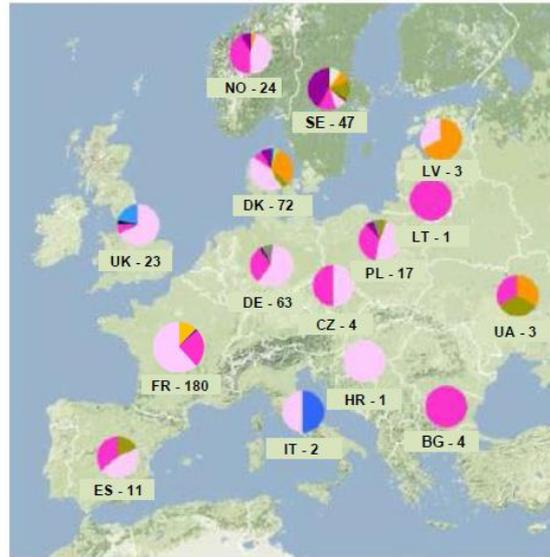
# Des essais européens pour mieux caractériser les variétés

## Spectre de virulences

 New-2016	- 2 - - 6 7 8 9 - - 25 32 Sp -
 PstS3+V2 V25	- 2 - - 6 7 8 - - - 25 - - -
 Hereford	- 2 3 - 6 7 8 - - - 25 32 - -
 Triticale 2006	- 2 - - 6 7 8 - 10 - - - - -
 Triticale 2015	- 2 - - 6 7 8 9 - - - - -
 Triticale 2016	- - - - 6 - 8 - - - - - - -
 Tulsa	- - 3 4 6 - - - - - 25 32 - -
 Kranich	1 2 3 - 6 7 8 9 - 17 25 32 - Amb
 Warrior 1	1 2 3 4 6 7 - 9 - 17 25 32 Sp Amb
 Warrior -	1 2 3 4 6 7 - 9 - 17 25 32 Sp -
 Oakley/Soltice	1 2 3 4 6 - - 9 - 17 25 32 - -
 Oakley + V7	1 2 3 4 6 7 - 9 - 17 25 32 - -
 autre	

➤ D'autres races présentes en Europe

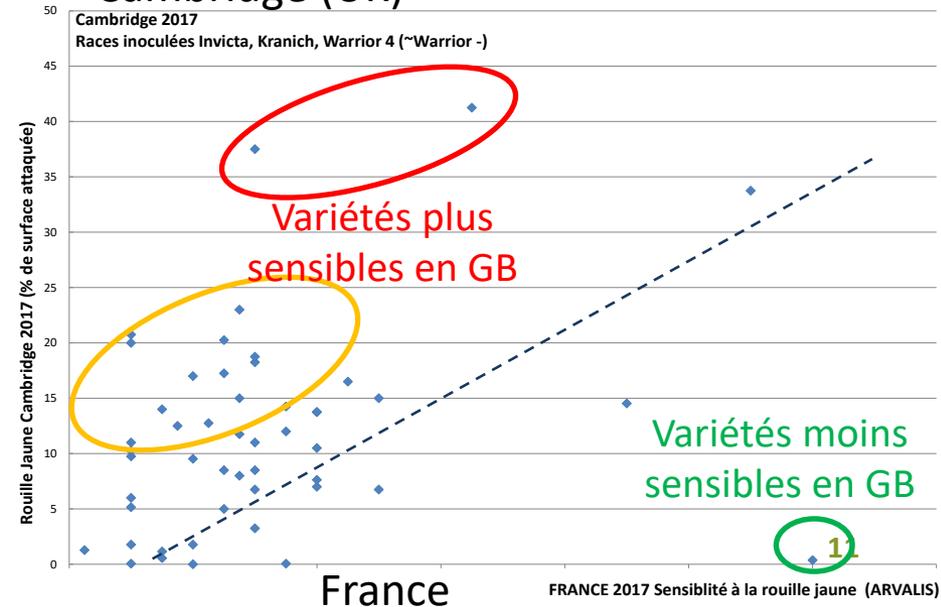
➤ Des méthodes homogènes de caractérisation des races



## Distribution des races de rouille jaune en 2016, GRRC 2016

➤ Un essai en Grande Bretagne pour caractériser les variétés françaises vis-à-vis de races de rouille jaune pas (encore) présentes en France

## Cambridge (UK)





# Apport marquage moléculaire

Gène spécifique : résistance totale : risque de contournement rapide (2-3 ans)

Gène non spécifique : résistance partielle, souvent multigénique, considérée plus durable

- Des variétés résistantes peuvent dissimuler des constructions génétiques très différentes

	Gènes spécifiques, non contournés	Présence de QTLs de résistance partielle	Niveau de résistance au champ		Risque de changement de comportement
			Avant contournement du gène A	Après contournement du gène A	
Variété 1	Gène A seul	Non ou peu	Résistant	Très sensible	Rapide (2-3 ans) et marqué
Variété 2	Gène A seul	Oui bon niveau	Résistant	Assez résistant	Lent, érosion progressive
Variété 3	Pyramidage des gènes : Gène A + B + C +...	-	Résistant	Résistant	Plusieurs contournements successifs nécessaires

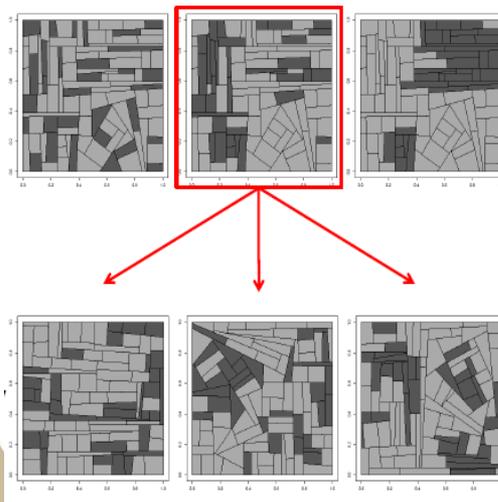
- Consolider la caractérisation des variétés, anticiper les risques de contournement
- La connaissance des gènes présents dans les variétés est importante à la gestion territoriale des résistances



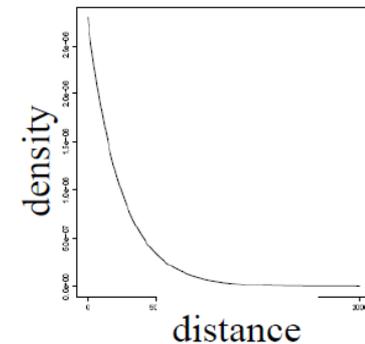
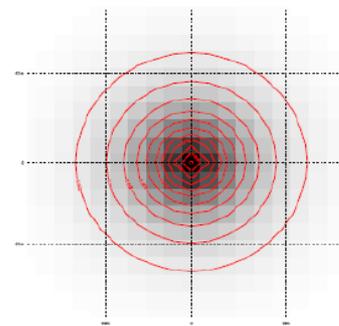
# Gestion territoriale des résistances

Organiser la diversité fonctionnelle pour répondre à un double objectif :

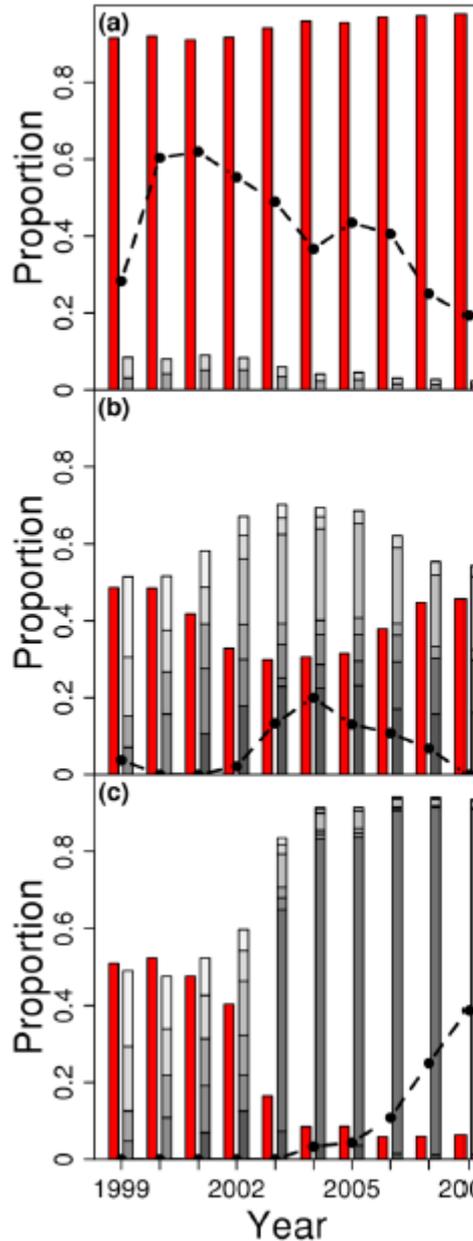
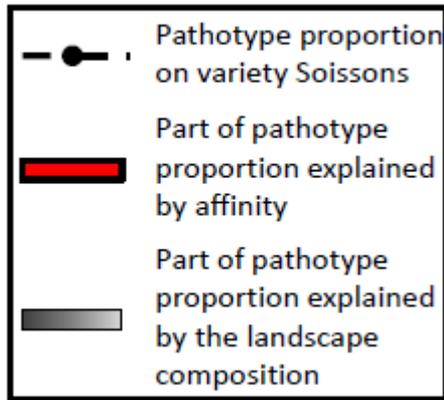
- Diminuer l'intensité des épidémies de rouilles à l'échelle d'un territoire
- Augmenter la durabilité des gènes de résistance



dispersal function



# Effet de la composition du paysage variétal sur le niveau de résistance d'une variété



073100 proportion mainly explained by its affinity for Soissons.

077317 proportion explained both by its affinity for Soissons and the other varieties.

106314 proportion mainly explained by the presence of Caphorn in the landscape.

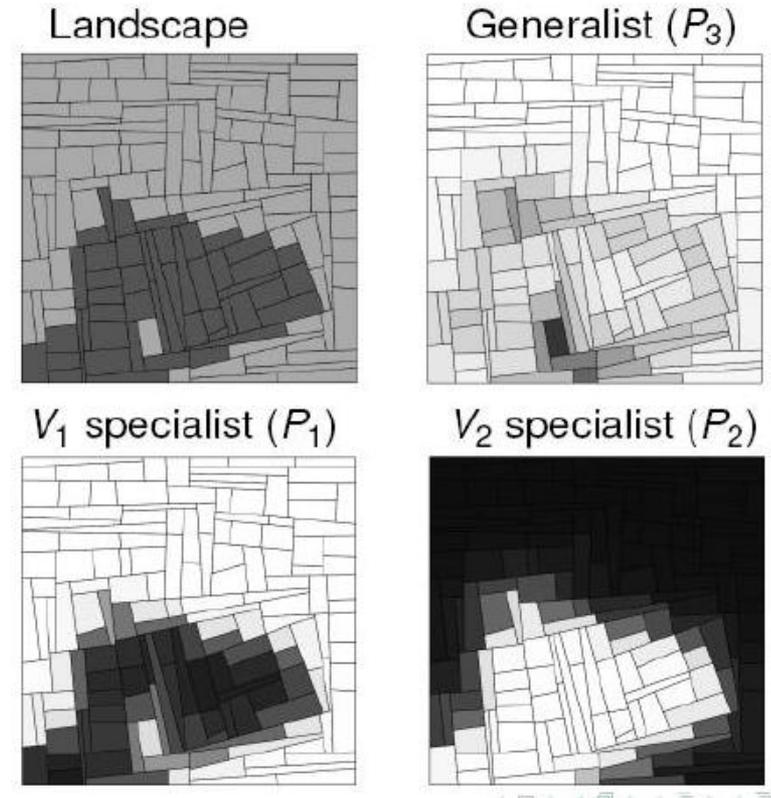
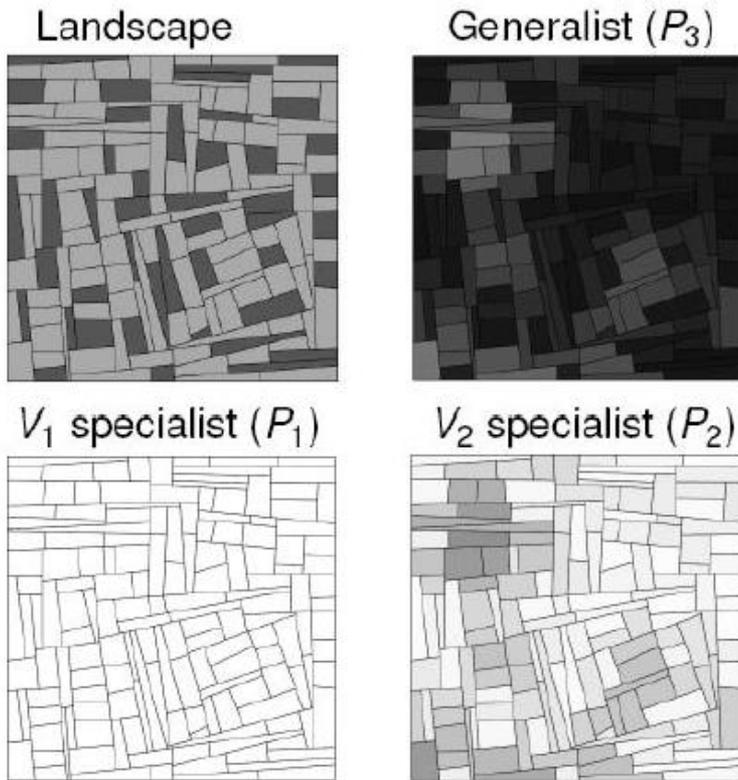
➤ La composition du paysage variétal influence bien le niveau de résistance observé des variétés en structurant les populations de rouille brune.



# Gestion des résistances au niveau du paysage

## Apport de la modélisation

- Apport de la modélisation pour tester les effets de l'organisation du paysage sur les risques épidémiologiques



**Sélection de populations  
parasites  
généralistes / spécialistes**



# Conclusions

- La résistance variétale est un moyen de lutte très efficace contre les rouilles, mais les contournements actuellement imprévisibles compliquent sa mise en œuvre.
- Importance des dispositifs d'évaluation des résistances qui doivent devenir plus précis, plus rapides et plus prédictifs.
- Développement des systèmes de surveillance à l'échelle européenne.
- Importance de la connaissance de la structure génétique de la résistance (plante / pathogène) pour caractériser les variétés et mettre en place des stratégies de gestion territoriale des résistances
- L'adoption de stratégies de gestion spatiale et temporelle des résistances semblent incontournables pour arrêter « la course à l'armement » entre résistances des plantes et virulences des pathogènes et ne plus dilapider des gènes.

La résistance à la rouille jaune (ou brune) n'est pas le seul critère. Le choix variétal est un compromis à faire parmi plusieurs dizaines de caractéristiques.