

# Recherche rétrospective de variétés de blé tendre caractérisées par des résistances durables à la rouille jaune en France basée sur la description du cycle de vie commercial

Rémi Perronne<sup>1,2</sup>, Solène Diguët<sup>1</sup>, Emma Girard<sup>1</sup>, Marc Leconte<sup>3</sup>,  
Philippe du Cheyron<sup>4</sup>, Claude de Vallavieille-Pope<sup>3</sup>, Jérôme Enjalbert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GQE – Le Moulon, INRA, Univ. Paris-Sud, CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91190 Gif-Sur-Yvette, France

<sup>2</sup>INRA, VetAgro Sup, UMR Ecosystème Prairial, 63000 Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup>UMR BIOGER, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France

<sup>4</sup>Arvalis-Institut du Végétal, route de Châteaufort, ZA des graviers, 91190 Villiers-le-Bâcle, France

# Contexte – blé tendre

- ❑ première céréale assolée en France
- ❑ dans le nord et une large partie du bassin parisien, blé tendre représente > 30% de la sole au cours de notre période d'étude (1981 – 2015)
- ⇒ influence de la composition paysagère variétale sur la pression pathogène

# Contexte – rouille jaune

- ❑ **pathogène majeur** causée par *Puccinia striiformis f.sp. tritici*
- ❑ reproduction clonale exclusive en Europe
- ❑ capacités de dispersion très longue distance
- ❑ pertes de rendement conséquentes dans des conditions épidémiques favorables (cond. climatiques, variété sensible, contexte agronomique, contournement de(s) gène(s) de résistance)
- ❑ récurrence d'épidémies majeures sur la façade maritime nord de la France depuis plus de quatre décennies

# Questions

- Les épidémies de rouille jaune ont-elles affectées le cycle de vie commercial des variétés de blé tendre en France?
- Peut-on identifier rétrospectivement des variétés de blé tendre présentant des sources probables de résistances durables via une caractérisation de leur cycle de vie commercial?

# Données disponibles

Données spatialisées disponibles chaque année 1984-2015:

- surface de chaque variété (par département)
- isolats de *Pst* reçus (par département)
- niveau de pression pathogène (bilan de campagne des AA-BSV, par région)

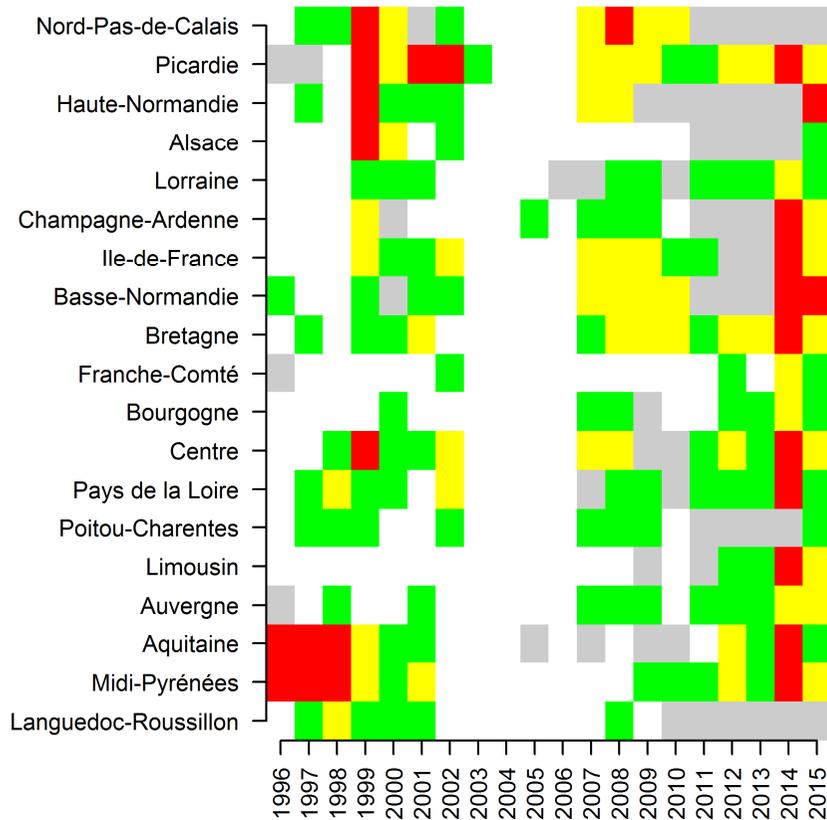
Données variétales:

- gènes de résistance spécifique *Yr*
- notes de résistance générale à la rouille jaune au champ
- généalogie

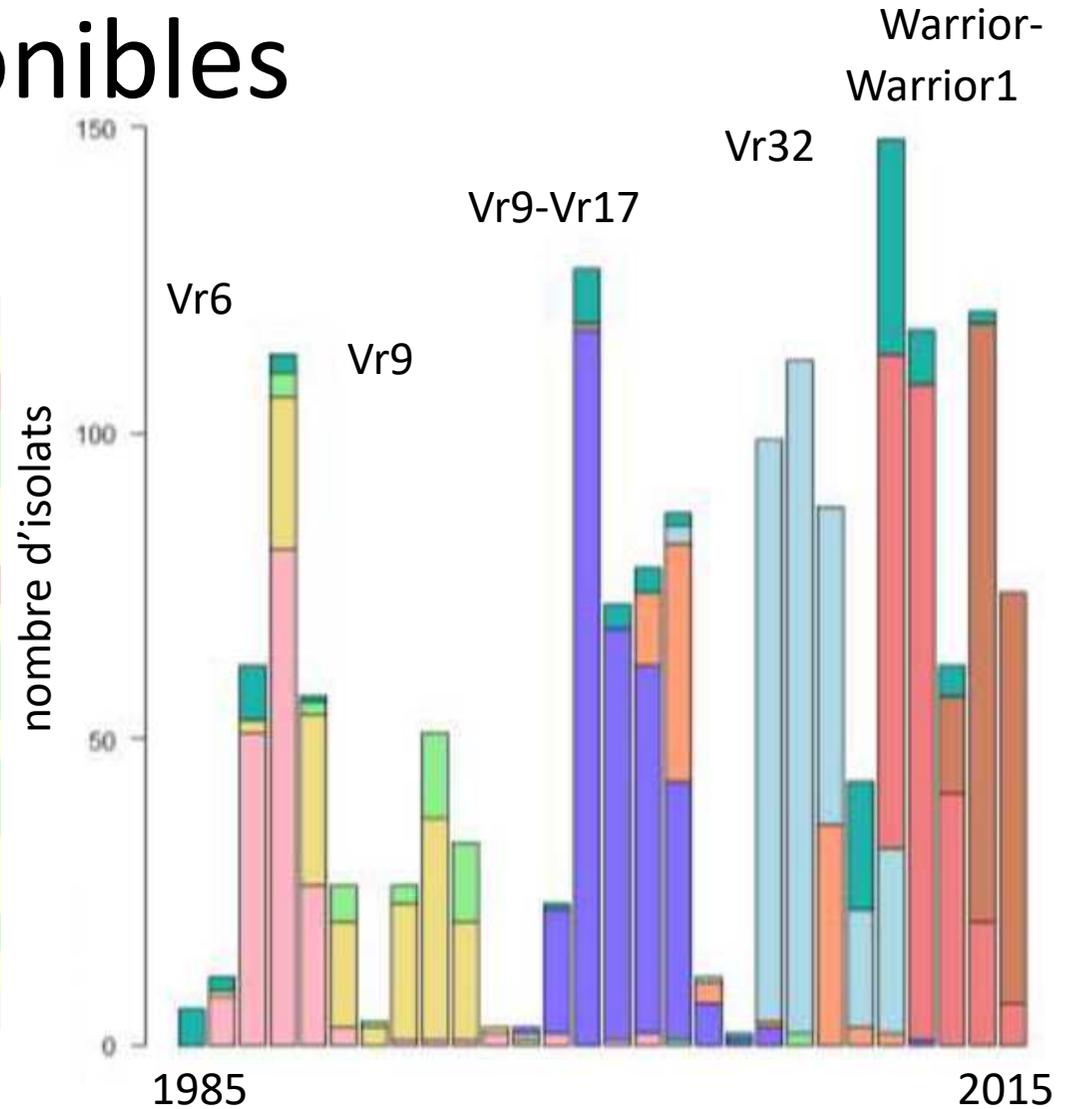
Données *Pst*:

- gènes de virulence *Vr*

# Données disponibles



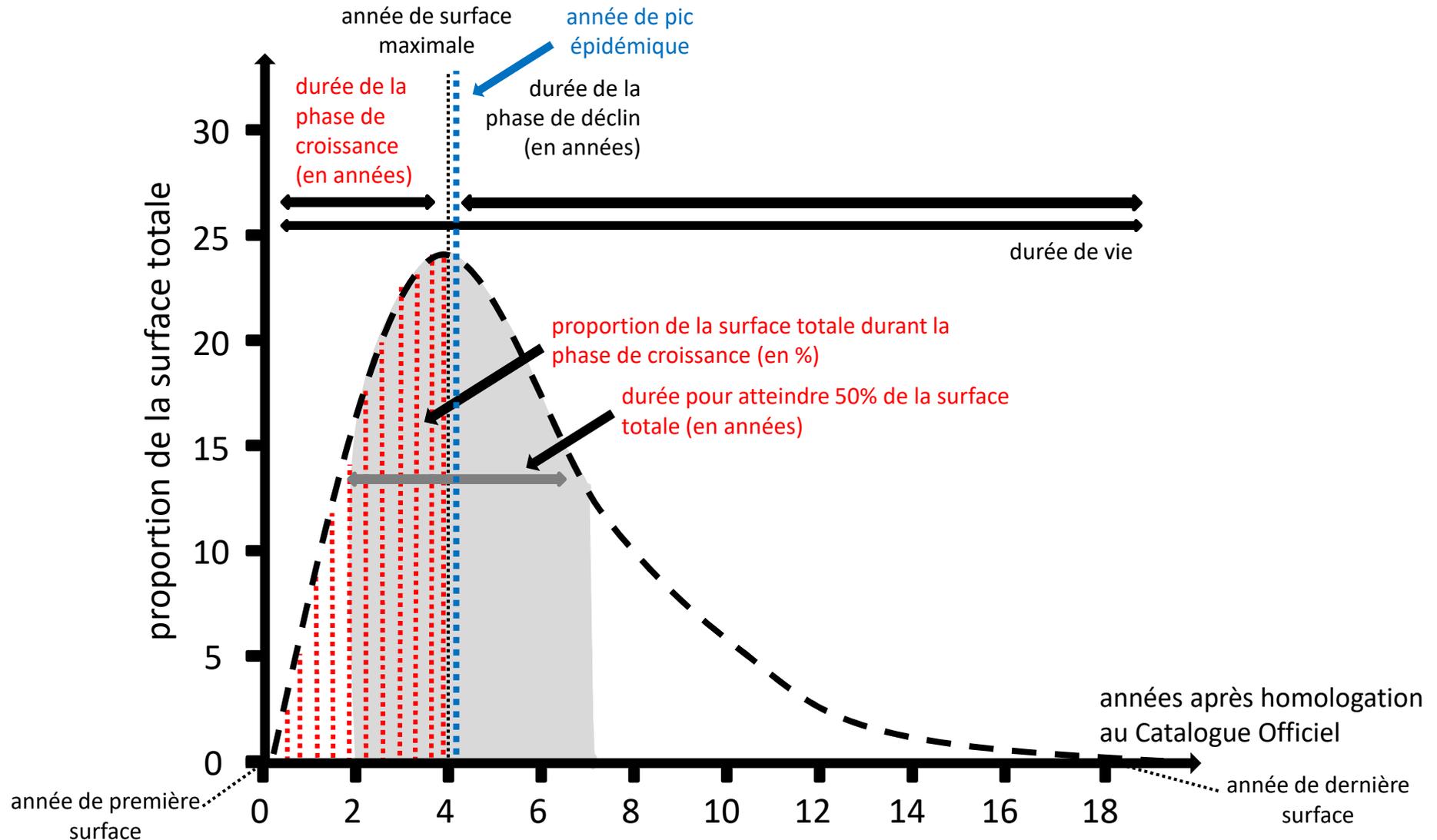
niveau de pression de rouille jaune (bilans de campagne des avertissements agricoles)



évolution du nombre d'isolats et des pathotypes de Pst (isolats reçus et caractérisés UMR BIOGER C. Pope)

# Description cycle de vie commercial

□ cycle de vie commercial: (1) croissance, (2) maturité, (3) déclin



# Choix préalables aux analyses

## Choix méthodologiques:

- ❑ variétés dont surface totale assolée > 10 000ha (retrait variétés peu assolées)
- ❑ données manquantes: ré-estimation par lissage
- ❑ présence de la variété l'année du pic épidémique, ainsi qu'au moins une année avant et une année après (hypothèse influence *Pst* sur cycle)
- ❑ date d'inscription au Catalogue Officiel proche de variétés connues pour avoir été contournées
- ❑ choix d'indicateurs décrivant cycles de vie préférentiellement non corrélés (mathématiquement et statistiquement) retenus sur la base d'hypothèses caractérisant un retrait rapide du marché suite à un contournement:
  - ❖ durée de la phase de croissance réduite
  - ❖ proportion des surfaces pendant la phase de croissance plus élevée
  - ❖ seulement quelques années (2-3) pour atteindre 50% de la surface totale
  - ❖ pic épidémique coïncide avec le début de la phase de déclin

# Définition régions homogènes

Critères de définition de régions agricoles homogènes:

- ❑ dominance d'un pathotype similaire entre départements (isolats reçus)
- ❑ composition variétale similaire du paysage au cours du pic épidémique (en tenant compte des surfaces relatives des différentes variétés)
- ❑ pic épidémique au cours de la même année (nombre d'isolats reçus + note de risque des bilans de campagne)
- ❑ vitesse de remplacement similaire des variétés (WAt)

⇒ Rem: dans la suite de l'étude, nous nous focaliserons sur une zone correspondant à la façade maritime nord de la France, essentiellement les départements du Nord, Pas-de-Calais, Seine-Maritime, Somme et Oise

# Confirmation du contournement

- présence de la variété l'année a dans la région r
- présence du pathotype l'année a dans la région r
- gènes de résistance de la variété v
- gènes de virulence du pathotype p

Variété	Yr 1	Yr 2	Yr 3	Yr 4	Yr 6	Yr 7	Yr 8	Yr 9	Yr 17	Yr 25	Yr 27	Yr 32	Yr Sd	Yr Su
RECITAL	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLEIPNER	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

(0) : absence de gènes de résistance, (1) : présence d'un gène de résistance

Pathotype	Avr 1	Avr 2	Avr 3	Avr 4	Avr 6	Avr 7	Avr 8	Avr 9	Avr 17	Avr 25	Avr 27	Avr 32	Avr Sd	Avr Su
232E137	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
45E140	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1

(0) : présence d'une virulence, (1) : avirulence associée à un gène de résistance

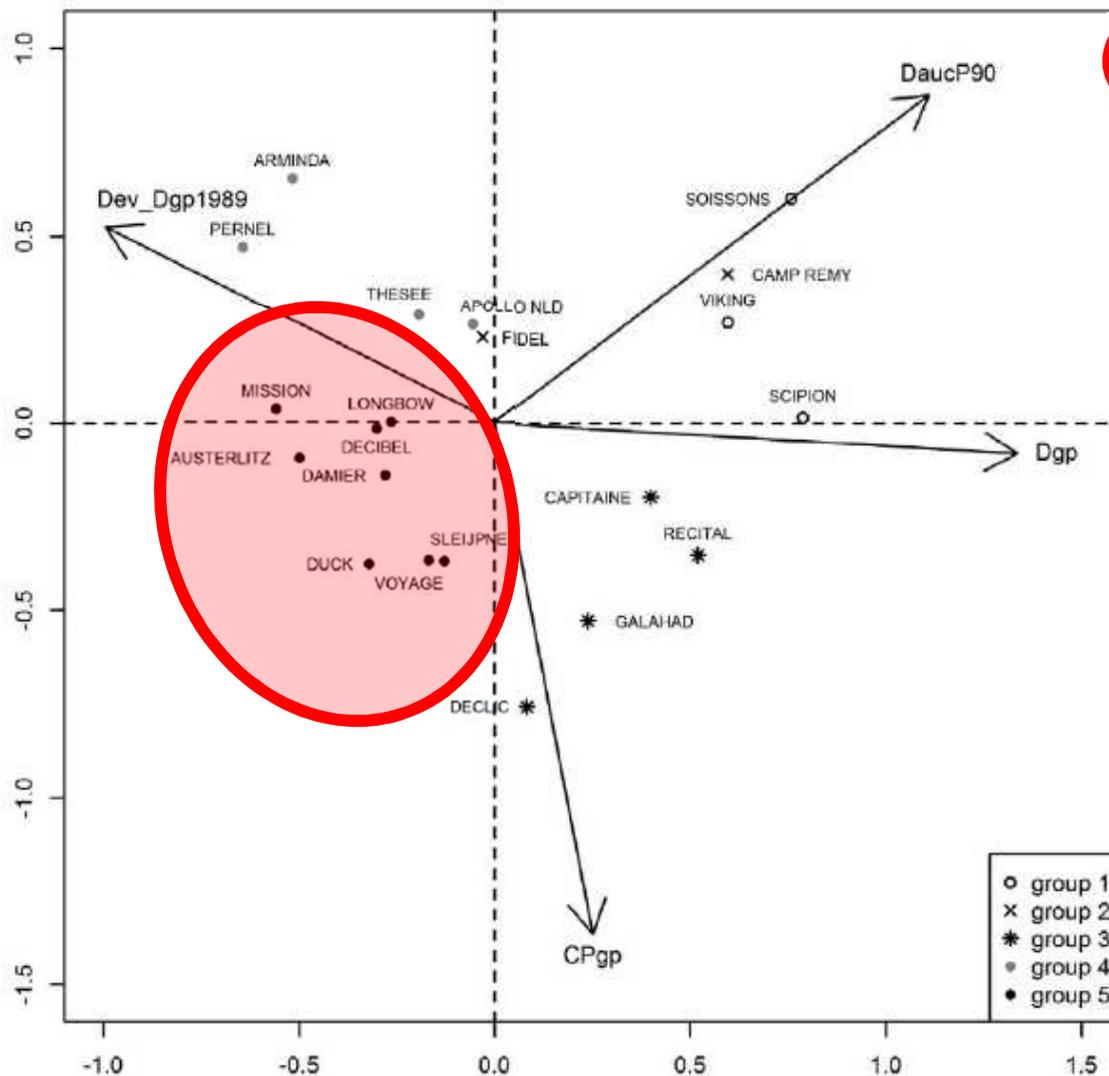
	RECITAL	SLEIPNER
232E137	1	0
45E140	0	1

RECITAL est résistante à 232E137 mais sensible à 45E140

SLEIPNER est sensible à 232E137 mais résistante à 45E140

Les épidémies de rouille jaune ont-elles affectées le cycle de vie commercial des variétés de blé tendre en France?

# ACP sur indicateurs cycle de vie

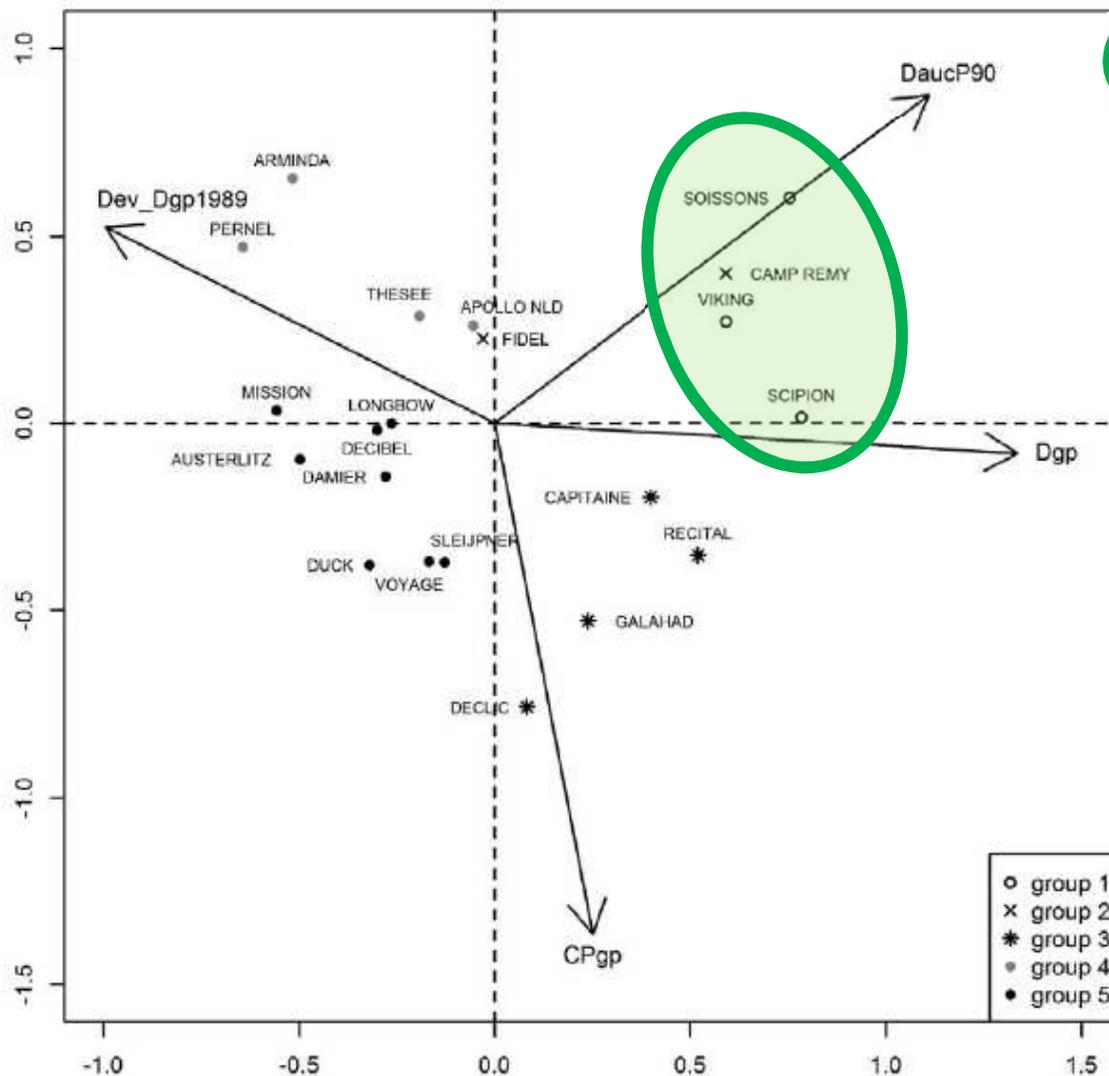


□ groupe 5: variétés présentant une durée de cycle de vie commercial réduite, une durée de phase de croissance réduite et une diminution des surfaces assolées juste après le pic épidémique de rouille jaune en 1989 (Vr6)

=> ces variétés étaient destinées à l'alimentation animale et caractérisées par une résistance générale faible, la moitié ayant par ailleurs été contournées. Le retrait rapide de ces variétés pourrait s'expliquer par leur nature substituable, d'autres variétés étant disponibles pour un usage similaire et présentant des résistances à la rouille jaune (ex. Apollo Nld)

Dev\_Dgp1989: nombre d'années entre le pic épidémique et le début de la phase de déclin ; DaucP90: nombre d'années pour atteindre 90% de l'assolement total de la variété ; Dgp: durée de la phase de croissance ; CPgp: proportion de l'assolement total de la variété lors de la phase de croissance (année maximum incluse)

# ACP sur indicateurs cycle de vie



□ groupe 1 + Camp Remy: variétés présentant une durée de cycle de vie commerciale longue, une durée de phase de croissance longue et ne présentant pas de diminution des surfaces assolées après le pic épidémique de rouille jaune en 1989 (Vr6)

=> ces variétés, destinées la panification et caractérisées par une résistance générale élevée, sont connues (Soissons, Camp Remy) ou supposées (sur base généalogique: Scipion) présenter des sources de résistance durable. L'épidémie de rouille jaune de la fin des années 1980 n'a donc pas affecté leur cycle commercial

Dev\_Dgp1989: nombre d'années entre le pic épidémique et le début de la phase de déclin ; DaucP90: nombre d'années pour atteindre 90% de l'assolement total de la variété ; Dgp: durée de la phase de croissance ; CPgp: proportion de l'assolement total de la variété lors de la phase de croissance (année maximum incluse)

# Conclusions

Les indicateurs ont permis de discriminer :

- ❑ les variétés sensibles (résistance contournée) sans rés. partielle, pour lesquelles le contournement a conduit à un retrait rapide du marché
- ❑ les variétés à résistance durable, pour lesquelles l'épidémie n'a pas affecté le cycle de vie, ni le niveau de résistance
- ❑ les variétés contournées mais non substituables, pour lesquelles l'épidémie n'a pas affecté le cycle de vie, malgré un contournement (ex. de Récital dans le bassin parisien), suggérant un usage accru de fongicides pour maintenir ces variétés malgré la pression maladie au cours de cette période

Pour plus de détails:

Perronne, R.\* , Diguet, S.\* , de Vallavieille-Pope, C., Leconte, M., Enjalbert, J. 2017. A framework to characterize the commercial life cycles of crop varieties: application to a case study, the influence of yellow rust epidemics on French bread wheat varieties. Field Crops Research 209: 159-167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.008>

Peut-on identifier rétrospectivement des variétés de blé tendre présentant des sources probables de résistances durables via une caractérisation de leur cycle de vie commercial?

# Choix préalables aux analyses

## Choix méthodologiques:

- ❑ même choix méthodologiques que précédemment

+

- ❑ variétés dont surface totale assolée > 100 000ha (conservation uniquement des variétés assez largement assolées)

- ❑ variétés cultivées durant au moins 10 ans (def de la résistance durable, Johnson 1984)

- ❑ choix d'indicateurs retenus sur la base d'hypothèses:

- ❖ proportion de la surface assolée lors de l'année d'assolement maximale

- ❖ proportion des surfaces pendant la phase de croissance plus élevée

- ❖ nombre d'années pour atteindre 95% de l'assolement total de la variété

- ❖ rapport de la proportion de surface par année de la phase de croissance sur la phase de déclin

# Liste des variétés identifiées

Variétés	Indicateurs du cycle commercial des variétés				Classes technologiques	Surface cultivée en hectares	Année d'homologation	Obtenteurs	Gènes de résistance de variétés
	Pmao	CPgp	DaucP95	RPgp_dp					
APACHE	14.5	43.2	13	0.5	BPS	412119	1998	Limagrain Europe (FR)	7 + 17
ARMINDA	18.8	45.2	10	0.2	BAU	595181	1977	D J Van der Have BV (NL)	RESISTANT
CAMP REMY	15.5	60.2	17	0.3	BPS	570698	1980	Unisigma (FR)	7+17
CLAIRE	19.0	66.9	10	0.5	(BAU-BB)	271923	1997	-	-
ISTABRAQ	12.6	75.5	10	2.7	BAU	274692	2003	-	RESISTANT
SCIPION	15.5	36.3	12	0.3	BP	169549	1981	UCOPAC Verneuil (FR)	3
SOISSONS	14.5	54.4	15	0.3	BPS	1027475	1988	Florimond Desprez Veuve et Fils (FR)	2

Pmao: proportion de la surface assolée lors de l'année d'assolement maximale ; CPgp: proportion des surfaces pendant la phase de croissance plus élevée ; DaucP95: nombre d'années pour atteindre 95% de l'assolement total de la variété ; RPgp\_dp: rapport de la proportion de surface par année de la phase de croissance sur la phase de déclin

# Liste des variétés identifiées

Variétés	Pathotypes de rouille jaune														Niveau général de résistance à la rouille jaune (données GEVES et Arvalis)
	différents pathotypes entre 1984 et 2015														
	Vr6 – Vr9				Vr17				Vr32		W1		W-		
APACHE ●	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	R	S	S	9↓8↓7
ARMINDA ●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6↑8
CAMP REMY ●	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S	S	7
CLAIRE ●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(9)
ISTABRAQ ●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(9)
SCIPION	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	8
SOISSONS ●	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	5↑7↓6

- 11 variétés ont été identifiées comme pouvant présenter une résistance durable sur la base de nos hypothèses (cycle de vie), parmi lesquelles 8 présentent une résistance > 7:
  - ❖ 6 sont déjà connues dans la littérature comme sources de résistance durable (●)
  - ❖ SCIPION est très probablement caractérisée par des sources de résistance durable (absence totale de Yr connus, généalogie multiples apports potentiels de Cappelle Desprez)

# Conclusions

- ❑ Les indicateurs ont permis de discriminer, pour une large part, les variétés présentant une résistance durable
- ❑ en croisant ces informations avec les virulences des pathotypes de *Pst*, les résistances des variétés et la littérature, cela a permis de vérifier que:
  - ❖ les différentes variétés « leaders » de cette période connues pour avoir présentées une résistance durable à *Pst* sont toutes identifiées
  - ❖ d'autres variétés sembleraient également présenter des sources de résistance durable, mais n'ont pour l'instant pas été étudiées
- ❑ Face à ce dernier constat, nous suggérons une généralisation de l'application de ce cadre d'analyse pour identifier de potentielles nouvelles sources de résistances durables (à échelle européenne), afin d'augmenter la durabilité de la résistance face à *Pst*. En particulier, les variétés peu employées comme parents car ayant eu un succès régional et non national (ex. Scipion), pourraient apparaître particulièrement intéressantes comme base pour les prochaines lignées



Je vous remercie de votre attention

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (LabEx BASC ; ANR-11-LABX-0034)

