L'évaluation de la résistance des variétés aux bioagresseurs: un des aspects de l'innovation variétale

V. Grimault[1], S. Perrot[1], V. Cadot[2], J. Léchappé[1]

1 : GEVES Station Nationale d'Essais de Semences, rue Georges Morel, BP 90024, 49071 Beaucouzé Cedex

2 : GEVES, Secteur d'Etudes des Variétés, 49250 Brion

Correspondance : valerie.grimault@geves.fr

Résumé

L'évaluation de la résistance des variétés aux bioagresseurs constitue un des maillons de l'innovation variétale et permet de décrire les variétés en étude pour l'inscription au catalogue officiel français (CTPS) dans le cadre des études DHS et VAT et pour la protection des obtentions végétales (DHS). Elle repose sur l'utilisation de protocoles représentatifs des réalités du terrain, fiables et reproductibles par rapport aux situations épidémiologiques que rencontreront les variétés inscrites au niveau de leur commercialisation. Cela peut être obtenu par la mise en œuvre de programmes d'harmonisation des protocoles au niveau européen pour la DHS, en ayant recours à du matériel de référence validé et harmonisé et au moyen de collaborations avec des instituts de recherche pour le suivi épidémiologique des souches.

Mots-clés : résistance, CTPS, inscription variétale, protection,

Abstract: Evaluation of variety resistance to pathogens and pests is a key aspect of variety innovation

Evaluation of resistance of varieties to pathogens and pests is part of the process of variety innovation and allows description of varieties for their registration (DUS and VCU) and protection (DUS). It is based on the use of protocols relevant to plant production conditions, reliable and reproducible compared to epidemiological situations that registered varieties will meet to during their market life. This can be obtained by setting up programs of protocol harmonization of DUS throughout Europe, use of validated and harmonized reference material and collaborations with public institutes for epidemiological studies on isolates.

Keywords: resistance, CTPS, variety registration, protection

Introduction

La résistance des variétés aux bioagresseurs est au cœur de l'innovation variétale et son importance s'accroît depuis le Grenelle de l'environnement et la volonté de diminuer les traitements chimiques. Les enjeux de demain passent, au niveau de la sélection variétale, par l'introduction dans les variétés commerciales de résistances génétiques durables aux bioagresseurs (virus, bactéries, champignons, nématodes). Après cette phase de sélection, et avant commercialisation, les variétés doivent être inscrites au catalogue officiel et peuvent être protégées par un Certificat d'Obtention Variétale, au niveau national ou européen. L'évaluation de la résistance des variétés constitue une des épreuves des variétés en étude pour l'inscription et la protection.

Dans quel cadre l'évaluation de la résistance des variétés au GEVES est-elle réalisée ?

La résistance des variétés aux bioagresseurs est évaluée par le GEVES dans le cadre :

- De l'inscription des variétés au catalogue officiel, pour le compte du Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS), avec comme objectif de favoriser le progrès génétique en favorisant l'inscription des variétés résistantes
  - Pour la Distinction Homogénéité Stabilité (DHS) (principalement pour les potagères et pour les grandes cultures), en cas de problèmes de distinction.
  - Pour la Valeur Agronomique et Technologique (VAT) (pour les espèces de grandes cultures). Ainsi, dans le calcul de la cotation finale, qui doit être supérieure aux témoins VAT pour que la variété en étude soit acceptée, des bonus sont accordés pour les variétés résistantes de certains groupes d'espèces (céréales à paille, tournesol, colza, betterave,..) tandis que des pénalités (voire un refus VAT, en cas de seuil éliminatoire) sont rajoutées pour les variétés sensibles.
- De la protection des variétés, pour le compte de l'Office Communautaire des Variétés Végétales (OCVV), au niveau européen et du Comité de la Protection des Obtentions Végétales (CPOV), au niveau national
- Pour les obtenteurs, coopératives, firmes phytosanitaires… : en soutien à la filière semences.

Les caractéristiques de résistance des variétés décrites dans ce cadre doivent être basées sur des critères d'évaluation fiables et reproductibles, valables pour les différents marchés sur lesquels les variétés inscrites ou protégées seront commercialisées. Pour cela, le GEVES[6] anime des projets de recherche internationaux pour l'harmonisation des tests d'évaluation de la résistance des variétés. Ainsi, avec l'OCVV et nos homologues européens, nous avons coordonné un projet sur trois ans qui a abouti à la publication de sept protocoles officiels par l'OCVV pour l'évaluation de la résistance des variétés de tomate et de haricot. Ces protocoles ont été validés dans trois laboratoires européens et du matériel de référence, souches et témoins résistants et sensibles, a été défini. Nous avons monté un nouveau programme avec six partenaires européens, qui est en cours d'examen par l'OCVV, pour harmoniser des protocoles d'évaluation de la résistance des variétés de laitue, pois et piment aux bioagresseurs. Par ailleurs, le GEVES participe à des groupes de travail au sein de l'ISF (International Seed Federation) et de l'APS (American Phytopathological Society) pour la codification des pathogènes et la définition des hôtes différentiels.

L'activité d'évaluation de la résistance des variétés au GEVES

Le GEVES évalue la résistance des variétés aux virus, bactéries, champignons et nématodes. Cette activité est en constante évolution et diversification du fait du besoin croissant de résistances durables et de leur évaluation dans le cadre de la DHS et VAT, de l'évolution des pathogènes avec l'apparition de nouvelles races ou de nouveaux pathotypes, de la diminution des traitements disponibles.

Sur le plan opérationnel, les tests qui étaient historiquement réalisés par l'INRA en lien avec les programmes de recherche sont aujourd'hui transférés au GEVES.

Pour toutes ces raisons, au laboratoire de pathologie de la Station Nationale d'Essais de semences (SNES), le nombre de couples hôtes/pathogènes maîtrisés qui était de 5 en 1993 a augmenté graduellement pour atteindre 36 en 2008 (Figure 1). En 2009, des travaux de recherche finalisée sont en cours pour transférer ou mettre au point sept nouveaux couples hôtes/pathogènes.

Figure 1 : Evolution entre 1993 et 2008 des couples hôtes/ bioagresseurs maîtrisés dans les tests de laboratoire à la SNES (GEVES).

1993		
Espèces	**Pathogènes**	**Races**
Betterave	*Cercospora*	
Laitue	*Bremia*	15 races
	LMV	
Luzerne	*Verticillium*	
Tournesol	*Plasmopara*	3 races

2003		
Espèces	**Pathogènes**	**Races**
Betterave	*Heterodera*	
Crucifères	*Heterodera*	
Fraisier	*Colletotrichum*	2 races
Haricot	BCMV	
	Colletotrichum	
	Pseudomonas	
Laitue	*Bremia*	15 races
	LMV	
Luzerne	*Dytilenchus*	
	Verticillium	
Melon	*Fusarium*	2 races
Pois	*Ascochyta*	
	Fusarium	
	BYMV	
Pomme de terre	*Globodera rost.*	
	Globodera pal.	
Ray-grass	*Xanthomonas*	
Tomate	*Cladosporium*	
	Fusarium	2 races
	FORL	
	Stemphylium	
	TMV	
	Verticillium	
Tournesol	*Plasmopara*	4 races

2006		
Espèces	**Pathogènes**	**Races**
Betterave	*Heterodera*	
Crucifères	*Heterodera*	
Fraisier	*Colletotrichum*	2 races
Haricot	BCMV	
	Colletotrichum	
	Pseudomonas	
Laitue	*Bremia*	15 races
	LMV	
Luzerne	*Dytilenchus*	
	Verticillium	
Melon	*Fusarium*	2 races
Piment	PVY	3 races
	TMV	
	PMMV	3 races
Pois	*Ascochyta*	
	Fusarium	
	BYMV	
Pomme de terre	*Globodera rost.*	
	Globodera pal.	
Ray-grass	*Xanthomonas*	
Tomate	*Cladosporium*	
	Fusarium	3 races
	FORL	
	Stemphylium	
	TMV	
	Verticillium	
Tournesol	*Plasmopara*	9 races

2008		
Espèces	**Pathogènes**	**Races**
Betterave	*Heterodera*	
Crucifères	*Heterodera*	
Fraisier	*Colletotrichum*	2 races
Haricot	BCMV	
	Colletotrichum	
	Pseudomonas	
Laitue	*Bremia*	15 races
	LMV	
Luzerne	*Dytilenchus*	
	Verticillium	
Mâche	Peronospora	2 races
Melon	*Fusarium*	2 races
Piment	PVY	3 races
	TMV	
	PMMV	3 races
	TSWV	
Pois	*Ascochyta*	
	Fusarium	
	BYMV	
Pomme de terre	*Globodera rost.*	
	Globodera pal.	
Ray-grass	*Xanthomonas*	
Tomate	*Cladosporium*	
	Fusarium	3 races
	FORL	
	Stemphylium	
	TMV	
	Verticillium	
	TSWV	
Tournesol	*Plasmopara*	9 races
Céréales à paille	Rouille jaune	3-4 races
	Rouille brune	4-5 races
	Rouille couronnée	
	Piétin verse	
	Fusarium	2 espèces
	Septoria	

Un de ces programmes, devrait permettre en 2011 de fournir à l'inscription, un nouveau critère de VAT basé sur la résistance des variétés de luzerne à l'anthracnose (*Colletotrichum trifolii*). Actuellement, 75 couples hôtes/races de bioagresseurs sont maîtrisés au laboratoire de pathologie et représentent 2070 tests par an, avec une activité majoritairement consacrée aux potagères (Figure 2).

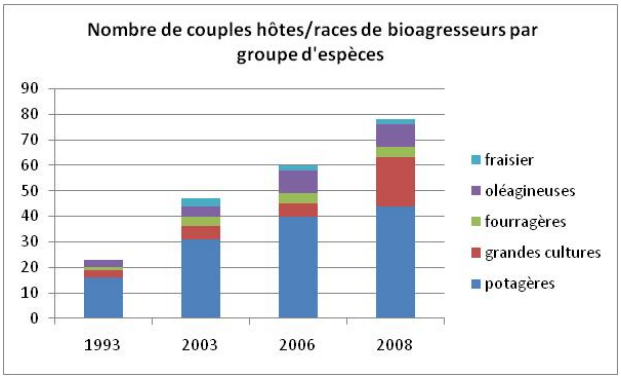
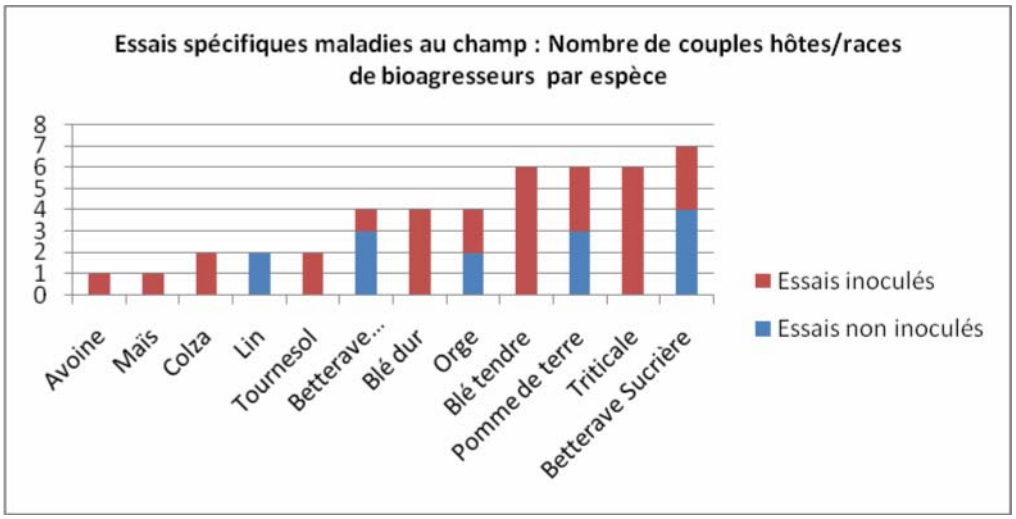


Figure 2 : Evolution entre 1993 et 2008 du nombre de couples hôtes/races de bioagresseurs maîtrisés dans les tests de laboratoire à la SNES (GEVES).

L'essentiel des tests de résistance en VAT a lieu au champ, soit au moyen d'essais spécialisés non traités, comprenant 45 couples hôtes/pathogènes (Figure 3), dont 31 couples comprennent une inoculation artificielle, soit via les réseaux nationaux d'essais VAT, par contamination naturelle, dans les principales zones de culture (Figure 4). Dans le cas des notations dans les réseaux nationaux d'essais VAT, 95 pathogènes, répertoriées dans les règlements techniques du CTPS ou les protocoles VAT, peuvent être notés, soit à des fins d'intégration dans les calculs de cotation VAT, soit juste à titre informatif. Le principe des tests de résistance repose sur la comparaison du comportement d'une variété en étude, à celui de témoins de référence résistants, résistants intermédiaires et sensibles. Les tests de résistance sont réalisés en module climatique, en serre ou au champ ; ils correspondent à des conditions allant du test le plus miniaturisé et contrôlé au test le moins miniaturisé et le moins contrôlé. Lorsque l'expression de certaines résistances en conditions naturelles n'est pas corrélée aux résultats des tests miniaturisés, les tests en champ sont mis en place.

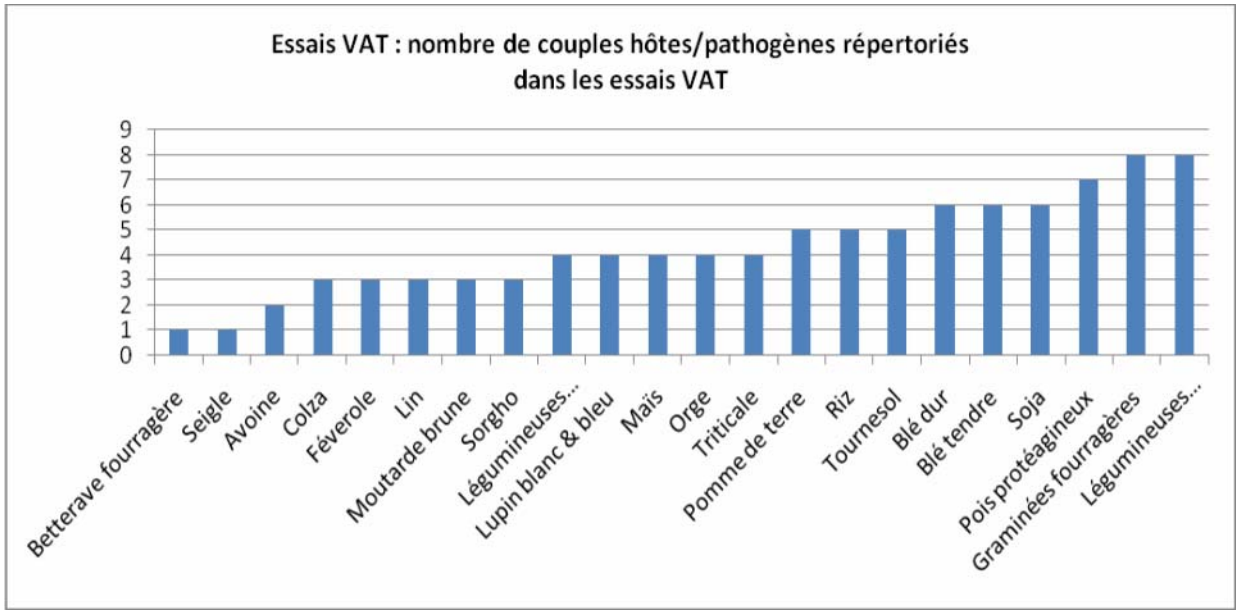
Figure 3 : Nombre de couples hôtes/races de bioagresseurs utilisés dans les essais maladies pour la VAT.



La classification des variétés est donc réalisée sur la base du phénotype et non du génotype de la variété en étude : c'est l'expression de la résistance qui est évaluée. En complément de ces biotests, le GEVES réalise des programmes de recherche finalisée visant à évaluer l'intérêt des marqueurs moléculaires de gènes de résistance dans le cadre de la DHS. Sur la base du jugement des variétés

par des critères phénotypiques, la stratégie du GEVES pour l'utilisation des marqueurs est tournée vers la confirmation des biotests par marquage.

Figure 4 : Nombre de couples hôtes pathogènes répertoriés dans les essais VAT.



Différents types de résistance sont évalués : des résistances totales (high resistance selon la codification de l'European Seed Association : ESA) ou partielles (Intermediate resistance selon la codification de l'ESA), donnant lieu à des notations des symptômes respectivement qualitatives (Figure 5) et quantitatives (Figure 6).

.



Figure 5 : Exemple de notation qualitative pour l'évaluation de la résistance du piment au TMV : variété résistante sans symptôme à gauche et sensible avec symptômes de mosaïque à droite dans la terrine



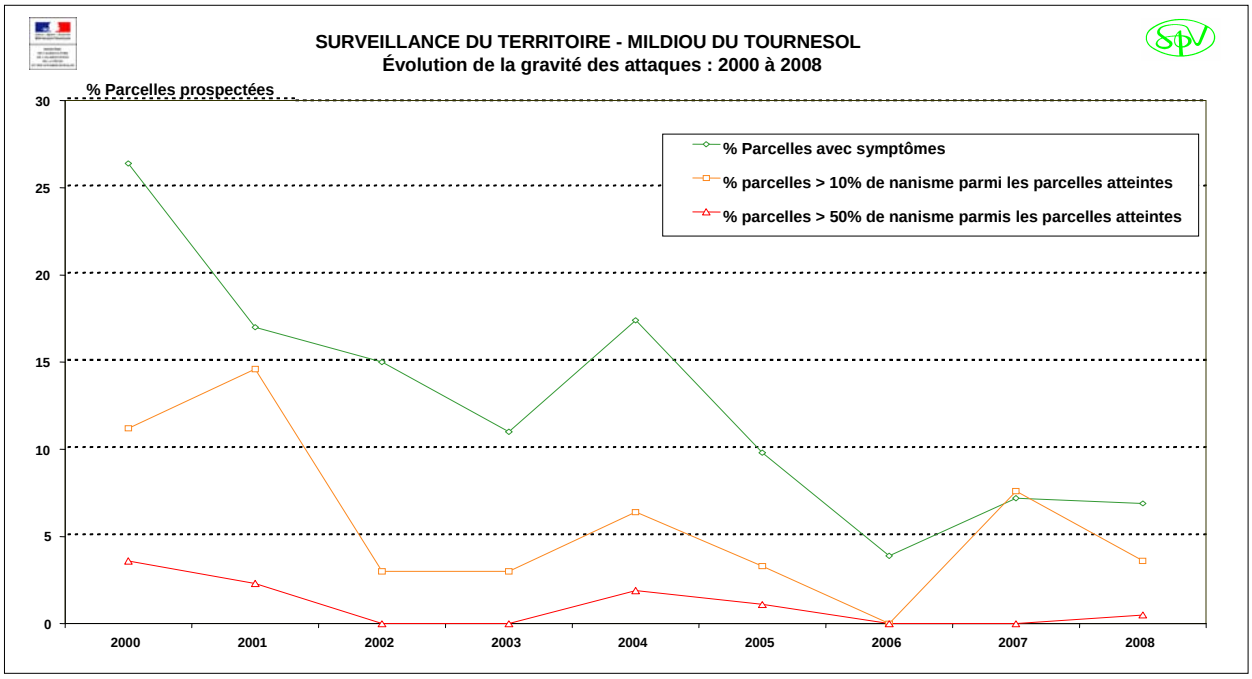
Figure 6 : Exemple de notation quantitative pour l'évaluation de la résistance du blé à *Fusarium roseum* : % épillets fusariés, notés sur 4 répétitions de 25 épis

Evaluation de la résistance des variétés : l'importance du matériel de référence représentatif de la réalité du terrain

Pour l'évaluation de la résistance des variétés, nous devons disposer de variétés de référence sensibles, résistantes et résistantes intermédiaires auxquelles les variétés en étude seront comparées. Les tests sont inoculés avec des souches de référence, et ces souches sont identifiées au niveau de la race ou du pathotype grâce à des hôtes différentiels. Ce matériel de référence est majoritairement disponible dans le réseau MATREF créé par le GEVES en 2002-2003, en collaboration avec les obtenteurs et l'INRA afin de mutualiser les tâches et le matériel : les variétés de référence, souches et hôtes différentiels sont identifiés, multipliés, évalués pour leur qualité germinative et sanitaire, puis conservés en double au sein du réseau et tous validés avant intégration dans un test officiel. Ils sont disponibles pour les membres du réseau et les différents acteurs de la filière semences, au niveau national et international.

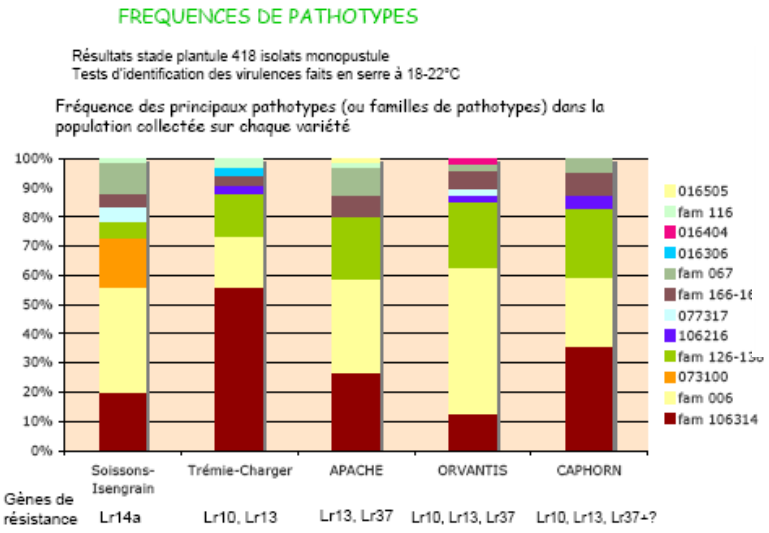
L'évaluation de la résistance des variétés aux bioagresseurs est représentative de la réalité épidémiologique du terrain et prend en compte l'apparition de nouveaux pathotypes ou races. Pour cela le GEVES collabore avec des instituts publics à des études d'épidémiologie et sur la variabilité des souches. Ainsi, pour le mildiou du tournesol, un suivi épidémiologique et une identification des races sont réalisés chaque année en collaboration avec le Service de la Protection des Végétaux, l'INRA et le Cetiom. Cette collaboration a abouti ces dernières années à la reconnaissance de l'installation sur le territoire français de cinq nouvelles races de *Plasmopara halstedii*. Le CTPS et le GEVES ont pris en compte cette donnée et l'évaluation de la résistance du tournesol au mildiou est passée de 4 à 9 races (Figure 1). Sur demande des obtenteurs, la résistance des variétés peut donc être décrite vis-à-vis des 9 races présentes en France. La connaissance de la répartition des races sur le territoire, issue des études épidémiologiques, peut alors permettre de raisonner l'implantation des variétés en fonction de celles des races. La surveillance du territoire et l'introduction des résistances sont des facteurs qui peuvent expliquer la diminution de l'incidence du mildiou du tournesol au cours de ces dernières années (Figure 7).

Figure 7 : Evolution de la gravité des attaques de mildiou du tournesol de 2000 à 2008 (source CETIOM et protection des végétaux).



De plus, dans le cadre des essais inoculés au champ pour la VAT, le GEVES, en relation avec les experts bioagresseurs du CTPS, collabore avec l'INRA pour choisir les races dominantes de rouille brune (*Puccinia triticina)* et de rouille jaune (*Puccinia striiformis)* des céréales à paille. Chaque année, l'INRA de Grignon, en relation avec les sélectionneurs et Arvalis, réalise des études épidémiologiques à partir des prélèvements reçus de toute la France afin de suivre les contournements de résistance spécifique, de déterminer les principales familles de races, avec les virulences les plus fréquentes en France, mais aussi pour déterminer les isolats pertinents pour évaluer la résistance quantitative, associée à une résistance partielle. Ainsi, concernant les races de rouille brune en 2009 sur blé tendre, les experts bioagresseurs ont approuvé le choix de 2 races dominantes dont la race 106314 (Figure 8), cumulant les virulences correspondant aux gènes de résistance des principales variétés cultivées : Lr10, Lr13, Lr14a, Lr37.

Figure 8 : Rouille brune : études épidémiologiques pour le choix des races CTPS en blé tendre, réalisées par H. Goyeau (INRA)



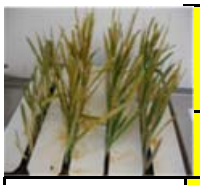


* 106 314 : race choisie en 2009 par les experts bioagresseurs pour les essais CTPS

Concernant les races de rouille jaune sur blé tendre au stade adulte, l'INRA a

proposé en 2009 aux experts bioagresseurs trois races (Figure 9), cumulant les virulences les plus fréquentes : notamment V6, V7, V17 mais aussi V32 qui a contourné récemment le gène de résistance Yr32, présent dans la variété Toisondor. Une nouvelle race, réunissant les virulences V6, V17 et V32, est apparue en Grande Bretagne mais pas encore en France. Sa venue sera étroitement surveillée en 2010 ...

3 races en 2009



	106	V17 233	V17 237
	139	169	141
V1	-	X	X
V2 (heines VII)	X	X	X
V2 (Kalyansona)	X	X	X
V3a + 4a	X	X	X
V3b + 4b	X	X	X
V6	-	-	X
V7	X	-	-
V9	-	X	X
V8	-	-	-
SD	X	X	X
CV	-	X	-
SU	X	X	X
Sp	-	-	-
A+ ??	-	-	-
17	-	X	X
32	-	X	-

Figure 9 : Rouille jaune : Choix des 3 races CTPS en 2009 dans les essais inoculés de blé tendre, proposé par C. Pope (INRA)

Conclusion

L'évaluation de la résistance des variétés réalisée au GEVES constitue un des maillons de l'évaluation de l'innovation variétale réalisée dans le cadre du CTPS. Cette évaluation est réalisée dans un objectif d'accompagnement et d'orientation du progrès génétique, afin de disposer de variétés adaptées à leurs conditions de culture, notamment dans un contexte de diminution des intrants.

Références bibliographiques

Grimault V., Girault C., Aligon S., Herbert O., Molinero-Demilly V., 2007. Évaluation et optimisation du test français de résistance au nématode à kystes, des variétés de crucifères fourragères (moutarde blanche et radis fourrager). Séminaire CTPS 25 Avril 2007, Paris, France.

Penaud A., 2008. Compte rendu de réunion du Groupe interprofessionnel Mildiou du tournesol, 21/10/08

Perrot S., Smilde D., Elvira M., Moyano C., Boulineau F., Calvache D., van Ettekoven K., Molinero V., Cadot V., Grimault V., 2008. Harmonization of resistance tests to diseases of vegetable crops in EU. Eucarpia 18th Congress September 2008.