

La rouille jaune menace-t-elle la culture du blé en Suisse ?

Fabio Mascher, Michel Habersaat et Stefan Kellenberger, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon

Renseignements: Fabio Mascher, e-mail: fabio.mascher@acw.admin.ch, tél. +41 22 363 47 33



Figure 1 | Feuilles de blé fortement infectées par la rouille jaune, produisant une grande quantité d'urédospores.

Introduction

Parmi les maladies du blé présentes sur le territoire helvétique, la rouille jaune n'apparaît que très rarement. Toutefois, lors d'épidémies, la maladie peut provoquer des pertes de rendement très importantes (Kobel 1961). La dernière épidémie de rouille jaune en Suisse a eu lieu entre 2000 et 2002 et n'a concerné qu'un petit nombre de variétés, en particulier le blé biscuitier Arbola et le triticale Prader (Michel 2001). L'épidémie s'est très vite

répandue sur tout le territoire suisse. La survenue et la propagation de l'épidémie ont probablement été déclenchées par des conditions climatiques propices (Chen 2005) et par l'apparition d'une nouvelle souche du pathogène portant la virulence Yr17, encore inconnue en Suisse jusqu'à cette date-là (résultats non publiés). L'agent causal de la rouille jaune est le champignon *Puccinia striiformis* fsp. *tritici*. Il colonise les feuilles, avec des pustules jaunes en forme de stries le long des nervures. Lorsqu'elles sont mûres, les pustules éclatent pour

libérer un grand nombre de spores jaunes dorées (fig. 1). Cette infection engendre une réduction importante de la surface foliaire utile et une perte d'assimilats dues au parasite, conduisant à des pertes de rendement très sensibles (Sharma *et al.* 1985).

La diversification du champignon en races physiologiques, primordiale pour assurer son succès en tant que parasite, lui permet de contourner les gènes de résistance laborieusement introduits par les sélectionneurs (Fossati et Brabant 2003; Johnson 1992). Chaque race physiologique est généralement définie par les gènes de résistance qu'elle est capable de contourner. La référence expérimentale des gènes de résistance est constituée par des lignées différentielles de blé et d'espèces apparentées (McIntosh *et al.* 1995). Selon la théorie de la relation «gène pour gène», l'hérédité de la résistance de l'hôte et la capacité du parasite à infecter l'hôte se basent sur des paires de gènes complémentaires (Manners 1988). Dans le cas de la plante hôte, on parle de «gène de résistance» (R), alors que pour le parasite, on parle de gène d'«avirulence» (Avr). En pratique, cela signifie qu'une plante qui exprime un certain gène R est résistante envers un pathogène exprimant le gène Avr, qui lui permet de reconnaître le pathogène. Ainsi, une mutation ou l'absence d'un gène Avr permet au pathogène de contourner la résistance de la plante. Les lignées différentielles portent donc un ou plusieurs gènes R connus. En Europe, les races de rouille jaune sont classées sur la base de sets européen et mondial de variétés différentielles de blé utilisant un codage binaire (Johnson *et al.* 1972).

Résumé ■ En 2008, deux foyers de rouille jaune ont été découverts sur du blé d'automne dans des essais variétaux conduits en Argovie et Thurgovie. Après isolation et purification, le spectre de virulence des souches a été déterminé sur des variétés différentielles. Deux types de virulence, Yr4 et Yr32, jusqu'ici absents du territoire suisse, ont été mis en évidence. Ceux-ci ont déjà été répertoriés dans le nord de l'Europe au cours des années 90; leur migration vers le sud a été enregistrée en 2007 en France et en 2008 en Suisse, par le biais de ce travail. Les tests de résistance en serre avec ces nouvelles souches ont révélé que les variétés de blé cultivées en Suisse ont une bonne résistance contre ces nouvelles virulences. La présence annoncée de souches munies d'autres gènes de virulence en Europe exige de poursuivre la surveillance des pathogènes mise en place par Agroscope, les service de protection des végétaux des cantons, l'EPF de Zurich, Getreidezüchtung Peter Kunz et par l'interprofession.

Tableau 1 | Nom et origine des souches de rouille jaune utilisées dans ce travail

Nom	Année isolation	Lieu d'origine	sur variété
Ps 1688	2008	Birr AG	inconnu
Ps 1689	2008	Ellighausen TG	Cambrena
Ps 1690	2008	Ellighausen TG	Papageno
Ps 1691	2008	Changins VD	Fiorina
Ps 771	2001	Lindau ZH	Prader (triticale)
Ps 773	2001	Changins VD	Prader (triticale)
Ps 823	2001	Goumoëns VD	inconnu
Ps 824	2001	Grenchen SO	inconnu
Ps 866	2001	Lindau ZH	Prader (triticale)
Ps 868	2001	Changins VD	Prader (triticale)
Ps 869	2001	Goumoëns VD	inconnu
Ps 870	2001	Grenchen SO	inconnu
Ps 110	avant 1999	inconnu	inconnu
Ps 111	avant 1999	inconnu	inconnu

En 2008, trois foyers de rouille jaune ont été découverts en Suisse dans les tests d'homologation de variétés d'Agroscope à Ellighausen (TG), dans les parcelles de démonstration de Fenaco à Birr (AG) et à Changins (VD). Les variétés touchées à Ellighausen étaient les blés Papageno et Cambrena. Le présent travail vise, dans un premier temps, à comparer le spectre des virulences présentes dans les nouvelles souches avec celui des souches déjà établies. Dans un deuxième temps, la résistance des variétés cultivées ou en voie d'inscription au catalogue national est examinée.

Matériel et méthodes

Isolats fongiques, stockage et production d'inoculum

La nature et l'origine des isolats de rouille jaune utilisés dans ce travail sont décrites dans le tableau 1. Les isolats

sont stockés comme urédospores lyophilisées dans des microtubes Eppendorf (Eppendorf SA, Hambourg, Allemagne) à -80 °C.

Parasite biotrophe obligatoire, la rouille jaune ne pousse que sur des plantes vivantes. Pour la multiplication, un mélange des variétés de blé Coker et Eridano (SPS Bologna), dépourvus de résistance à la rouille jaune, ou les variétés Papageno et Cambrena pour les nouvelles souches, sont cultivés dans des pots de plastique de 8 cm de diamètre, remplis de terreau (Typical substrat 4, Brill, Zug, Suisse) passé au tamis de 0,4 cm.

Tableau 2 | Lignées différentielles et leurs gènes de résistance

Lignée	Gène(s)
Chine 166	Yr 1
Kalyansona	Yr 2
Bon fermier	Yr 3
Vilmorin 23	Yr3
Triticum spelta album	Yr 5
Reichersberg 42	Yr 7
Compair	Yr 8
Riebesel 47-51	Yr 9
Kavkaz/4*Federation	Yr 9
G 25	Yr15
VPM 1	Yr17
Audace	Yr17
Prader	Yr17
Carstens V	Yr32, CV1, CV2, CV3
Heines Kolben	Yr2, Yr6
Heines Peko	Yr2, Yr6
Sonalika	Yr2, YrA
Lely	Yr2, Yr7
Clement	Yr2, Yr9
Heines VII	Yr2, Yr11, Yr25, HV
Spaldings Prolific	Yr2, Yr11, SP
Hobbit	Yr 3a+4a+14
Maris Huntsman	Yr 3a+4a+13
Nord Desprez	Yr3a, Yr4a, ND
Hybrid 46	Yr3b, Yr4b
Donata	Yr7, Yr9
Lee	Yr7, Yr22, Yr23
Moro A	Yr10, Moro
Anza A	Yr A
Suwon 92/Omar	Yr S/O
Stubes Dickkopf	SD
Fiorina	témoin résistant
Eridano	témoin sensible

Pour infecter les plantes, 12 mg de spores sont mélangés dans 0,2 ml de pétrole liquide (Pétrol spécial 185/240 °C, Districhimie SA, Ecublens, Suisse) et appliquées uniformément sur les feuilles à l'aide d'un tube capillaire 20 µl (IntraMARK, Blauband 97861, Wertheim, Allemagne) placé devant un jet d'air comprimé.

Après infection, les plantes sont placées en serre à 18 °C et 100 % d'humidité, avec un régime lumineux naturel pendant 24 h pour favoriser le processus d'infection. Ensuite, les plantes sont maintenues à 18 °C, 60 % d'humidité et à un régime lumineux de 14/24 h. Pour récolter les spores, les feuilles sont légèrement secouées à l'aide d'une baguette en plastique ce qui permet aux spores de se déposer sur une feuille d'aluminium placée sous les plantes. Les spores sont immédiatement tamisées à travers un filtre à thé en nylon, pour enlever les impuretés, avant d'être utilisées pour infecter les plantes ou lyophilisées et conservées à -80 °C.

Analyse des virulences des souches

Les virulences présentes dans les souches de rouille jaune ont été déterminées à l'aide des lignées différentielles présentées dans le tableau 2. Les tests sont réalisés sur des plaques de plastique (HerkuPlast-Kubern GmbH, Ering am Inn, Allemagne) pourvues de 42 alvéoles de 2×2 cm et 3 cm de profondeur. Les puits sont remplis avec le terreau décrit ci-dessus. Ce dernier a été légèrement tassé dans les puits avec un bâton, pour obtenir une dépression de 0,7 cm de diamètre et autant de profondeur. Cinq graines sont placées dans cette dépression, puis recouvertes d'une couche de terreau. Après 14 jours, les plantules sont infectées avec la rouille jaune, selon le protocole décrit précédemment.

Tableau 3 | Système de notation PBI (Plant Breeding Institute) des tests différentiels et des tests de résistance en serre, permettant de classer le type de résistance de la plante vis-à-vis du pathogène

Désignation	Etat de résistance	Symptômes
0	Immunité	Aucun urédia visible
;	Très résistant	Taches nécrotiques
,N	Résistant	Taches nécrotiques sans sporulation
1	Résistant	Taches nécrotiques avec peu de sporulation
2	Modérément résistant	Sporulation modérée avec chloroses et nécroses
3	Modérément sensible	Sporulation avec chlorose
4	Sensible	Sporulation abondante sans chlorose

L'évolution de la maladie a été notée à l'aide du système PBI (McIntosh *et al.*, 1995) décrit dans le tableau 3, qui permet de qualifier le type d'interaction entre la plante et le champignon.

Tests de résistance en serre et en plein champ

Pour pouvoir examiner les conséquences des nouvelles souches de rouille jaune sur la culture de blé en Suisse, les variétés inscrites au catalogue national ainsi que les variétés et lignées en voie d'inscription ont été testées en serre. Des essais complémentaires en plein champ ont été effectués avec les souches déjà présentes en Suisse. Le nom et la description des blés soumis à ces tests figurent dans le tableau 4.

Pour les tests en serre, le même dispositif expérimental a été utilisé que pour les tests des virulences. De manière analogue, les plantules de 2 semaines ont été inoculées et le développement de l'infection a été noté avec le système PBI.

Les tests en plein air se sont déroulés sur le domaine d'ACW à Changins de 2007 à 2009. Les variétés candidates ont été semées en automne, en lignes de 1 m de long, avec le semoir de précision SeedMatic (Hege Maschinen, Eging am See, Allemagne).

A la reprise de la végétation au printemps, les plantes ont été infectées avec des spores de rouille jaune, produites comme décrit plus haut et mélangées à partir de 8 souches isolées en Suisse pendant les 15 dernières années et contenant toutes les virulences connues. La notation de la sévérité de l'infection, de 1 (pas d'infection) à 9 (feuilles complètement couvertes de pustules), est décrite dans le tableau 5.

Mise en place et analyses statistiques

Les tests variétaux en serre ont été effectués avec 3 répétitions indépendantes et complètement randomisées. Les tests ont été répétés 2 fois, à distance d'une semaine. Les notes jusqu'à 2 indiquent la résistance de la plante tandis que les notes 3 et 4 confirment que l'infection s'est développée. Pour déterminer si une variété est résistante ou sensible, les données ont subi un test chi-carré.

Les tests au champ ont été effectués avec 3 répétitions indépendantes et complètement randomisées. Les tests ont été répétés 3 fois pendant 3 années consécutives. Les données obtenues ont été analysées séparément pour chaque année. En l'absence d'une distribution normale des résidus, le test non-paramétrique de Wilcoxon a été utilisé. Les différences de réaction entre les variétés ont été relevées avec le test de comparaisons multiples Fisher LSD. Toutes les différences ont été retenues significatives à $P < 0,02$. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel NCSS 97 (NCSS, Kaysville, Utah, Etats-Unis).

Tableau 4 | Variétés testées de blé inscrites ou en voie d'inscription dans le catalogue national suisse. Eridano, Cocker et 111.13726 sont des variétés témoins permettant de contrôler le bon déroulement de l'infection

Variété	Obtenteur/Mainteneur	Pays d'origine	Année d'inscription
ARINA	Agroscope/DSP	Suisse	1981
AROLLA	Agroscope/DSP	Suisse	2003
CAMBRENA	Agroscope/DSP	Suisse	2008
CAMEDO	Agroscope/DSP	Suisse	2007
CH CLARO	Agroscope/DSP	Suisse	2007
COMBIN	Agroscope/DSP	Suisse	2007
FIORINA	Agroscope/DSP	Suisse	2001
FOREL	Agroscope/DSP	Suisse	2007
LEVIS	Agroscope/DSP	Suisse	2004
MAYEN	Agroscope/DSP	Suisse	2007
MOLINERA	Agroscope/DSP	Suisse	en voie d'inscription
MURETTO	Agroscope/DSP	Suisse	2007
MUVERAN	Agroscope/DSP	Suisse	2004
NARA	Agroscope/DSP	Suisse	2007
ORZIVAL	Agroscope/DSP	Suisse	en voie d'inscription
RUNAL	Agroscope/DSP	Suisse	1995
SCALETTA	Agroscope/DSP	Suisse	2005
SEGOR	Agroscope/DSP	Suisse	2003
SERTORI	Agroscope/DSP	Suisse	2008
SIALA	Agroscope/DSP	Suisse	2005
SURETTA	Agroscope/DSP	Suisse	2008
TIRONE	Agroscope/DSP	Suisse	2002
TITLIS	Agroscope/DSP	Suisse	1996
ZINAL	Agroscope/DSP	Suisse	2003
AKRATOS	Dr. Hermann Strube	Allemagne	2004
AZZURO	Limagrain Verneuil Holding	Grande Bretagne	2006
BOCKRIS	Dr. Hermann Strube	Allemagne	2007
CAPHORN	Ets Florimond Desprez	Grande Bretagne	2001
EPHOROS	Dr. Hermann Strube	Allemagne	2004
GALAXIE	R 2n	France	1991
HERMANN	Limagrain GmbH	Allemagne	2004
LUDWIG	Probstdorfer Saatzzucht Ges.m.b.H. & Co KG	Autriche	1997
MANHATTAN	Limagrain GmbH	Allemagne	2002
MULAN	Nordsaat Saatzzuchtgesellschaft mbH	Allemagne	2005
PAPAGENO	Saatzzucht Engelen Büchling OHG	Allemagne	2007
POTENZIAL	Deutsche Saatveredlung Lippstadt-Bremen GmbH	Allemagne	2006
RAINER	Saatzzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG	Autriche	2007
RUSTIC	SA Momont Hennette et Fil	France	2005
TAPIDOR	Serasem	France	2002
TOMMI	Nordsaat Saatzzuchtgesellschaft mb	Allemagne	2002
WINNETOU	Saatzzucht Firlbeck GmbH & Co KG	Allemagne	2002
Eridano	Società produttori sementi Bologna spa	Italie	1989
Cocker	Coker's Pedigreed Seed Co. (Syngenta Seeds)	USA	< 1980
111.13726	Agroscope	Suisse	pas inscrit

Tableau 5 | Notation de la sévérité de l'infection dans les tests de résistance au champ. La note 1 correspond à l'absence d'infection, la note 9 correspond à une complète invasion de la feuille par les pustules du champignon

Note	% de feuille infecté	Symptômes
1	0,0 %	Aucun urédia sur la feuille
2	2,5 %	Traces d'urédia sur la feuille
3	10,0 %	10 % de la feuille couverts d'urédia
4	25,0 %	25 % de la feuille couverts d'urédia
5	50,0 %	Moitié de la feuille couverte d'urédia
6	75,0 %	Trois quarts de la feuille couverts d'urédia
7	90,0 %	10 % de feuille sans urédia
8	97,5 %	Quelques traces vertes visibles de la feuille
9	100,0 %	Feuille totalement couverte d'urédia

Résultats

Analyse des virulences des souches

Les résultats sont représentés de deux façons pour respecter la nomenclature conventionnelle pour les rouilles du blé. D'un côté, le set mondial et le set européen de lignées différentielles ont été utilisés (tabl. 6) afin de décrire le spectre de virulence de chaque souche en détail, en se basant sur la combinaison de virulences usuellement absentes ou particulièrement discriminantes pour les souches de rouille jaune. A chaque souche est ainsi attribuée une formule de virulence (Johnson *et al.* 1972). Les résultats montrent que chaque souche est caractérisée par un spectre de virulences qui lui est propre. De plus, seules les souches isolées en 2008 portent la virulence Yr32, capable de contourner la résistance du différentiel Carstens V.

De l'autre côté, les souches de rouille jaune sont également décrites selon la méthode simplifiée de Hovmøller (2001), qui se base sur les virulences arrivées récemment, en particulier Yr6, Yr9 et Yr17 (tabl. 7). Cette dernière est absente dans les sets mondial et européen. Le tableau 6 montre les virulences ainsi que la fréquence des souches isolées pendant les 13 dernières années en Suisse. La virulence Yr9, apparue en Europe au cours des années 1990, est présente dans

Tableau 6 | Représentation des virulences de rouille jaune présentes, basée sur les sets mondial et européen. La virulence Yr32, jusqu'ici absente en Suisse, est mise en évidence

Différentiels mondiaux	Gènes	Coeff.	2008	2008	2008	2008	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	<1999	1969
			1688	1689	1690	1691	771	773	823	824	866	868	869	870	110	111	race Probus
Chinese 166	Yr1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	
Lee	Yr7, Yr22, Yr23	4	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
Heines Kolben	Yr2, Yr6	8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Vilmorin	Yr3	16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	
Moro	Yr10, Moro	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Strubes Dickkopf	SD	64	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
Suwon x Omar	Yr S/O	128	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	
Clement	Yr2, Yr9	256	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Triticum spelta	Yr5	512	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Différentiels européens																	
Hybrid 46	Yr3b, Yr4b	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reichersberg 42	Yr7	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Heines Peko	Yr2, Yr6	8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	
Nord Desprez	Yr3a, Yr4a, ND	16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
Compair	Yr8	32	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Carstens V	Yr32, CV1, CV2, CV3	64	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spaldings Prolific	Yr2, Yr11, SP	128	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
Heines VII	Yr2, Yr11, Yr25, HV	256	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
	Formule de virulence		402E82	466E82	208E86	268E12	140E44	474E28	268E44	396E44	396E44	222E36	460E44	268E44	466E48	466E48	64E0

presque toutes les souches, tout comme la virulence Yr17, dans les souches depuis 2001. Les souches isolées en 2008 présentent de plus les virulences Yr4 et Yr32.

Tests de résistance en serre et en plein champ

La résistance des variétés de blé inscrites ou en voie d'inscription dans le catalogue national vis-à-vis des nouvelles souches de rouille jaune a été examinée par des tests en serre. Les résultats présentés dans le tableau 8A montrent que les nouvelles souches de rouille jaune peuvent contourner la résistance seulement chez certaines variétés de blé, ces dernières étant pourtant déjà sensibles aux souches présentes en Suisse.

La sensibilité des mêmes variétés de blé soumises aux tests en plein champ entre 2007 et 2009 est représentée dans le tableau 8B. Ces tests sont réalisés par infections artificielles avec les souches isolées avant 2008. Les variétés Arina, Runal et Papageno sont les plus sensibles, lors de chaque année de test. Il est important de noter l'augmentation subite du niveau d'infection des variétés Forel, Orzival et Bockris entre 2007 et 2009. Le tableau montre également une légère augmentation de la sensibilité d'autres variétés telles que Combin, Molinera, Mulan, Muveran, Rustic et Zinal. Ces augmentations ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Discussion

Les souches de rouille jaune isolées en 2008 en Thurgovie et en Argovie présentent effectivement les virulences Yr4 et Yr32, encore non répertoriées sur le territoire suisse. La souche isolée à Changins ne présente que les virulences déjà connues précédemment. Ce constat se base sur l'analyse de tous les isolats obtenus à partir de foyers importants ces 20 dernières années. La souche «Probus», décrite à la fin des années 1960, était également dépourvue de cette virulence (Corbaz 1966). La virulence Yr32, présente au Danemark et en Allemagne depuis les années 1990, a été répertoriée en France en 2007 (Hovmøller 2001; Eurowheat 2010). Les souches portant cette virulence ont migré lentement, contrastant nettement avec la virulence Yr17, qui s'est répandue rapidement dans toute l'Europe au début des années 2000. Les nouvelles souches se distinguent également par leur capacité à pousser à des températures légèrement supérieures et par une plus faible agressivité par rapport aux autres souches étudiées dans ce travail (résultats non présentés). Il est donc concevable que l'avancée des souches ait été ralentie par leur moindre compétitivité physiologique et par le manque de plantes hôtes compatibles.

Tableau 7 | Représentation des virulences et distribution de pathotypes de rouille jaune selon la méthode simplifiée de Hovmøller (2001). L'apparition de la virulence Yr17 au début du siècle et l'arrivée des virulences Yr4 et Yr32 est ainsi documentée

	Fréquence	Yr1	Yr2	Yr4	Yr6	Yr9	Yr17	Yr32
<1999	3/5	1				9		
<1999	2/5	1			6	9		
2001	1/19	1				9		
2001	6/19		2		6	9	17	
2001	9/19		2		6	9	17	
2001	2/19				6	9	17	
2001	1/19				6	9	17	
2009	1/4	1	2	4	6	9	17	32
2009	1/4	1	2	4		9	17	32
2009	1/4			4	6		17	32
2009	1/4		2		6	9	17	32

Dernièrement, plusieurs souches de rouille jaune ont été découvertes au Danemark, aux Etats-Unis et en Australie (Milus *et al.* 2009). Toutes ces souches ont en commun la présence de nouvelles virulences, une agressivité élevée et la capacité d'infecter à des températures supérieures à 18 °C. Elles constituent donc un certain risque pour la production. Les variétés de blé cultivées en Suisse présentent pourtant une bonne résistance contre la rouille jaune et même les variétés très sensibles ne sont pratiquement pas affectées, vraisemblablement en raison de conditions climatiques peu propices à l'infection.

Pour préserver la production de blé nationale de la rouille jaune, Agroscope entretient depuis plusieurs années le réseau de monitoring des pathogènes du blé et du triticale (Agroscope Changins-Wädenswil 2010), avec des partenaires dans les cantons, l'ETH Zurich, Getreidezüchtung Peter Kunz et l'interprofession, de même qu'un réseau de tests variétaux. Ces tests, implantés dans les régions de production de céréales les plus importantes de Suisse, permettent de capturer les pathogènes, qui sont aussitôt examinés par Agroscope Changins-Wädenswil. ■

Tableau 8 | Sensibilité des variétés de blé du catalogue national et de variétés en voie d'inscription. (A) Interaction avec les souches isolées; (B) Résultats des tests de résistance en plein champ avec un mélange de souches

Variété	(A) Tests en serre						(B) Tests au champ		
	1688	1689	1690	1691	866	111	2007	2008	2009
ARINA							9,4	6,9	29,6
AROLLA									0,0
CAMBRENA							0,0	0,0	0,0
CAMEDO							0,6	0,0	0,0
CH CLARO							0,0	0,7	0,0
COMBIN							0,0	0,0	5,6
FIORINA							0,0	0,0	1,9
FOREL							1,9	0,7	13,0
LEVIS							0,0	0,0	0,0
MAYEN							0,0		0,0
MOLINERA							0,0	0,0	9,3
MURETTO									1,9
MUVERAN							0,0	0,0	7,4
NARA							0,0		0,0
ORZIVAL							0,0	1,4	20,4
RUNAL							5,7	8,9	16,7
SCALETTA									0,0
SEGOR								8,2	20,4
SERTORI							0,0	0,0	16,7
SIALA							0,0	0,0	0,0
SURETTA							0,0	0,0	0,0
TIRONE									57,4
TITLIS							0,0	0,0	1,9
ZINAL							0,6	0,0	11,1
AKRATOS									
AZZURO							0,0		1,9
BOCKRIS							0,0	6,9	25,9
CAPHORN							0,0	0,0	0,0
EPHOROS									
GALAXIE									51,9
HERMANN									
LUDWIG									25,9
MANHATTAN									0,0
MULAN							0,0		9,3
PAPAGENO							7,6	11,6	29,6
POTENZIAL							0,0		0,0
RAINER							0,0	0,0	0,0
RUSTIC							1,9		9,3
TAPIDOR							0,0		5,6
TOMMI									1,9
WINNETOU									24,1
ERIDANO							27,1	26,0	77,8
COCKER							23,3	24,7	72,2
111.13726							0,0	0,0	0,0

Réaction entre hôte et pathogène:

- résistance
- sensibilité
- intermédiaire
- pas de données

Riassunto

La ruggine gialla è una minaccia per le colture svizzere di frumento?

Nel 2008 due focolai di ruggine gialla sono stati scoperti nelle prove varietali di frumento autunnale, condotte nei cantoni Turgovia e Argovia. Dopo il loro isolamento e purificazione, lo spettro di virulenze è stato determinato su varietà differenziali. Due tipi di virulenza, Yr4 e Yr32, finora assenti sul territorio svizzero, sono stati evidenziati. La migrazione di questi due tipi di virulenza, già catalogati negli anni novanta nel nord dell'Europa, è stata registrata nel 2007 in Francia e nel 2008 in Svizzera, grazie a questo lavoro. Le prove di resistenza in serra con questi nuovi ceppi hanno rivelato che le attuali varietà di frumento coltivate in Svizzera hanno una buona resistenza contro queste nuove virulenze. In Europa l'annuncio della presenza di ceppi con altri geni di virulenza esige di proseguire il monitoraggio dei patogeni mediante il protocollo messo a punto da Agroscope, dai servizi di protezione vegetale cantonali, dall'ETH di Zurigo, dalla Getreidezüchtung Peter Kunz e dall'interprofessione.

Summary

Is yellow rust a danger for Swiss wheat production?

In 2008, yellow rust of wheat was observed in two experimental sites in the cantons of Thurgau and Aargau. After isolation and purification, the virulence spectrum was determined based on wheat differentials. By this, both virulences Yr4 and Yr32 were identified for the first time in Switzerland. These virulences have already been described in the 90s in the North of Europe and their migration towards South was detected in 2007 in France and in 2008 in Switzerland, as related in the present work. Infection tests in greenhouses with these new strains showed that today's wheat varieties present a satisfactory resistance against the new virulences. The reporting of other virulences occurring in Europe emphasizes the importance to carry on with the pathogens monitoring organized by Agroscope, cantonal phytosanitary offices and the cereal branch.

Key words: yellow rust, *Puccinia striiformis*, virulences, emerging disease, wheat, triticale.

Bibliographie

- Agroscope Changins-Wädenswil, 2010. Monitorage des virulences. Virulences des rouilles brune, jaune et oïdium du blé 2009. Accès: <http://www.agroscope.admin.ch/amelioration-des-plantes/00717/01219/index.html?lang=fr> [22.03.10].
- Chen X. M., 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) on wheat. *Canadian Journal Plant Pathology* **27**, 314–337.
- Corbaz R., 1966. Notes sur la rouille jaune du froment en Suisse romande (*Puccinia glumarum* (Schmidt) Eriksson et Henning). *Phytopathologische Zeitschrift* **56**, 40–53.
- Eurowheat, 2010. Yellow rust, pathotypes and frequencies. Accès: <http://www.eurowheat.org> [22.03.2010].
- Fossati D. & Brabant C., 2003. La sélection du blé en Suisse. Le programme des stations fédérales. *Revue suisse Agric.* **35** (4), 169–180.
- Hovmöller M. S., 2001. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Denmark. *Plant Pathology* **50**, 181–189.
- Johnson R., 1992. Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance, with examples from wheat. *Euphytica* **63**, 3–22.
- Johnson R., Stubbs R. W., Fuchs E. & Chamberlain N. H., 1972. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transactions of the British Mycological Society* **58**, 475–480.
- Kobel F., 1961. Die Gelbrostepidemie 1961. *Mitteilungen für die schweizerische Landwirtschaft* **9** (7), 109–112.
- Manners J. G., 1988. *Puccinia striiformis*, yellow rust (stripe rust) of cereals and grasses. *Advances in Plant Pathology* **6**, 373–387.
- McIntosh R. A., Wellings C. R. & Park R. F., 1995. Wheat rusts: an Atlas of Resistance Genes. Dordrecht. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Michel V., 2001. La rouille jaune ... et alors?. *Revue suisse Agric.* **33** (4), 107–107.
- Milus E. A., Kristensen K. & Hovmöller M. S., 2009. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology* **99**, 89–94.
- Sharma Y. R., Kang M. S. & Aujla S. S., 1985. Influence of yellow rust on yield and its components in wheat. *Journal of Research (Punjab Agricultural University)* **22**, 425–430.