

Article

« Importance de l'interaction entre les cultivars de blé et les souches du *Fusarium graminearum* dans l'évaluation de la résistance à la fusariose de l'épi »

M. Dusabenyagasani, R.C. Hamelin, J. Collin et D. Dostaler
Phytoprotection, vol. 78, n° 2, 1997, p. 53-60.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/706119ar>

DOI: 10.7202/706119ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Importance de l'interaction entre les cultivars de blé et les souches du *Fusarium graminearum* dans l'évaluation de la résistance à la fusariose de l'épi

Mathieu Dusabenyagasani¹, Richard C. Hamelin²,
Jean Collin¹ et Daniel Dostaler^{1, 3}

Reçu 1996-11-14, accepté 1997-07-03

Des expériences factorielles ont été réalisées au champ à deux stations, le campus de l'Université Laval en 1991 et 1992 et la ferme de Saint-Louis-de-Pintendre en 1992 et 1993, pour préciser si le développement de la fusariose de l'épi du blé est influencé par l'interaction entre les cultivars et les souches du *Fusarium graminearum*. Neuf souches du *F. graminearum* ont été inoculées à onze cultivars de blé (*Triticum aestivum*) et un cultivar de tritcale (*x Triticosecale*) représentatifs de la gamme de sensibilité à cette maladie au Québec. L'analyse de la variance combinée a mis en évidence des interactions significatives entre les cultivars, les souches et les environnements. Les interactions cultivars x souches et cultivars x environnements expliquent une faible proportion de la somme des carrés totale et n'entraînent pas de modifications majeures dans le classement moyen de la sensibilité des cultivars. Concernant l'interaction cultivars x souches, le classement moyen de la sensibilité des cultivars, notamment Casavant et Concorde, variait avec les souches. Cette recherche montre pour la première fois que l'importance relative des différentes interactions entre les souches, les cultivars et les environnements est comparable dans l'évaluation de la résistance à la fusariose de l'épi du blé.

[Effect of cultivar and strain interactions in the screening of resistance against wheat scab caused by *Fusarium graminearum*]

Factorial experiments were carried out in the field at the campus of Université Laval in 1991 and 1992, and Saint-Louis-de-Pintendre station in 1992 and 1993. The objective was to specify if wheat scab development caused by *Fusarium graminearum* is significantly affected by cultivar x strain interactions. Eleven wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and one tritcale (*x Triticosecale*) cultivar representing the range of sensitivity to this disease in Quebec were inoculated with nine strains of *F. graminearum*. Significant interactions between cultivars, strains and environments were shown by the results of a combined analysis of variance. Cultivar x strain and cultivar x environment interactions explained a small proportion of the total sum of squares and did not have a strong impact on cultivar average ranking by environment or strain. However, the examination of cultivar x strain interactions revealed that the rank of cultivars such as Casavant and Concorde changed when different strains were compared. This research shows for the first time that all interactions involving cultivars, strains and environments have a similar impact on wheat scab resistance screening.

1. Département de phytologie, Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4

2. Service canadien des forêts, 1055, rue du PEPS, Sainte-Foy (Québec), Canada G1V 4C7

3. Auteur auquel la correspondance doit être expédiée

INTRODUCTION

La fusariose de l'épi du blé (*Triticum aestivum* L.) est très fréquente en saison chaude et humide. En Amérique du Nord, le *Fusarium graminearum* Schwabe [téléomorphe *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch] est le principal agent de la maladie (Devaux 1982; Martin et Johnston 1982; Wong *et al.* 1992). Le maïs (*Zea mays* L.), l'oeillet (*Dianthus caryophyllus* L.), le riz (*Oryza sativa* L.), de même que d'autres céréales et adventives (Fernandez 1991) sont aussi sensibles à cet agent pathogène. Au champ, les débris de plantes constituent les principaux réservoirs d'inoculum. Les ascospores et les macroconidies forment l'essentiel de l'inoculum naturel (Sutton 1982). L'anthèse est le stade de sensibilité maximale. Le champignon infecte d'abord les anthères, puis le mycélium se propage dans le caryopse en formation, les bractées florales et le rachis. Des taches brunes apparaissent sur les glumes des épillets infectés et plus tard tout l'épillet sera brûlé. Des sporodochies sont souvent visibles à la base des épillets fusariés (Wiese 1987). Les conditions de température de 25 à 30°C et d'humidité relative supérieure à 90 % favorisent la propagation du champignon dans le rachis et aux épillets voisins. Les dégâts de la fusariose de l'épi du blé consistent en la réduction du rendement, la diminution de la qualité semencière et la production de mycotoxines (Parry *et al.* 1995; Tuite *et al.* 1990). Les principales mycotoxines sont la zéaralénone et les trichothécènes, dont le désoxynivalénol (Ichinoe *et al.* 1983).

Les souches du *F. graminearum* se répartissent en deux groupes. Les souches du groupe 1 sont hétérothalliques et causent le piétin fusarien du blé. Les souches du groupe 2 sont homothalliques et causent la fusariose de l'épi du blé (Francis et Burgess 1977; Purss 1971). Dans le groupe 2, les souches du *F. graminearum* varient selon leur agressivité (Rapilly 1991; Snijders 1994).

L'utilisation de cultivars résistants est le moyen de lutte à privilégier contre la fusariose de l'épi du blé. Cette résistan-

ce, de nature quantitative, est contrôlée par au moins trois gènes majeurs modifiés par des gènes mineurs (Bai et Shaner 1994; Parry *et al.* 1995; Schroeder et Christensen 1963). Au Québec (Devaux 1992, 1994) et ailleurs dans le monde (Snijders 1994), des programmes d'amélioration de la résistance du blé au *F. graminearum* sont en cours. Selon les améliorateurs, les épreuves de résistance des cultivars sont réalisées soit avec l'inoculum naturel, soit avec l'inoculum artificiel constitué d'une seule souche ou d'un mélange de souches préalablement caractérisées quant à leur agressivité. Si une interaction entre les souches et les cultivars est présente, le rang de sensibilité d'un cultivar peut changer en fonction de la souche du *F. graminearum*. Notre travail avait donc pour but de préciser si le développement de la fusariose de l'épi est affecté par l'interaction entre les génotypes de blé et les souches du *F. graminearum*. Cette interaction pourrait modifier le classement de la sensibilité des cultivars à différentes souches.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des expériences factorielles ont été menées au champ dans quatre environnements (années-stations) correspondant au campus de l'Université Laval (lat. 46°47' N, long. 71°17' O) en 1991 et 1992, et à la ferme expérimentale de Saint-Louis-de-Pintendre (lat. 46°45' N, long. 71°08' O) en 1992 et 1993. Les expériences étaient constituées de 9 (en 1991) à 12 cultivars (en 1992 et 1993) inoculés avec neuf souches du *F. graminearum*, et d'un traitement témoin non inoculé.

Les souches monosporales 8309, 8314, 9105, 9117, 9123, 9128, 9136, 9140 et 9146 du *F. graminearum* ont été utilisées. Ces souches proviennent de grains de blé récoltés dans quatre localités du Québec [(Albanel (lat. 48°53' N, long. 72°27' O), Pintendre (lat. 46°45' N, long. 71°08' O), Saint-Augustin-de-Desmaures (lat. 46°45' N, long. 71°28' O), Sainte-Rosalie (lat. 45°38' N, long. 72°54' O)] en 1983 et en 1991 et

ont été conservées sur milieu SNA (Synthetic Nutrient Agar, Niremberg 1981). La production du stade parfait a été vérifiée sur milieu CLA (Carnation Leaf Agar, Tschanz *et al.* 1975). Toutes ces souches ont produit des périthèces et font donc partie du groupe 2 (Francis et Burgess 1977). L'inoculum a été produit en cultures aérées pendant 14 j avec le milieu CMC (carboxyméthylcellulose, Cappellini et Peterson 1965) sous lumière en proche UV.

Onze cultivars de blé et un cultivar de triticale (*x Triticosecale* Wittmack cv. Juanillio 97) ont été évalués. Ces cultivars représentent la gamme de sensibilité à la fusariose de l'épi proposée par Devaux (1992) au Québec selon laquelle les cultivars Casavant, Columbus, Concorde, Juanillio 97, Kyle, Laval-19, Max et Messier sont sensibles; Katepwa est intermédiaire; Line950-Geza141, Nyu-Bay et Toropi sont résistants. Les cultivars Concorde, Kyle et Max n'ont été évalués qu'en 1992 et en 1993.

Les unités expérimentales ont été disposées selon un plan en parcelles divisées avec les souches en parcelles principales et les cultivars en sous-parcelles. Quatre répétitions ont été ensemencées; la parcelle principale était composée de 9 rangs en 1991 et de 12 rangs en 1992 et en 1993. Une sous-parcelle était constituée d'un rang de 65 cm au campus de l'Université Laval et de 150 cm à Saint-Louis-de-Pintendre.

Les inoculations ont été réalisées le même jour pour tous les cultivars et ont débuté à l'anthèse (stades 65 à 67 de Zadoks *et al.* 1974). L'inoculation a été réalisée par aspersion des épis et le taux de contamination naturelle a été évalué sur les témoins non inoculés. L'aspersion se faisait jusqu'à ruissellement de l'inoculum ajusté à la concentration de 10^4 conidies mL^{-1} (Nkongolo *et al.* 1994). Les inoculations ont été répétées trois fois à une semaine d'intervalle afin d'inoculer chaque cultivar au moins une fois pendant sa phase de vulnérabilité optimale.

Les symptômes de la maladie ont été observés 27 j après la première inoculation. L'unité d'observation était

composée de 10 épis choisis au hasard dans chaque unité expérimentale. On a noté le nombre d'épis fusariés, le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fusariés. L'analyse statistique a porté sur le pourcentage d'épillets fusariés. L'analyse de la variance a été réalisée en combinant les données des quatre expériences dans le but d'évaluer l'importance relative des interactions cultivars x souches, cultivars x environnements et environnements x souches. Le coefficient de corrélation de rang de Spearman a été utilisé pour vérifier si le classement de la sensibilité des cultivars variait avec les environnements ou les souches. Le test du LSD protégé a servi à comparer l'agressivité moyenne des souches et la sensibilité moyenne des cultivars.

RÉSULTATS

L'analyse de la variance montre que toutes les sources de variation sont significatives au seuil de 0,0001 (tableau 1). Les sources de variation les plus importantes sont les cultivars et les souches, suivis de l'ensemble des interactions. Aucune des interactions n'explique plus de 5 % de la somme des carrés totale (tableau 1).

Les comparaisons basées sur le coefficient de corrélation de rang de Spearman n'ont mis en évidence que des modifications mineures dans le classement moyen des cultivars selon les quatre environnements ou en fonction des souches utilisées comme inoculum. En effet, les coefficients de corrélation qui expliquent l'interaction cultivars x environnements sont positifs, supérieurs à 0,80 et significatifs (résultats non présentés). Dans le cas de l'interaction cultivars x souches, les coefficients de corrélation sont également élevés ($\geq 0,70$), positifs et significatifs (tableau 2). Par ailleurs la souche 9123 est la moins corrélée aux autres souches (tableau 2).

Les souches ont été regroupées selon quatre niveaux moyens d'agressivité. Les souches 9128 et 9136 sont les plus agressives, 9123 est la moins agressive, et les autres sont de niveaux inter-

Tableau 1. Analyse de la variance des pourcentages d'épillets fusariés de 12 cultivars inoculés avec neuf souches du *F. graminearum* dans quatre environnements de 1991 à 1993

Source de variation	D.L.	S.C.	M.C.	F ^c
Environnements ^a	3	92 358	30 786	161,77
Répétitions (Environnements)	12	37 272	3 106	16,32
Souches ^b	9	435 887	48 423	100,07
Environnements x Souches	27	64 638	2 394	4,95
Erreur a	108	52 164	483	
Cultivars	11	517 561	47 051	247,33
Environnements x Cultivars	30	81 840	2 728	14,23
Souches x Cultivars	99	73 953	747	3,93
Environnements x Souches x Cultivars	270	83 970	311	1,64
Erreur b	1 230	233 700	190	

^a Les expériences ont été réalisées sur le campus de l'Université Laval en 1991-1992 et à Saint-Louis-de-Pintendre en 1992-1993.

^b La source de variation souches correspond à neuf souches et un témoin (contamination naturelle).

^c Toutes les valeurs F sont significatives au seuil de 0,0001.

médiaires (fig. 1). La comparaison des classements moyens des cultivars inoculés par une même souche montre que certains cultivars se classent différemment selon leur sensibilité aux souches individuelles (tableau 3). Par exemple, le cultivar Concorde se classe parmi les cultivars de sensibilité intermédiaire à la souche 8314, alors qu'il est parmi les plus sensibles aux souches 9123, 9128 et 9146 (tableau 3). Casavant se classe parmi les cultivars de sensibilité inter-

médiaire à la souche 9123 alors qu'il est parmi les plus sensibles aux souches 9128 et 9146 (tableau 3). Cependant le classement de la plupart des autres cultivars est sensiblement le même pour l'ensemble des souches du *F. graminearum*. Ainsi, Kyle et Laval-19 se classent parmi les cultivars sensibles, alors que Line950-Geza141, Nyu-Bay et Toropi sont parmi les cultivars résistants à toutes les souches (tableau 3).

Tableau 2. Analyse du classement moyen de la sensibilité des cultivars à neuf souches du *F. graminearum* avec le coefficient de corrélation de rang de Spearman

Souches	Souches							
	9105	9128	9136	8314	9140	9146	8309	9117
9128	0,90**							
9136	0,89**	0,91**						
8314	0,95**	0,89**	0,97**					
9140	0,87**	0,84**	0,94**	0,94**				
9146	0,84**	0,79**	0,80**	0,79**	0,97**			
8309	0,75**	0,81**	0,81**	0,78**	0,87**	0,84**		
9117	0,92**	0,86**	0,92**	0,91**	0,95**	0,88**	0,90**	
9123	0,73*	0,70*	0,78**	0,79**	0,84**	0,78**	0,83**	0,83**

* Coefficients de corrélation significatifs au seuil de 0,05.

** Coefficients de corrélation significatifs au seuil de 0,01.

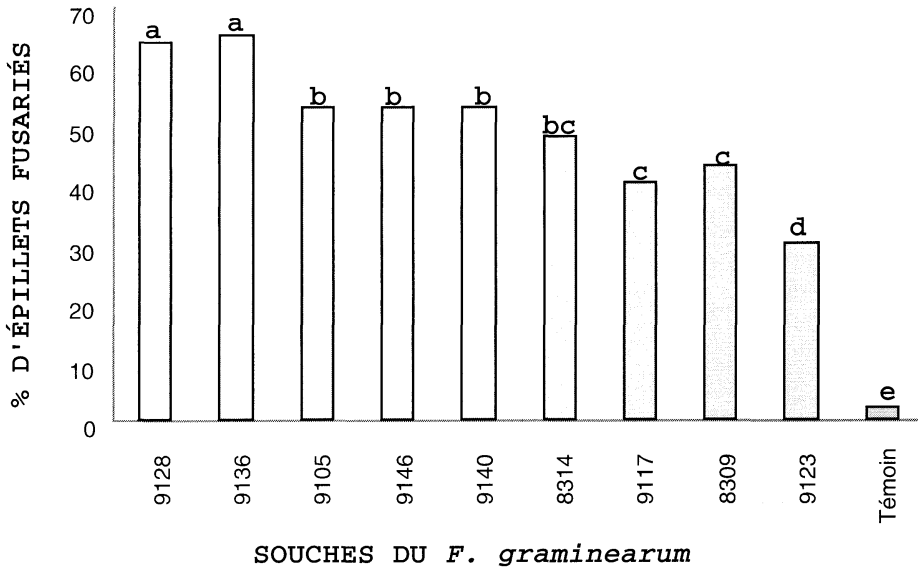


Figure 1. Agressivité moyenne de souches du *F. graminearum* sur les cultivars de blé. Les souches portant une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test LSD protégé au seuil de 0,01. L'estimé de l'erreur type associé à l'évaluation du pourcentage moyen d'épilletts fusariés causés par une souche est de 1,62.

Tableau 3. Comparaison de la sensibilité moyenne de 11 cultivars de blé et d'un cultivar de triticales à cinq souches du *F. graminearum*

Cultivars	Épilletts fusariés (%)				
	8314 ^a	9136	Souches 9123	9128	9146
Kyle	69 ab	87 a	41 ab	86 a	73 a
Concorde	57 b	82 ab	45 a	86 a	70 a
Casavant	71 ab	85 ab	29 b	88 a	69 a
Columbus	63 b	77 ab	45 a	82 ab	75 a
Laval-19	78	88 a	51 a	83 ab	68 ab
Max	53 bc	66 bc	41 ab	65 b	55 b
Juanillio 97	68 ab	84 ab	45 a	80 ab	76 a
Messier	46 c	73 b	20 bc	71 b	63 ab
Katepwa	45 c	56 c	23 bc	58 b	44 b
Toropi	18 d	31 d	8 c	36 c	22 c
Nyu-Bay	11 d	28 d	10 c	23 c	14 c
Line950-Geza141	13 d	29 d	9 c	21 d	18 c

^a Pour chaque souche du *F. graminearum* (colonnes), les moyennes des cultivars suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test du LSD protégé au seuil de 0,01. La plus petite différence significative est de 13,6.

DISCUSSION

L'analyse de la variance montre que toutes les sources de variation sont significatives. L'intérêt d'une analyse de la variance qui combine les données des quatre expériences a été de pouvoir estimer la contribution relative des différentes sources de variation au développement de la fusariose de l'épi du blé. La plus grande partie de la variation observée (somme des carrés) est expliquée par les différences entre les cultivars (30,9 %), suivies des différences entre les souches (26,0 %) et de l'ensemble des interactions (18,2 %). Cette recherche a montré pour la première fois qu'aucune des interactions mises en évidence ne paraît être plus importante que les autres. En effet, la proportion de la somme des carrés totale expliquée par chaque interaction est comprise entre 3,9 et 5 %. Les résultats de recherches antérieures considéreraient que seule l'interaction cultivars x environnements modifiait l'évaluation de la résistance à la fusariose de l'épi (Snijders et van Eeuwijk 1991; van Eeuwijk *et al.* 1995). Deux éléments peuvent expliquer la différence entre nos résultats et ceux rapportés par ces auteurs. D'une part, l'expérience de Snijders et van Eeuwijk (1991) a porté sur l'espèce *F. culmorum* et, d'autre part, une seule souche parmi les 16 comparées était représentée dans toutes les six stations de l'expérience de van Eeuwijk *et al.* (1995).

La variabilité du pouvoir pathogène des souches du *F. graminearum* est confirmée (Lacroix 1985). Les neuf souches sont toutes pathogènes au blé mais diffèrent par leur niveau d'agressivité. À l'exception des cultivars Max et Messier, la sensibilité moyenne des cultivars corrobore les résultats de Devaux (1992).

L'interaction environnements x souches confirme la dépendance de la fusariose de l'épi du blé aux conditions environnementales (Sutton 1982). Quelques travaux antérieurs ont montré que la température et l'humidité relative sont les principaux facteurs environnemen-

taux qui affectent le développement de la fusariose de l'épi (Anderson 1948; Sung et Cook 1981). L'influence de l'environnement sur l'agressivité des souches des *Fusarium spp.* qui causent la fusariose de l'épi du blé a aussi été observée en Europe (van Eeuwijk *et al.* 1995).

Les interactions cultivars x souches et cultivars x environnements n'expliquent que 9,3 % de la somme des carrés totale de l'analyse de la variance. Par ailleurs, ces interactions n'entraînent pas de modifications substantielles dans le classement de la sensibilité des cultivars. Les coefficients de corrélation de Spearman associés à ces interactions indiquent que le classement des cultivars constitue donc un bon critère de comparaison d'évaluations réalisées dans différents environnements ou avec différentes souches du *F. graminearum*. Les résultats de Snijders et van Eeuwijk (1991) ont montré que l'interaction cultivars x environnements influence le développement de la fusariose de l'épi du blé causée par le *F. culmorum*. Notre étude montre que certains cultivars sont associés à l'interaction cultivars x souches, puisqu'ils sont classés différemment selon les souches. Ce sont surtout les cultivars Casavant et Concorde, considérés comme sensibles à la fusariose de l'épi, qui sont associés à l'interaction. Une interaction significative entre des souches du *F. graminearum* et des cultivars de blé a aussi été observée à l'issue d'expériences en serre (Lacroix 1985; Lemmens *et al.* 1993; Woodward et Wilcoxson 1994). Par contre, la reproductibilité de l'interaction cultivars x souches mise en évidence par la présente étude contraste avec les résultats obtenus par Snijders et van Eeuwijk (1991) avec le *F. culmorum*. En effet, dans une répétition de leur expérience, ces auteurs n'ont observé ni interaction cultivars x souches, ni différence significative entre les souches. Dans une expérience en chambre de croissance, une faible interaction entre des souches du *F. graminearum* et des cultivars de blé a également été mise en évidence (Takeda *et al.* 1992).

Des interactions cultivars x souches semblables à celle mise en évidence par cette étude, ont aussi été rapportées dans les pathosystèmes blé et *Leptosphaeria nodorum* Mull., ainsi que tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et *Verticillium dahliae* Kleb. (Beye et Lafay 1988a; Rapilly *et al.* 1988). Ces interactions traduisent l'acquisition d'une certaine spécificité de l'agressivité des souches sous l'effet d'une pression de sélection exercée par les hôtes sur la population de l'agent pathogène (Rapilly *et al.* 1989). Cette pression peut favoriser les éléments de la population les plus aptes à se multiplier chez un cultivar déterminé, et une érosion de la résistance générale pourrait en résulter (Beye et Lafay 1988b). Un phénomène semblable pourrait se produire dans le pathosystème blé et *F. graminearum*.

Les cultivars résistants Line950-Geza141, Nyu-Bay et Toropi ne sont pas associés à l'interaction cultivars x souches. Si un échantillonnage plus étendu de la population du *F. graminearum* confirmait ce caractère, ces cultivars pourraient constituer ainsi une excellente source de résistance durable (Rapilly 1991) pour l'amélioration génétique de la résistance du blé à la fusariose de l'épi.

Cette recherche a montré que la plus grande proportion de la somme des carrés totale est expliquée par les sources de variation cultivars et souches. L'inoculation artificielle avec une souche agressive du *F. graminearum* est donc indispensable pour avoir une évaluation précise de la résistance des cultivars de blé à la fusariose de l'épi. Toute souche agressive permettrait de minimiser l'importance de l'interaction cultivars x souches, puisque selon nos résultats, seule la souche la moins agressive était la moins corrélée aux autres.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été réalisée grâce au financement du Conseil des recherches en pêches et en agroalimentaire du

Québec (CORPAQ). Le premier auteur était bénéficiaire d'une bourse d'études du Programme canadien de bourses de la francophonie. L'étude n'aurait pu être réalisée sans la collaboration de messieurs Alain Lemaire et Denis Ma-rois.

RÉFÉRENCES

- Anderson, A.L. 1948.** The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat. *Phytopathology* 38 : 595-611.
- Bai, G. et G. Shaner. 1994.** Scab of wheat : prospects for control. *Plant Dis.* 78 : 760-766.
- Beye, I. et J.F. Lafay. 1988a.** Verticilliose de la tomate : analyse des interactions entre l'agressivité de l'agent pathogène et la résistance générale de l'hôte. *Agronomie* 8 : 351-361.
- Beye, I. et J.F. Lafay. 1988b.** Verticilliose de la tomate : conséquences des interactions entre l'agressivité de l'agent pathogène et la résistance de l'hôte au niveau des populations. *Agronomie* 8 : 435-439.
- Cappelini, R.A. et J.N. Peterson. 1965.** Macroconidium formation in submerged cultures by non-sporulating strains of *Gibberella zeae*. *Mycologia* 57 : 962-966.
- Devaux, A. 1982.** Enquêtes sur la fusariose du blé au Québec et les espèces de *Fusarium* responsables. *Phytoprotection* 63 : 31.
- Devaux, A. 1992.** Essais sur la résistance du blé à la fusariose de l'épi (*Fusarium graminearum*) 1980-1992. Rapport n° 1. Service de phytotechnie de Saint-Hyacinthe. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Saint-Hyacinthe (Québec). 261 pp.
- Devaux, A. 1994.** Essais sur la résistance du blé à la fusariose de l'épi (*Fusarium graminearum*). Rapport n° 3. Service de phytotechnie de Saint-Hyacinthe. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Saint-Hyacinthe (Québec). 25 pp.
- Fernandez, M.R. 1991.** Recovery of *Cochliobolus sativus* and *Fusarium graminearum* from living and dead wheat and nongramineous winter crops in southern Brazil. *Can. J. Bot.* 69 : 1900-1906.
- Francis, R.G. et L.W. Burgess. 1977.** Characteristics of two populations of *Fusarium roseum* 'Graminearum' in eastern Australia. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 68 : 421-427.

- Ichinoe, M., H. Kurata, Y. Sugiura et Y. Ueno. 1983.** Chemotaxonomy of *Gibberella zeae* with special reference to production of trichothecenes and zearalenone. Appl. Environ. Microbiol. 46 : 1364-1369.
- Lacroix, M. 1985.** Étude de la variabilité de production du désoxynivalénol par des souches du *Fusarium graminearum*. Thèse de Maîtrise. Université Laval, Québec, Canada. 62 pp.
- Lemmens, M., H. Bürstmayr et P. Ruckebauer. 1993.** Variation in fusarium head blight susceptibility of international and Austrian wheat breeding material. Bodenkultur 44 : 65-78. Résumé dans Rev. Plant Pathol. 72 : 769.
- Martin, R.A. et H.W. Johnston. 1982.** Effects and control of fusarium diseases of cereal grains in the Atlantic Provinces. Can. J. Plant Pathol. 4 : 210-216.
- Nirenberg, H.I. 1981.** A simplified method for identifying *Fusarium* spp. occurring on wheat. Can. J. Bot. 59 : 1599-1609.
- Nkongolo, K.K., D. Dostaler et L. Couture. 1994.** Étude de l'infection du blé et de l'accumulation de désoxynivalénol par rapport à la méthode d'inoculation avec le *Fusarium graminearum*. Can. J. Plant Pathol. 16 : 37-42.
- Parry, D.W., P. Jenkinson et L. McLeod. 1995.** *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals - a review. Plant Pathol. 44 : 207-238.
- Purss, G.S. 1971.** Pathogenic specialization in *Fusarium graminearum* on wheat and corn. Aust. J. Agric. Res. 22 : 553-561.
- Rapilly, F. 1991.** L'épidémiologie en pathologie végétale : mycoses aériennes. INRA, Paris. 317 pp.
- Rapilly, F., P. Auriau, H. Richard et C. Depatureaux. 1988.** Réactions d'une série monosomique de blé à la contamination des feuilles et des épis par deux souches de *Septoria nodorum* Berk. (= *Lepidosphaeria nodorum* Mull.). Agronomie 8 : 801-809.
- Rapilly, F., H. Richard, M. Skajennikoff, Y. Cauderon et J. Roussel. 1989.** Pressions de sélection exercées par le noyau ou le cytoplasme de l'hôte sur l'agressivité d'un parasite nécotrophe du blé : *Septoria nodorum* Berk. Agronomie 9 : 703-718.
- Schroeder, H.W. et J.J. Christensen. 1963.** Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. Phytopathology 53 : 831-838.
- Snijders, C.H.A. 1994.** Breeding for resistance to *Fusarium* in wheat and maize. Pages 37-58 in J.D. Miller et H.L. Trenholm (réds.), Mycotoxins in grains - compounds other than aflatoxin. Eagan Press, St. Paul, Minnesota.
- Snijders, C.H.A. et F.A. van Eeuwijk. 1991.** Genotype x strain interactions for resistance to *Fusarium culmorum* in winter wheat. Theor. Appl. Genet. 81 : 239-244.
- Sung, J.M. et R.J. Cook. 1981.** Effect of water potential on reproduction and spore germination by *Fusarium roseum* 'Graminearum', 'Culmorum', and 'Avena-ecum'. Phytopathology 71 : 499-504.
- Sutton, J.C. 1982.** Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. Can. J. Plant Pathol. 4 : 195-209.
- Takeda, K., R. Kanatani et C.L. Zhang. 1992.** [Varietal variation of the scab disease resistance in wheat evaluated by the "cut-spike" inoculation method.] Jpn. J. Breed. 42 : 649-656. Résumé dans Rev. Plant Pathol. 72 : 411.
- Tschanz, A.T., R.K. Horst et P.E. Nelson. 1975.** A substrate for uniform production of perithecia in *Gibberella zeae*. Mycologia 67 : 1101-1108.
- Tuite, J., G. Shaner et R.J. Everson. 1990.** Wheat scab in soft red winter wheat in Indiana in 1986 and its relation to some quality measurements. Plant Dis. 74 : 959-962.
- Van Eeuwijk, F.A., A. Mesterhazy, C.I. Kling, P. Ruckebauer, L. Saur, H. Bürstmayr, M. Lemmens, L.C. Keizer, N. Maurin et C.H.A. Snijders. 1995.** Assessing non-specificity of resistance in wheat to head blight caused by inoculation with European strains of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* and *F. nivale* using a multiplicative model for interaction. Theor. Appl. Genet. 90 : 221-228.
- Wiese, M.V. 1987.** Compendium of wheat diseases. 2^e édition. APS Press, St. Paul, Minnesota. 112 pp.
- Wong, L.S.L., A. Tekauz, D. Leisle, D. Abramson et R.I.H. McKenzie. 1992.** Prevalence, distribution and importance of fusarium head blight in wheat in Manitoba. Can. J. Plant Pathol. 14 : 233-238.
- Woodward, R.P. et R.D. Wilcoxson. 1994.** Pathogenic variation among *Fusarium graminearum* isolates causing head blight of spring wheat cultivars. Phytopathology 84 : 1161.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang et C.F. Konzak. 1974.** A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res. 14 : 415-421.