



Lutte contre les maladies foliaires du blé d'automne de 1995 à 1999

1. Développement des maladies

D. GINDRAT, P. FREI et D. PELLET, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon

@ E-mail: daniel.gindrat@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22/36 34 444.

Résumé

Le développement de l'oïdium, de la rouille brune et des septorioses foliaires sur les trois feuilles supérieures de la variété de blé d'automne Arina a été suivi dans quatre régions de Suisse romande de 1995 à 1999 (24 essais). Quatre types d'épidémies ont été observés, selon le pathogène, les conditions locales ou celles de l'année. L'oïdium n'a été virulent qu'en terres tourbeuses (disponibilité de l'azote), surtout lors de printemps humides. La rouille brune s'est déclarée dans tous les essais. *Stagonospora nodorum* a été l'agent principal des septorioses foliaires, tandis que *Septoria tritici* s'est faiblement manifesté. Un déficit hydrique élevé durant 6 mois en 1998 a freiné le développement de *S. nodorum*. La septoriose de l'épi n'est survenue que dans un seul essai en dépit des conditions favorables existant dans plusieurs essais (présence du champignon sur les feuilles supérieures, pluies durant l'épiaison). A Changins, l'oïdium et la rouille brune, à l'inverse des septorioses, ont été légèrement plus virulents en répiage que dans la rotation de culture. La rouille jaune a été observée dans un essai.

de terre (Gros-de-Vaud/Jorat), betterave, pomme de terre ou maïs (Ependes) et maïs ou pomme de terre (Chablais).

Le schéma expérimental consistait en 4 (1995 à 1998) ou 5 (1999) blocs randomisés. La surface des parcelles individuelles variait entre 18 et 36 m² selon les essais. Les semis (densité: 425-500 grains/m²) ont été réalisés entre le 7 et le 17 octobre (Changins), le 9 et le 11 octobre (Gros-de-Vaud/Jorat), le 16 octobre et le 7 novembre (Ependes), le 24 octobre et le 4 novembre (Chablais). Le travail du sol, le désherbage et la fumure azotée ont été réalisés selon les pratiques usuelles sur les différentes exploitations.

Contrôles

Les maladies sont observées chaque semaine dès le stade BBCH 23-25 (plein tallage) du blé sur 50 pousses principales prélevées à travers les parcelles non traitées au fongicide. Le taux de pousses présentant une maladie sur l'une ou l'autre des 3 feuilles supérieures complètement étalées constitue la fréquence de la maladie. L'intensité est établie selon une échelle basée sur celle de James (1971) avec les classes d'intensité suivantes: 0, 0,1, 1, 5, 10, 15, 25, 50 et 75% de surface foliaire atteinte. La note de 0,1% est attribuée pour une ou deux taches d'oïdium, une à trois pustules de rouille brune ou une trace de septoriose.

Introduction

Nos observations de 1987 à 1993 sur le développement des maladies du feuillage du blé d'automne (var. Arina cultivée en rotation) dans quatre régions de Suisse romande et sur l'effet des fongicides ont été publiées précédemment (GINDRAT *et al.*, 1995; 1996). Les observations se sont poursuivies sur une plus longue période dans la saison, avec des données plus complètes sur les septorioses foliaires, une comparaison entre rotation et répiage, et de nouvelles matières actives fongicides. Ce premier de deux articles est consacré à la description des épidémies d'oïdium (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*), de septorioses foliaires (*Stagonospora* [= *Septoria*] *nodorum* et *Septoria tritici*) et de rouille brune (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) dans les quatre ré-

gions d'essais. Les éléments nouveaux par rapport à l'étude précédente sont mis en évidence.

Matériel et Méthodes

Organisation des essais

Vingt-quatre essais ont été conduits de 1995 à 1999 sur la variété de blé d'automne Arina. Chaque année, cinq essais ont été mis en place: un essai en rotation et un essai après blé d'automne à Changins (420 m, région lémanique); un essai en rotation à Bex ou à Saint-Triphon (430 m, Chablais), un essai en rotation à Goumoens-la-Ville ou à Peney-le-Jorat (610 et 830 m, région du Gros-de-Vaud/Jorat) et un essai en rotation à Ependes (440 m, plaine de l'Orbe). L'essai de Goumoens-la-Ville en 1999 a été interrompu en cours de saison. Pour les essais en rotation, les précédents culturels ont été les suivants: maïs ou pois protéagineux (Changins), betterave, colza ou pomme

Résultats et discussion

Types d'épidémies observés

L'oïdium, les septorioses foliaires et la rouille brune se sont manifestés dans tous les essais, tandis que la septoriose de l'épi (*S. nodorum*) s'est montrée très discrète. La rouille jaune (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) s'est faiblement développée à Changins en 1999.

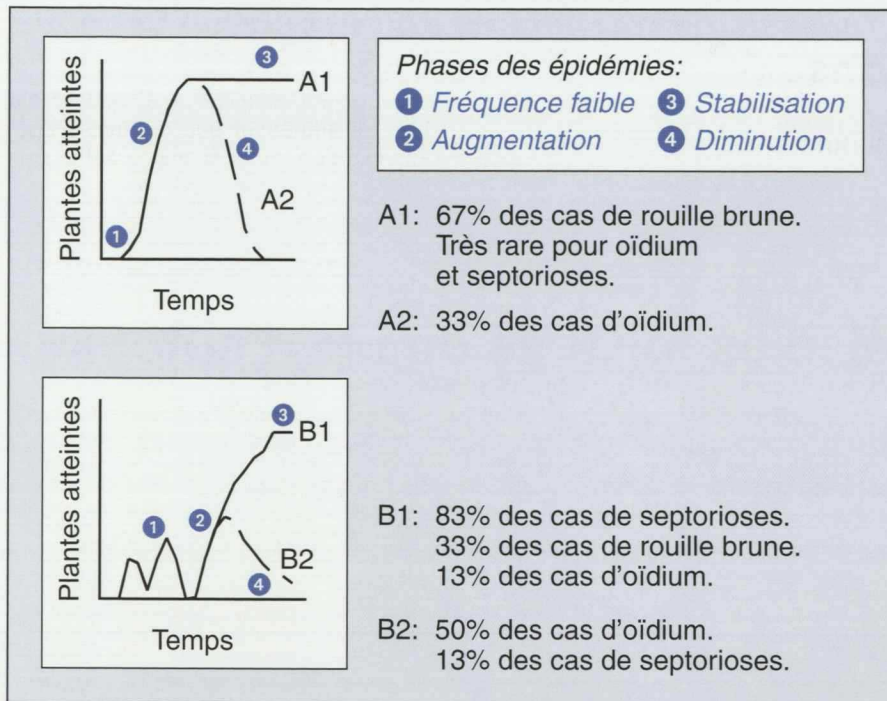


Fig. 1. Les quatre types de développement des maladies (épidémies) dans les essais de 1995 à 1999.

Les observations ont été réalisées sur les trois feuilles supérieures étalées (stades BBCH 23-25 à 71-79).

Le suivi hebdomadaire de la fréquence des trois maladies dominantes sur les trois étages foliaires supérieurs révèle 4 formes de développement des épidémies (fig. 1).

➤ **Types d'épidémie A.** Phases 1 et 2 (augmentation exponentielle) relativement brèves, continues (les symptômes apparaissent sur les nouvelles feuilles au fur et à mesure de leur développement). Caractéristique des parasites obligatoires (rouille brune et oïdium) en conditions favorables. L'épidémie peut ensuite prendre deux aspects:

- ◆ **A1.** Phase 3 (stabilisation) égale ou proche de 100% des plantes atteintes. Cette évolution reflète le maintien de conditions favorables au pathogène. C'est le cas de la rouille brune (2/3 des cas).
- ◆ **A2.** Phase 3 inexistante. Après une fréquence maximum, la maladie tend à diminuer, voire à disparaître des nouveaux étages foliaires (phase 4): l'agent pathogène a rencontré des conditions défavorables à son développement. Ce type d'épidémie dont la courbe est en forme de «cloche» est observé dans un tiers des cas d'oïdium.

➤ **Type d'épidémie B.** Phase 1 assez longue, irrégulière, avec des hauts et des bas dans la fréquence de la ma-

ladie. Cela indique, pour l'oïdium et la rouille brune, des conditions contrastées de développement en début de saison. Pour les septorioses, et surtout pour *S. nodorum* (parasite facultatif), ce type de développement est normal en conditions favorables: la période de latence (symptômes absents) est longue et les nouvelles feuilles prises en compte dans les notations présentent tardivement les signes de la maladie. Après une phase 2 d'augmentation assez brève,

l'épidémie peut alors revêtir deux aspects:

- ◆ **Type B1.** Stabilisation (phase 3) à un maximum souvent élevé: la maladie a rencontré des conditions favorables à son développement en seconde partie de saison. Type fréquent pour les septorioses foliaires, également observé avec la rouille brune.
- ◆ **Type B2.** Après un maximum assez bas, la fréquence diminue: la maladie a rencontré des conditions défavorables à son développement dans la seconde partie de la saison. Observé dans 50% des cas d'oïdium, plus rarement avec les septorioses foliaires.

Les types d'épidémies observés dans chaque essai sont présentés dans le tableau 1. L'oïdium s'est manifesté de façon notable seulement quatre années sur cinq à Ependes, alors qu'il y avait été virulent chaque année de 1987 à 1993 (GINDRAT *et al.*, 1995). Les septorioses foliaires se sont développées dans tous les essais, à l'exception de Changins (1998) et du Chablais (1997). La rouille brune s'est montrée moyennement à hautement virulente dans tous les essais.

Les épidémies de type A2 et B2 sont sans grand danger pour les cultures, les maladies ayant tendance à disparaître avec le temps. Au contraire, les types A1 et B1 traduisent des attaques plus graves. Il apparaît ainsi d'emblée que, dans l'ensemble des essais pour la variété de blé d'automne Arina, l'oïdium a constitué une menace nettement plus faible que les septorioses foliaires et, surtout, que la rouille brune.

Tableau 1. Types d'épidémies dans les essais (1995 à 1999).

		Changins		Ependes	Gros-de-Vaud/Jorat	Chablais
		Rotation	Répiage			
Oïdium	1995	B2	B2	A1	B2	B2
	1996	B2	A2	B1	B2	A2
	1997	B2	B2	A1	B2	B2
	1998	B2	A2	A1	B2	A2
	1999	A2	A2	A2	Pas d'essai	A2
Sept. foliaires	1995	B1	B1	B1	B1	B1
	1996	B1	B1	B1	B1	B1
	1997	B1	B1	B1	B1	B2
	1998	B2	B2	B1	B1	B1
	1999	B1	B1	B1	Pas d'essai	A1
Rouille brune	1995	B1	A1	B1	A1	B1
	1996	A1	A1	A1	A1	A1
	1997	A1	B1	A1	A1	A1
	1998	A1	B1	A1	B1	A1
	1999	B1	A1	B1	Pas d'essai	A1

En gras, les essais où la maladie a été virulente.

Fréquence et intensité des maladies

Alors que le suivi de la *fréquence* des maladies (pousses atteintes) sur les feuilles supérieures est le reflet du rythme de développement de l'épidémie dans la culture, les notations d'*intensité* (surface foliaire atteinte) en mesure la virulence. Ces notations sont réalisées pour l'évaluation de l'efficacité des traitements fongicides. Elles permettent aussi une «photographie» de l'état sanitaire des feuilles supérieures du blé lors de la maturation du grain et une appréciation du rôle de chaque ma-

ladie dans leur détérioration. Ces observations sont présentées pour chaque site d'essai dans la figure 2.

Oïdium

Le site d'Ependes est le seul où l'oïdium s'est réellement manifesté de manière sensible (tabl. 1; fig. 2), tout en variant fortement dans son intensité, ce qui confirme les résultats précédents (GINDRAT *et al.*, 1995). Le développement des cinq épidémies annuelles est présenté dans la figure 3. De 1995 à 1998, elles étaient de type A1 ou B1 en sols tourbeux (stabilisation à une fré-

quence maximum), alors qu'en 1999 l'oïdium a eu un développement de type A2 en sol minéral, avec une nette diminution après les stades 41-45 du blé. En admettant que la pluviométrie enregistrée à la station météo de Payerne est représentative pour le site d'Ependes (distant de 25 km), le développement de l'oïdium en sols tourbeux a été en relation directe avec la somme des précipitations entre les stades 21/25 et 37/39 du blé (fig. 2). Le niveau maximum relativement moyen atteint par la maladie en 1996 (75-80% de plantes atteintes, comparativement à 100% pour 1995, 1997 et 1998) paraît lié aux fai-

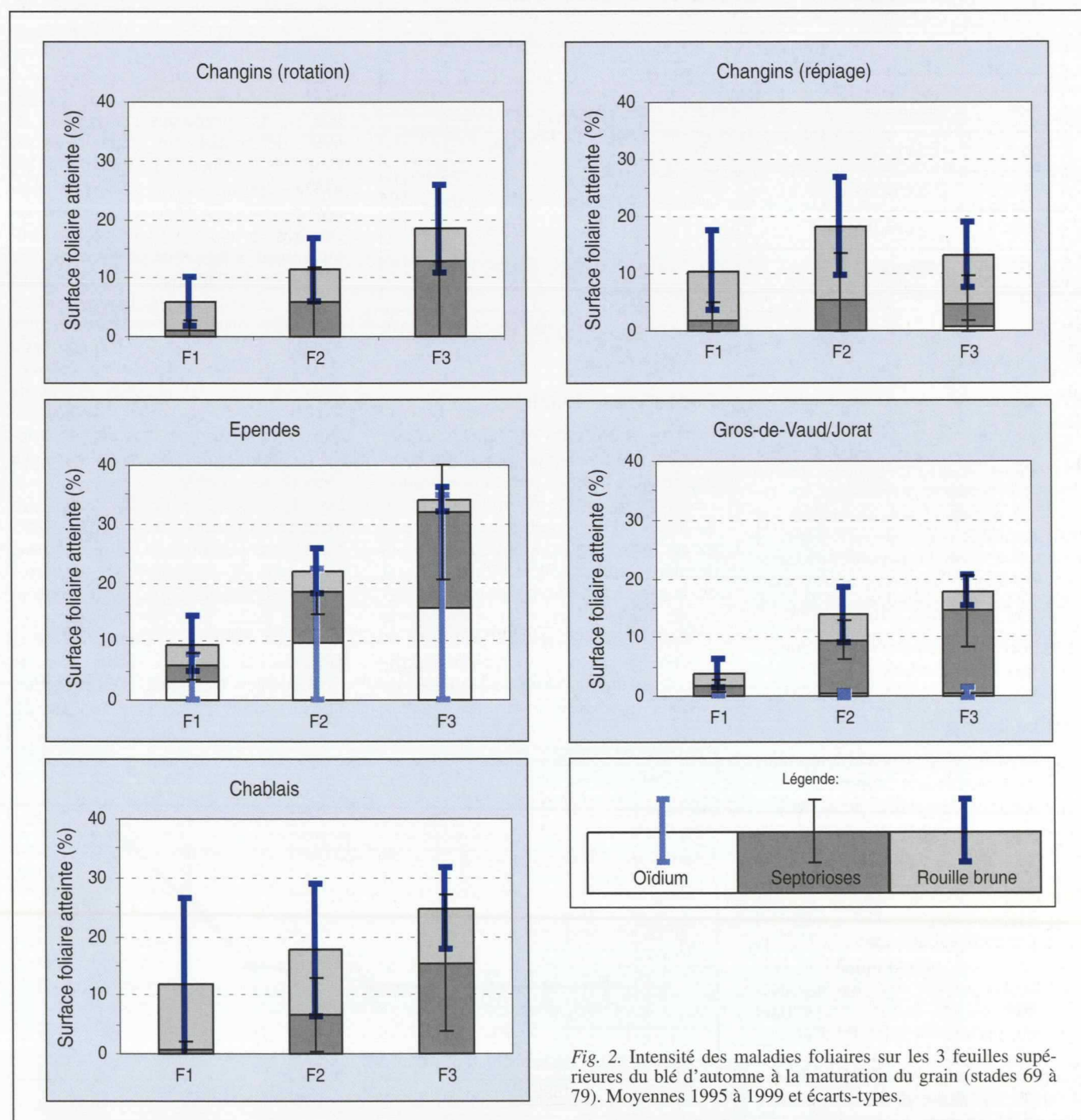


Fig. 2. Intensité des maladies foliaires sur les 3 feuilles supérieures du blé d'automne à la maturation du grain (stades 69 à 79). Moyennes 1995 à 1999 et écarts-types.

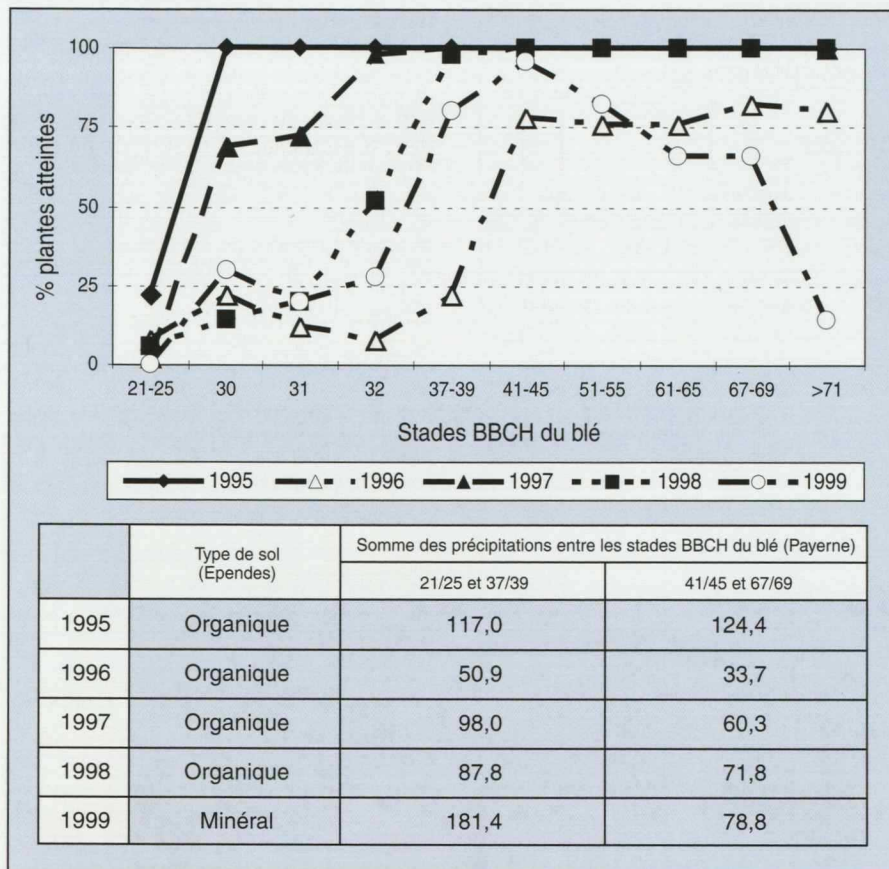


Fig. 3. Développement de l'oïdium dans les 5 essais d'Ependes, et précipitations (station météo de Payerne).

bles précipitations enregistrées entre les stades 41/45 et 67/69 du blé. Quant à l'épidémie de 1999 (sol minéral), elle est comparable aux épidémies d'oïdium observées la même année dans les autres lieux d'essais (tabl. 1), malgré une pluviométrie élevée (fig. 3). Dans la plaine de l'Orbe, la disponibilité constante en azote des terres noires tourbeuses a été très probablement le principal facteur favorable à l'oïdium qui s'est développé d'autant plus que le printemps a été pluvieux.

Rouille brune

C'est la maladie la plus virulente dans l'ensemble des essais, comme le laissait prévoir la sensibilité de la variété Arina. La rouille brune est la principale maladie foliaire à la maturité du blé, en particulier sur la dernière feuille, à Changins, (surtout en répiage) et dans le Chablais où son intensité a toutefois été très variable d'une année à l'autre. Elle a été assez régulièrement la plus discrète à Ependes (fig. 2). L'aspect des épidémies est le plus souvent du type A1, parfois du type B1 (tabl. 1; fig. 4). La maladie s'observe essentiellement après les stades BBCH du blé 37-39 et son développement est alors généralement rapide.

Septorioses foliaires

L'étude précédente (GINDRAT *et al.*, 1995) n'avait pas tenu compte de *S. nodorum* dans sa phase parasitaire foliaire. Les symptômes de *S. nodorum* et de *S. tritici* se distinguent aisément jusqu'au stade du développement de la dernière feuille (BBCH 39). Ensuite, il est parfois difficile d'établir un diagnostic correct, surtout en présence de *S. nodorum*: les deux septorioses se confondent alors et sont parfois difficiles à distinguer du dessèchement dû à la sénescence de la feuille. La figure 5

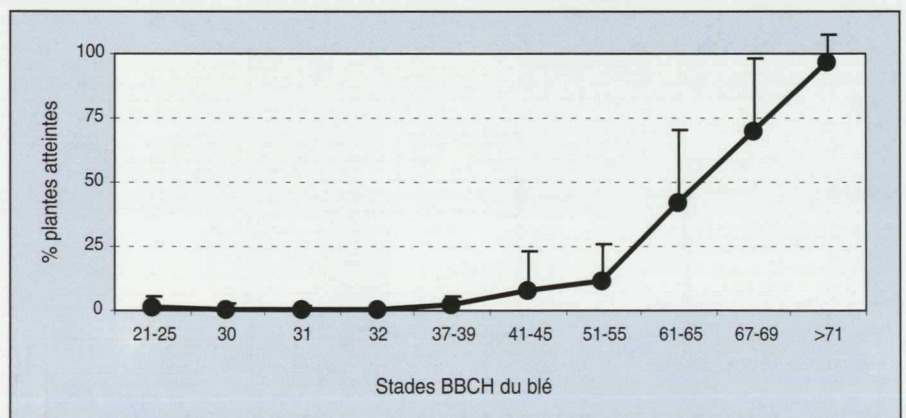


Fig. 4. Développement de la rouille brune de 1995 à 1999 (moyennes de 24 essais et écarts-types).

Tableau 2. Déficit hydrique journalier moyen^a (1^{er} mai au 15 juin) de 1998 comparé à celui de 1995, 1996, 1997 et 1999.

Années	Déficit hydrique (mm)
1998	79,9
Moyenne 1995, 1996, 1997, 1999	28,6

^aRelevés des stations météorologiques de Changins, Aigle, Payerne et Goumoens-la-Ville.

présente les épidémies des deux septorioses observées dans les 24 essais. *S. nodorum* s'est montré le plus actif avec des épidémies le plus souvent caractéristiques du type B1. En 1998, le développement de *S. nodorum* a été particulièrement faible malgré une fréquence assez marquée en début de saison (fig. 4). Un printemps chaud et ensoleillé, déterminant un déficit hydrique élevé dès le début de mai (stade du blé 37/39) a probablement entravé les épidémies (tabl. 2). Dans la majorité des cas, *S. tritici* a présenté un faible développement à tendance de type B2. Ce comportement différent des deux agents pathogènes pourrait être lié davantage à la variété Arina – apparemment plus sensible à *S. nodorum* foliaire qu'à *S. tritici* – qu'aux conditions climatiques: en effet, des attaques graves de *S. tritici* ont été signalées dans le canton de Vaud sur certaines autres variétés de blé d'automne, par exemple en 1999 (FIAUX, 1999). Les septorioses ont été les principales maladies foliaires dans le Gros-de-Vaud/Jorat. Comme la rouille brune, elles ont été présentes sur les trois feuilles supérieures lors de la maturation du grain: plus discrètes dans les essais en répiage à Changins, assez rares sur la dernière feuille dans le Chablais et à Changins, bien présentes sur les feuilles 2 et 3 à Ependes (fig. 2).

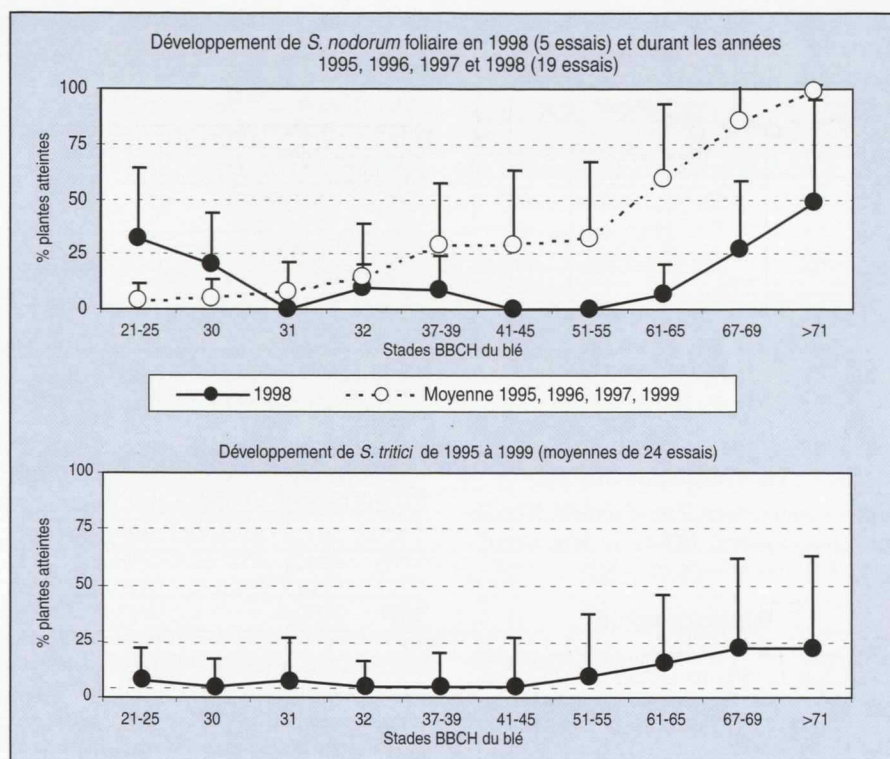
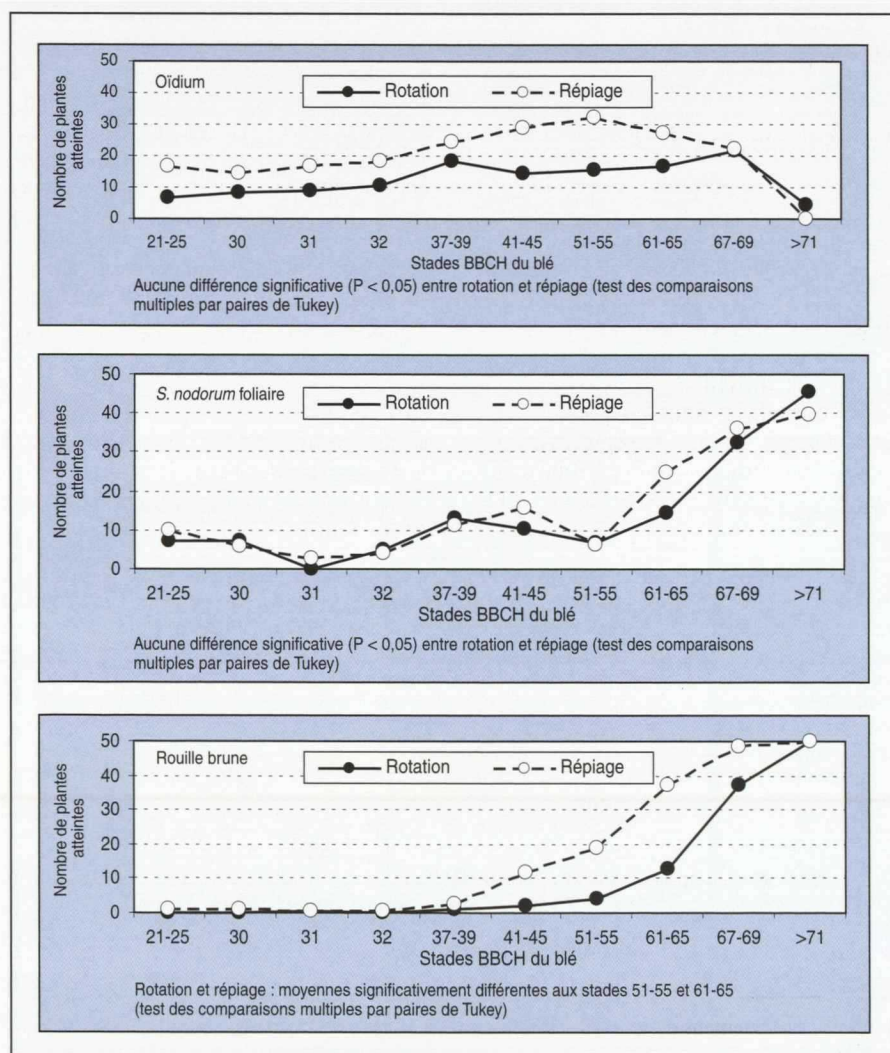


Fig. 5. Epidémies moyennes, avec écarts-types, de *S. nodorum* et de *S. tritici* dans les 24 essais (1995-1999). Observations sur les 3 feuilles supérieures étalées.



Septoriose de l'épi

En dépit d'une présence visible de taches de *S. nodorum* sur les feuilles supérieures au moment de l'épiaison dans 8 essais sur 24 (>20% de pousses atteintes), la septoriose de l'épi ne s'est déclarée que dans un seul essai (Ependes, 1996). Ceci contraste avec les observations réalisées sur la même variété Arina de 1987 à 1993, où la maladie avait été virulente à Ependes quatre années sur sept et présente aussi dans le Gros-de-Vaud (GINDRAT *et al.*, 1995). Les données de pluviométrie pendant l'épiaison (stades BBCH 51-59) n'apportent aucune explication à l'absence de septoriose de l'épi dans plusieurs essais de 1995 à 1999.

Développement des maladies en rotation et en répiage

Les épidémies observées à Changins dans les essais parallèles en rotation de culture et en répiage sont présentées dans la figure 6. L'oïdium s'est apparemment développé un peu plus en répiage qu'en rotation tout au long de la saison d'observation, mais sans différences significatives et sans effet ultérieur sur les feuilles supérieures (fig. 2). Le nombre limité d'années d'observation (5) n'a pas permis d'établir une différence statistiquement significative entre les deux modes de culture. *S. nodorum* foliaire s'est développé avec une fréquence très comparable en rotation et en répiage. En revanche, les épidémies de rouille brune ont manifesté une tendance significative à s'étendre plus rapidement aux stades 51 à 65 du blé, avec un impact plus grand sur les feuilles supérieures (fig. 2). La survie des parasites foliaires sur repousses ou pailles de blé devrait favoriser un développement plus précoce et plus rapide des maladies en répiage (YARHAM et NORTON, 1981). Cet effet pourrait peut-être se révéler de manière plus significative sur une plus longue durée expérimentale.

Fig. 6. Développement des maladies foliaires sur les 3 feuilles supérieures du blé d'automne Arina en rotation de culture et en répiage (moyennes de 5 essais, Changins, 1995 à 1999). Cinquante plantes contrôlée/stade/essai.

Tableau 3. Essais où le seuil d'intervention contre l'oïdium, la rouille brune ou *S. nodorum* foliaire a été atteint.

Maladies	Seuils d'intervention ^a		Fréquence des cas (%) ^b où le seuil d'intervention a été atteint				
	Stade BBCH du blé	Pousses atteintes (%)	Changins, rotation	Changins, répiage	Gros-de-Vaud/Jorat	Ependes	Chablais
Oïdium	31 à 59	25	100	100	50	100	60
Rouille brune	37 à 43 45 à 61	5 1	100	100	100	100	100
<i>S. nodorum</i> foliaire	37 à 61	30	60	60	100	80	20

^aSeuils ajustés à la var. Arina. Sources: oïdium et rouille brune (ANONYME, 2000); *S. nodorum* foliaire: seuil expérimental.

^b5 essais/lieu, sauf Gros-de-Vaud/Jorat (4 essais).

Seuils d'intervention

Le nombre de cas dans lesquels les seuils d'intervention fongicide en usage ou en expérimentation en Suisse ont été atteints contre les trois maladies dominantes est présenté dans le tableau 3. Chaque année, le seuil d'intervention contre la rouille brune a été atteint dans tous les essais. Il en a été de même pour l'oïdium à Changins (rotation et répiage) et à Ependes, de même que dans le Gros-de-Vaud/Jorat pour *S. nodorum* foliaire. C'est dans le Chablais que ce dernier agent pathogène a été le plus discret (une année sur cinq). Les épidémies d'oïdium ont revêtu des aspects très différents à Changins et à Ependes (tabl. 1; fig. 6) après le dépassement du seuil d'intervention. Ce seuil doit être modifié, car il ne tient pas compte de l'effet de facteurs régionaux sur la maladie. La difficulté d'établir un seuil d'intervention contre l'oïdium en Suisse a déjà été évoquée (GINDRAT *et al.*, 1996).

Remerciements

Les auteurs remercient vivement Noëlle Badel et Vincent Bovet de leur excellente collaboration technique.

Bibliographie

- ANONYME, 2000. Fiche technique 1.56, Service romand de vulgarisation agricole, Lausanne.
- FIAUX G., 1999. Rapport phytosanitaire 1999. Station cantonale de protection des plantes, Moudon, 13 p.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1995. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande. III. Maladies du feuillage et des épis: développement de l'oïdium, de la rouille brune et des septorioses (1987-1993). *Revue suisse Agric.* **27** (1), 41-48.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1996. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande. IV. Effets des traitements fongicides visant l'oïdium, la rouille brune et la septoriose de l'épi (1987-1993). *Revue suisse Agric.* **28** (1), 47-56.
- JAMES C., 1975. Manuel contenant des clés d'évaluation de maladies des plantes. Public. n° 1458, Agriculture Canada, Ottawa.
- YARHAM D. J., NORTON J., 1981. Effects of cultivation methods on disease. In: Strategies for the control of cereal diseases, Jenkyn J. F., Plumb R. T., édit., Blackwell Scientific Publications, Oxford, 157-166.

Conclusions

- Lors de 24 essais de 1995 à 1999 en Suisse romande, la rouille brune et les septorioses (*S. nodorum* en particulier) ont été les maladies foliaires dominantes du blé d'automne Arina. Septoriose de l'épi et rouille jaune ont été exceptionnelles.
- L'oïdium ne s'est montré virulent qu'en sol tourbeux, à Ependes, dans la plaine de l'Orbe.
- Quatre formes d'épidémies ont été observées selon le type d'agent pathogène, et selon les conditions locales et celles de l'année qui ont influencé leur développement de la fin de l'hiver au début de l'été.
- Lors de la maturation du grain, la surface atteinte des deux dernières feuilles a été, en moyenne, la plus élevée à Ependes (oïdium, septorioses). La rouille brune a été la plus virulente sur les trois dernières feuilles dans le Chablais et à Changins (répiage), alors que les septorioses foliaires ont dominé sur les deux dernières feuilles dans le Gros-de-Vaud/Jorat.
- La rouille brune a été plus active entre les stades 51 et 65 du blé en répiage par rapport à la rotation à Changins.
- Le seuil d'intervention actuel contre l'oïdium ne permet pas une prévision de l'épidémie et doit être amélioré.

Zusammenfassung

Bekämpfung der Blattkrankheiten im Winterweizen, 1995-1999. I. Entwicklung der Blattkrankheiten

In vier Regionen der Westschweiz (24 Versuche) wurde bei der Winterweizensorte Arina die Entwicklung der Blattkrankheiten (Mehltau, Braunrost und Septoriosen) auf den drei obersten Blättern untersucht. Je nach Krankheitserreger, den lokalen Verhältnissen oder dem Anbaujahr konnten vier verschiedene Epidemieabläufe festgestellt werden. Starker Mehltaubefall trat nur in Parzellen auf Moorboden auf, vor allem nach einem feuchten Frühjahr. In allen Versuchen konnte eine Braunrostepidemie beobachtet werden. Von den Blattseptorien war immer *Stagonospora nodorum* die Hauptkrankheit, während *Septoria tritici* nur schwach vertreten war. 1998 wurde die Entwicklung von *S. nodorum* durch Wassermangel stark gehemmt. Trotz günstigen Bedingungen in mehreren Versuchen (*S. nodorum* Befall auf den Blättern und Niederschläge zum Ährenschieben) konnte Ährenseptoria nur in einem Versuch beobachtet werden. Gegenüber einer normalen Fruchtfolge in Changins, wurden durch den Anbau von Weizen auf Vorfrucht Weizen Mehltau und Braunrost, nicht aber die Blattseptorien, leicht gefördert. Gelbrost konnte in einem Versuch beobachtet werden.

Summary

Control of diseases of winter wheat, 1995-1999. I. Epidemiology

The development of powdery mildew, leaf rust and *Septoria* leaf blotch on the winter wheat cv. Arina was studied in four areas of Western Switzerland (24 experiments) from 1995 to 1999. Four types of epidemics were observed, according to the pathogen and local conditions. Powdery mildew was severe only in peat soils (nitrogen availability) during wet springs. Leaf rust was observed in all experiments. *Stagonospora nodorum* was the major cause of leaf blotch while *Septoria tritici* occurred scarcely. Epidemics of *S. nodorum* were reduced during a 6-month water stress in 1998. Glume blotch was observed only in one experiment despite of leaf blotch (*S. nodorum*) on upper leaves and rainfalls during earing in several experiments. Powdery mildew and leaf rust, unlike leaf blotch, were slightly more severe on winter wheat following winter wheat than on wheat following a non-cereal crop. Stripe rust was observed in one experiment.

Key words: winter wheat, powdery mildew, leaf blotch, rusts, glume blotch, epidemiology.