

# Piétin-verse des céréales d'automne: interactions entre les fongicides et les populations de l'agent pathogène

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

## Résumé

Les interactions entre les fongicides et les populations de *Pseudocercospora herpotrichoides* ont été étudiées dans des essais avec des céréales d'automne, en particulier le blé, de 1986 à 1996 dans quatre régions de Suisse romande. Les souches résistantes aux benzimidazoles (MBC-rés) ont significativement augmenté après l'usage d'un fongicide contenant une matière active de ce groupe (test t:  $P < 0,01$ ). Les souches lentes (type R) ont présenté une tendance à l'augmentation sous l'effet du mélange flusilazole + carbendazime (test t:  $P = 0,08$ ).

L'efficacité du bénomyl, du prochloraz et du flusilazole a été significativement négativement corrélée à la proportion de souches R dans les populations de base ( $r^2 = 0,52, 0,36$  et  $0,71$ , respectivement). L'efficacité des benzimidazoles n'a pas été significativement diminuée en présence de 1 à 46% de souches MBC-rés dans les populations de base. Au laboratoire, les souches R isolées de plantes traitées avec le prochloraz ont montré une très faible tendance à une sensibilité réduite à ce fongicide ( $0,5 \text{ ppm} < CI_{50} < 1,0 \text{ ppm}$  chez 0,8% des isolats). Dans des tests limités, cette tendance était plus nette à l'égard du flusilazole ( $CI_{50} > 1,0 \text{ ppm} > CI_{90}$ ).

L'efficacité des traitements contre le piétin-verse est restée globalement stable de 1987 à 1996, pour l'ensemble de quatre régions d'essais de Suisse romande. Une baisse de l'activité des benzimidazoles a été observée à Changins, en particulier dans les parcelles présentant de fortes attaques de piétin-verse. Parallèlement, une baisse significative de l'efficacité du flusilazole a été enregistrée, également à Changins, entre 1987 et 1994, tendance qui s'est infléchie en 1995 et 1996 (GINDRAT et FREI, 1997b).

☞ Dans cette publication, nous présentons des données sur:

- les effets sélectifs des traitements fongicides sur les types de souches de *P. herpotrichoides*;
- l'influence des populations du champignon sur l'efficacité des fongicides.

## Introduction

Les populations de *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton (forme sexuée: *Tapesia yallundae* Wallw. & Spoon.), agent du piétin-verse des céréales, se composent de deux principaux types de souches: les souches W (ou rapides) et les souches R (ou lentes). Récemment, DYER *et al.* (1996) et MOREAU et MARAITE (1996) ont démontré à l'aide de méthodes génétiques et moléculaires que ces deux types de souches devraient représenter en fait deux espèces distinctes: *Tapesia yallundae* et *T. aciformis*. Le type W est encore subdivisé en formes WH (rapides à spores recourbées) et WA (rapides à spores droites) (FREI et GINDRAT, 1995). La distinction entre espèces de *Tapesia*

n'étant actuellement possible qu'à l'aide de techniques moléculaires et génétiques, nous conserverons ici la classification en type W et type R, en attendant de savoir à quelle espèce nos isolats appartiennent.

Nous avons récemment montré qu'il était difficile d'établir une relation entre la fréquence de l'un ou l'autre type de souche de *P. herpotrichoides* et les manifestations de la maladie. En revanche, un type de souche dominait sur le blé dans certaines régions et non dans d'autres, sans relation toutefois avec l'importance des attaques. Une tendance vers une corrélation positive entre la proportion de souches R et celle de souches résistantes aux benzimidazoles (souches MBC-rés) avait aussi été dégagée (GINDRAT et FREI, 1997a).

## Matériel et méthodes

### Parcelles étudiées

Le travail a été réalisé entre 1986 et 1996. La plupart des résultats ont été obtenus dans des champs d'essais où divers traitements fongicides ont été comparés sur du blé d'automne en rotation, plus rarement en répiage, et aussi sur de l'orge d'automne. La plupart des essais se sont déroulés dans diverses régions de Suisse romande, quelques-uns en Suisse alémanique. Certains résultats obtenus avec le blé ont été regroupés selon des régions: Changins (420 m), région de La Côte lémanique; Gros-de-Vaud/Jorat (630-830 m); Bex/Saint-Triphon (430 m), région de la plaine du Rhône; Ependes (440 m), région de la plaine de l'Orbe.

Tableau 1. Fongicides utilisés contre le piétin-verse du blé d'automne dans les essais de 1986 à 1996.

Familles	Groupe de résistance	Produits commerciaux	Matières actives (g/ha)	Années
Benzimidazoles	A	Benlate Dérosal, Carbendazime	bénomyl (250) carbendazime (250 à 300)	1986 à 1993
Imidazoles	b	Sportak	prochloraz (450)	1986 à 1996
Benzimidazoles + Imidazoles	Ab	Sportak PF	carbendazime (125) + prochloraz (477)	1986 à 1988
Triazoles	B	Capitan	flusilazole (300)	1987 à 1996
Benzimidazoles + Triazoles	AB	Punch C Bayleton Total	carbendazime (150) + flusilazole (300) carbendazime (200) + triadiméfon (100)	1987 à 1990 1986 à 1990
Anilinoypyrimidines	I	Unix	cyprodinil (750)	1993 à 1996

### Fongicides examinés

Ils sont présentés dans le tableau 1.

### Evaluation des attaques de *P. herpotrichoides*

Les attaques sont évaluées au stade de la maturité pâteuse (stades CD 83-85) sur une échelle de 0 à 4 donnant l'intensité des lésions de *P. herpotrichoides* à la base des tiges (0 = aucune lésion; 4 = base de la tige pourrie) (GINDRAT *et al.*, 1993).

### Tests de sensibilité *in vitro* au prochloraz et au flusilazole

Ces tests ont été réalisés sur de l'agar glucosé à la pomme de terre (*Potato Dextrose Agar*, Difco) comme pour le carbendazime (GINDRAT *et al.*, 1988), mais avec 0,1 et 1,0 µg de prochloraz (96,3% de pureté) ou de flusilazole (pureté > 99%), en solution dans l'éthanol, par ml d'agar.

### Statistiques

Elles sont effectuées à l'aide du logiciel Sigmatat 1.01 (Jandel Corp.).

### Résultats

#### Effets des fongicides sur les populations de *P. herpotrichoides*

Les isolats du champignon, obtenus de blé et d'orge d'automne traités avec un fongicide contre le piétin-verse aux stades 30-32, ont été regroupés selon leur type W ou R et leur résistance ou sensibilité au carbendazime. Ils ont tous

été obtenus dans des essais comprenant des parcelles non traitées, de 1986 à 1992 (tabl. 2).

Une augmentation significative ( $P \leq 0,01$ ) de la proportion des souches résistantes aux benzimidazoles est observée après l'usage d'un fongicide de ce groupe seul ou en mélange avec le flusilazole. Cette augmentation n'est tou-

tefois pas significative ( $P = 0,13$ ) pour le mélange avec le triadiméfon. Un accroissement de la proportion de souches R sous l'effet de tous les fongicides examinés a également été enregistré, notamment après le traitement avec le mélange flusilazole + MBC. Cette augmentation n'a cependant jamais été significative au seuil de  $P = 0,05$ .

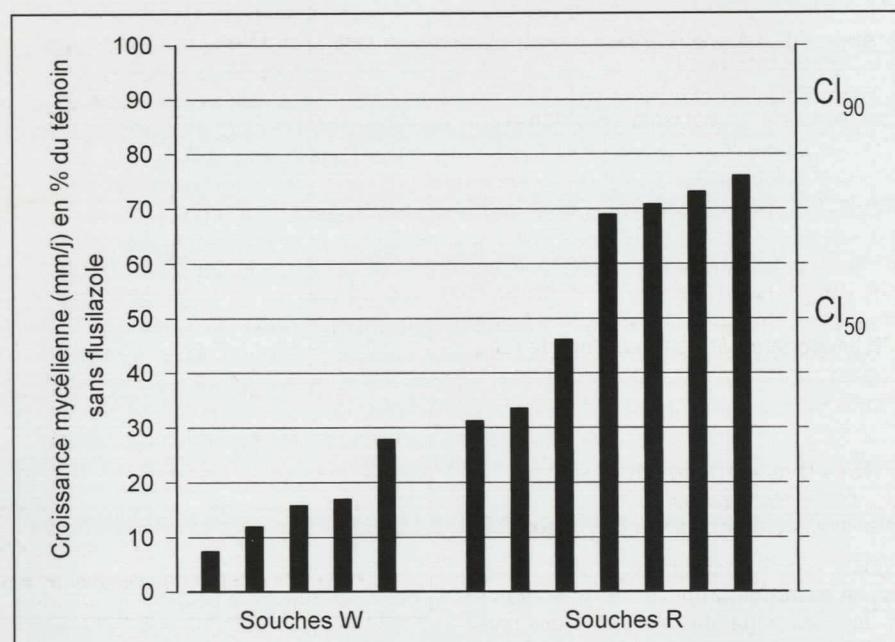


Fig. 1. Sensibilité de 12 isolats de *P. herpotrichoides* à 1 ppm (=1 mg/l) de flusilazole. Les mentions  $CI_{50}$  et  $CI_{90}$  (concentrations de flusilazole inhibant la croissance mycélienne de 50% ou de 90% par rapport au milieu nutritif sans fongicide) permettent de caractériser le niveau de sensibilité des isolats au fongicide.

Tableau 2. Effets des fongicides sur les populations de *P. herpotrichoides*. Essais menés de 1986 à 1992 sur blé et orge d'automne.

Isolats de <i>P. herpotrichoides</i>	Benzimidazole			Prochloraz			Flusilazole			Flusilazole + MBC <sup>a</sup>			Triadiméfon + MBC		
	Sans	Avec	P <sup>b</sup>	Sans	Avec	P	Sans	Avec	P	Sans	Avec	P	Sans	Avec	P
Totaux	2114	933	—	2143	896	—	1098	388	—	621	221	—	220	123	—
MBC-rés (%) <sup>b</sup>	7,8	25,4	<0,01	8,1	8,8	0,53	8,5	14,7	0,29	10,5	36,7	0,01	2,3	22,8	0,13
Type R (%)	40,3	50,6	0,24	39,2	49,2	0,97	44,2	71,6	0,19	37,8	61,5	0,08	23,0	39,8	0,51

<sup>a</sup>MBC = carbendazime.

<sup>b</sup>Valeur de P calculée par le test t sur les pourcentages, transformés en arc sinus, obtenus dans les parcelles sans et avec fongicide de chaque essai. Nombre d'essais: Benzimidazole: 42; Prochloraz: 37; Flusilazole: 17; Flusilazole + MBC: 13; Triadiméfon + MBC: 7.

## Sensibilité au prochloraz et au flusilazole

De 1993 à 1995, nous avons examiné la sensibilité au prochloraz des isolats de *P. herpotrichoides* obtenus de blés et d'orges traités avec ce fongicide (tabl. 3). Les isolats sont regroupés selon la subdivision proposée par FREI et GINDRAT (1995) en souches WH (rapides à spores recourbées), WA (rapides à spores droites) et RA (lentes à spores droites). La totalité des 1537 isolats a présenté une  $CI_{50}$  inférieure à 1 ppm. Les isolats WH et WA se sont comportés de manière assez similaire. Tous se sont révélés sensibles à une dose de prochloraz inférieure à 0,5 µg/ml, et la grande majorité d'entre eux à moins de 0,1 µg/ml. De faibles proportions d'isolats WH et WA (5,4 et 7,1%) ont présenté une  $CI_{50}$  comprise entre 0,1 et 0,5 µg/ml. L'ensemble des isolats de type R – ou RA – présentent un comportement proche du type W, avec toutefois une tendance vers plus d'isolats tolérant 0,1 à 0,5 µg/ml de prochloraz (13,3%). Cinq des 639 isolats R (0,8%) avaient une  $CI_{50}$  comprise entre 0,5 et 1,0 µg prochloraz/ml.

Les résultats d'un sondage très limité sur cinq isolats W et sept isolats R obtenus en 1987, 1988 et 1989, chacun dans une parcelle différente de blé traité avec le flusilazole, sont présentés dans la figure 1. Les cinq souches W examinées ont affiché la sensibilité la plus grande ( $CI_{50} < 1$  µg flusilazole/ml). Quatre des sept souches R ont, en revanche, offert une  $CI_{50}$  supérieure à 1 µg/ml, mais la  $CI_{90}$  était inférieure à cette concentration de fongicide.

## Effets des populations de *P. herpotrichoides* sur l'efficacité des fongicides

Nous avons d'abord cherché une corrélation entre les proportions de souches R dans les populations de base des parcelles et l'efficacité de tous les fongicides examinés sur le blé d'automne de 1987 à 1996 (fig. 2).

Malgré un éparpillement prononcé des points présentés dans la figure 2 et un coefficient de régression  $r^2$  de 0,21, la corrélation est significative: l'efficacité des fongicides baisse avec l'augmentation de la proportion de souches R dans les parcelles.

Ce phénomène a été ensuite examiné pour les trois matières actives les plus utilisées dans notre expérimentation (bénomyl, prochloraz, flusilazole) (fig. 3). Dans les essais où ces trois fongicides ont été simultanément comparés sur le blé (1989 à 1994), l'efficacité de chacun d'entre eux a baissé significative-

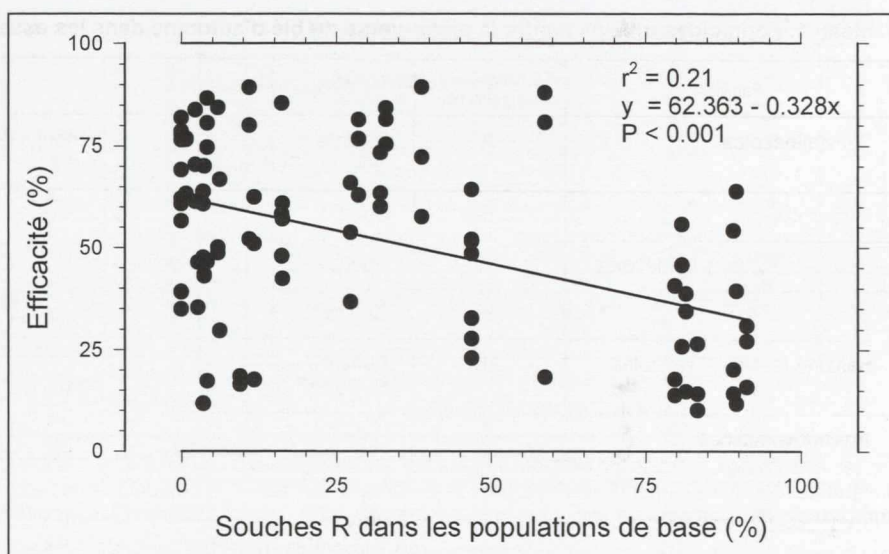


Fig. 2. Corrélation entre l'efficacité des fongicides sur *P. herpotrichoides* et la proportion de souches R dans les parcelles (blé d'automne Arina, quatre régions, 26 essais de 1987 à 1995).

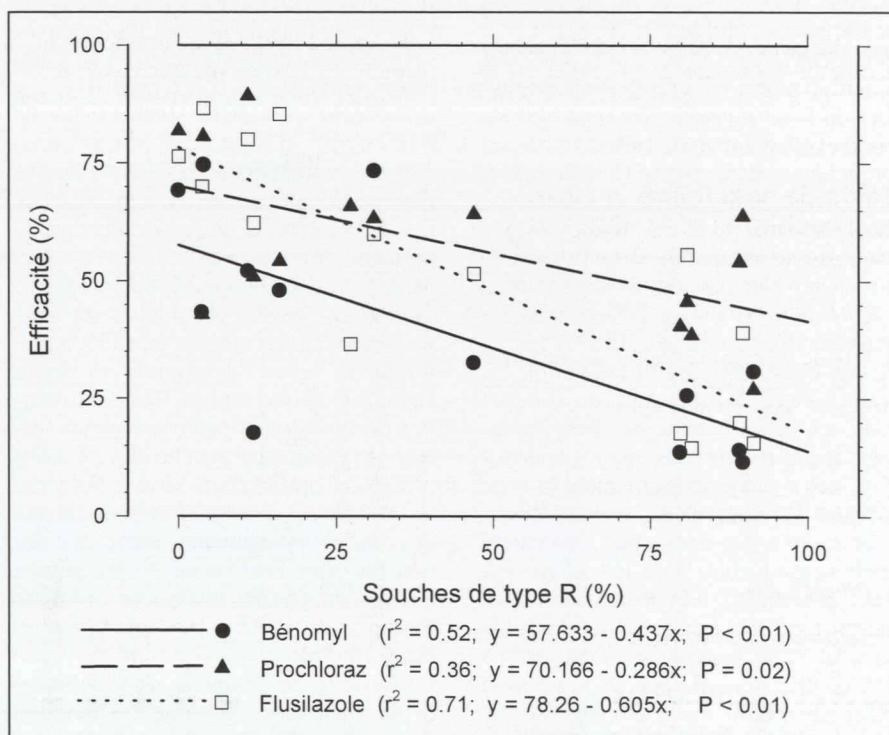


Fig. 3. Corrélation entre la proportion de souches de type R dans les populations de base et l'efficacité de trois fongicides sur *P. herpotrichoides* (blé d'automne Arina, 15 essais, 1989-1994).

Tableau 3. Sensibilité *in vitro* au prochloraz d'isolats de *P. herpotrichoides* obtenus de 1993 à 1995 de blé et d'orge d'automne traités avec ce fongicide.

Types de souche <sup>a</sup>	Total	% isolats			
		$CI_{50} < 0,1$	$0,1 < CI_{50} < 0,5$	$0,5 < CI_{50} < 1,0$	$CI_{50} > 1,0$
WH	632	94,6	5,4	0,0	0,0
WA	266	92,9	7,1	0,0	0,0
RA	639	85,9	13,3	0,8	0,0
Toutes	1537	90,7	9,0	0,3	0,0

<sup>a</sup>WH: rapides à spores recourbées; WA: rapides à spores droites; RA: lentes à spores droites.

<sup>b</sup> $CI_{50}$ : concentration (en µg/ml) de fongicide inhibant la croissance mycélienne de 50% par rapport au milieu nutritif sans fongicide.

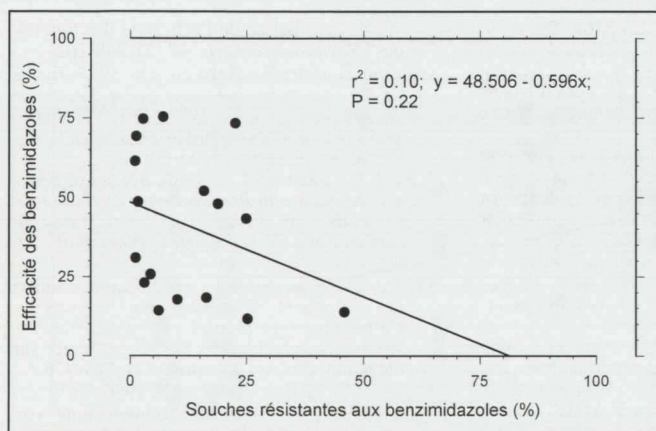


Fig. 4. Corrélation entre la proportion de souches résistantes aux benzimidazoles dans les populations de base et l'efficacité des benzimidazoles (blé d'automne Arina, 17 essais, 1987-1993).

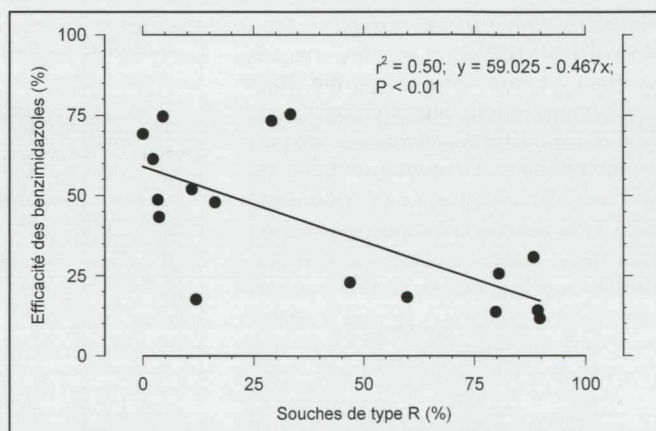


Fig. 5. Corrélation entre la proportion de souches de type R dans les populations de base et l'efficacité des benzimidazoles (blé d'automne Arina, 17 essais, 1987-1993).

ment ( $P < 0,05$ ) en fonction de la proportion de souches R. La corrélation est particulièrement élevée pour le flusilazole ( $r^2 = 0,71$ ) et un peu moins étroite pour le prochloraz ( $r^2 = 0,36$ ).

Une corrélation entre l'efficacité des benzimidazoles et la proportion de souches de *P. herpotrichoides* (populations de base) résistantes à cette famille de fongicides a également été recherchée. Nous avons tenu compte des essais où un benzimidazole a été utilisé et dans lesquels une attaque de *P. herpotrichoides* sur les blés non traités supérieure à 0,20 (échelle 0 à 4) a été enregistrée. Dans ces dix-sept essais (1987 à 1993), aucune corrélation significative n'a été trouvée entre la proportion de souches MBC-rés et l'efficacité des benzimidazoles (fig. 4). Relevons que les souches MBC-rés n'ont jamais constitué plus de 46% des populations de base de *P. herpotrichoides*. En revanche, l'efficacité des benzimidazoles dans les mêmes essais a été corrélée à la proportion d'isolats de type R dans les populations de base, et cette corrélation s'est avérée significative (coefficient de régression linéaire  $r^2 = 0,50$ ,  $P < 0,01$ ) (fig. 5).

## Discussion

Certains résultats présentés ici confirment et précisent des données déjà publiées:

- augmentation des souches MBC-rés sous l'effet d'un traitement avec un fongicide contenant un benzimidazole (FEHRMANN, 1984; KING et GRIFFIN, 1985; BATEMAN *et al.*, 1990);
- tendance vers une sélection des souches de type R sous l'effet du flusilazole (CAVELIER *et al.*, 1987; FORRER *et al.*, 1992; VAN SCHINGEN *et al.*, 1989);
- tendance des souches R à mieux tolérer le flusilazole et le prochloraz que les souches W (CAVELIER *et al.*, 1990; LEROUX et MARCHEGAY, 1991).

Concernant ce dernier point, nos résultats montrent une sensibilité similaire des souches WH et WA à l'égard du prochloraz. Quelques rares isolats de type R obtenus de plantes traitées avec le prochloraz présentaient des  $CI_{50}$  comprises entre 0,1 et 1,0  $\mu\text{g/ml}$ . La  $CI_{50}$  des souches sensibles étant voisine de 0,05  $\mu\text{g/ml}$  (LEROUX et MARCHEGAY, 1991), les facteurs de résistance de nos isolats s'échelonnaient ainsi entre 2 et 20. Les plus tolérants de ces isolats correspondent donc à ceux que LEROUX et MARCHEGAY (1991) et MODERMAN et BUCHENAUER (1986) considèrent comme résistants. BIRCHMORE *et al.* (1994) préfèrent le terme de *moins sensibles*. Etant donné que seul un très petit nombre de nos isolats présentaient un facteur de résistance proche de 20, nous préférons parler d'un *risque potentiel de résistance au prochloraz plutôt que de résistance proprement dite*, cela d'autant plus que l'efficacité du prochloraz n'a pas baissé dans nos essais en Suisse romande de 1987 à 1996 (GINDRAT et FREI, 1997b).

L'efficacité du bénomyl, du prochloraz et du flusilazole diminue en fonction de la proportion de souches R dans les populations de base (fig. 3). La tolérance potentielle de ces souches aux deux dernières matières actives (tabl. 3, fig. 1) explique peut-être ce phénomène. Pour le bénomyl, il existe une certaine corrélation entre les proportions de souches R et celles de souches MBC-rés, et il y a plus d'isolats MBC-rés chez les souches R que chez les souches W (GINDRAT et FREI, 1997a). Cela pourrait peut-être expliquer en partie la perte d'efficacité des benzimidazoles en présence de souches R, bien que nous n'ayons pas trouvé d'augmentation significative des souches R sur le blé traité avec un benzimidazole (tabl. 2). Quant à la baisse d'efficacité du flusilazole à Changins entre 1987 et 1994 (GINDRAT et FREI,

1997b), elle reste inexplicée. En effet, les souches W dominent largement dans ce site (GINDRAT et FREI, 1997a).

L'absence de corrélation entre la proportion de souches MBC-rés dans les populations de base et la baisse de l'efficacité du bénomyl dans nos essais est explicable. Une proportion de 30% de souches MBC-rés a été proposée comme seuil de perte d'efficacité des benzimidazoles (KING et GRIFFIN, 1985; TAKEUCHI *et al.*, 1990). Dans nos essais, cette valeur n'a été dépassée qu'une seule fois, et l'efficacité du bénomyl n'atteignait alors pas 20% (fig. 4). Il n'y a vraisemblablement pas de relation linéaire entre l'efficacité des benzimidazoles et des proportions modestes de souches MBC-rés dans les parcelles, ce qui tend à conforter les observations de FEHRMANN (1984). Certains échecs observés dans nos régions avec les benzimidazoles ont certainement été dus à la présence de proportions élevées de souches résistantes (FORRER *et al.*, 1992). D'autres pourraient être la conséquence de fortes populations de souches R, d'un positionnement inadéquat du traitement, ou de phénomènes épidémiologiques difficiles à cerner, comme c'est certainement parfois le cas avec les autres fongicides.

Ces dix dernières années, les fongicides ont été significativement moins efficaces dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat (souches R dominantes) que dans celles de La Côte et de la plaine du Rhône (souches W dominantes) (GINDRAT et FREI, 1997a), ce qui s'explique par les résultats donnés ici (fig. 3 et 5). Toutefois, la corrélation négative entre l'efficacité des fongicides et l'intensité de l'attaque de piétin-verse (GINDRAT et FREI, 1997b) fournirait une seconde explication à ces différences régionales de l'efficacité des traitements. Le rôle des souches R resterait alors obscur, car il n'y a pas de relation directe entre le type de souche do-

minant et l'intensité des attaques (GINDRAT et FREI, 1997a et b). Les attaques sévères de piétin-verse sur le blé d'automne en rotation dans nos essais du Gros-de-Vaud/Jorat restent donc en partie inexpliquées. Le climat de cette région de moyenne altitude pourrait jouer un rôle non négligeable.

## Conclusions

L'usage de fongicides contre le piétin-verse n'est autorisé, en Suisse, que sur le blé d'automne. Les principales conclusions de travail ne concernent ainsi que cette céréale.

- Les souches de *P. herpotrichoides* résistantes aux benzimidazoles ont augmenté après un traitement avec un fongicide de cette famille.
- Les souches de type R ont présenté une tendance à augmenter après un traitement avec le flusilazole. Ces souches tolèrent mieux cette molécule et le prochloraz que les souches W.
- Il n'y pas eu de corrélation entre l'efficacité des benzimidazoles et des proportions de souches de l'agent pathogène résistant à ces fongicides inférieures à 50% dans les populations de base des parcelles.
- L'efficacité des benzimidazoles, du prochloraz et du flusilazole a diminué en présence de proportions élevées de souches R dans les populations de base, sans pour autant que l'on puisse parler de **résistance** de *P. herpotrichoides* aux deux derniers fongicides.

## Remerciements

Nous remercions M<sup>me</sup> N. Badel de son aide technique, MM. A. Maillard, P. Jaquier et V. Bovet (RAC), les Services phytosanitaires cantonaux de Suisse romande et plusieurs firmes agrochimiques qui nous ont apporté leur aide lors de l'une ou l'autre étape de ce travail. Nous les en remercions vivement. Les firmes DuPont de Nemours (Allemagne), Sandoz et Plüss-Stauffer nous ont fourni gracieusement les fongicides utilisés dans ce travail.

## Bibliographie

- BATEMAN G. L., FITT B. D. L., CREIGHTON N. F., HOLLOMON D. W., 1990. Changes in populations of *Pseudocercospora herpotrichoides* in successive crops of winter wheat in relation to initial populations and fungicide treatments. *Crop Prot.* **9**, 135-142.
- BIRCHMORE R. J., RUSSELL P. E., 1994. Sensitivity of eyespot to prochloraz. In: S. Heaney, D. Slawson, D. W. Hollomon, M. Smith, P. Russell et D. W. Parry (Ed.), *Fungicide Resistance*. Brit. Crop Prot. Council, Farnham, UK, 27-34.
- CAVELIER N., LUCAS E., PRUNIER M., 1990. Sensibilité de différents isolats de *Pseudocercospora herpotrichoides* à des fongicides inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* **55**, 989-995.

- CAVELIER N., ROUSSEAU M., LE PAGE, D., 1987. Variabilité de *Pseudocercospora herpotrichoides*, agent du piétin-verse des céréales: comportement in vivo de deux types d'isolats et d'une population en mélange. *Ztschr. Pflanzenkr.* **94**, 590-599.
- DYER P. S., NICHOLSON P., LUCAS J. A., PEBERDY J. F., 1996. *Tapesia acuformis* as a causal agent of eyespot disease of cereals and evidence for a heterothallic mating system using molecular markers. *Mycol. Res.* **100**, 1219-1226.
- FEHRMANN H., 1984. MBC-resistente Freilandpopulationen von *Pseudocercospora herpotrichoides* in langjährigem Überwachungsversuch. *Phytopath. Z.* **110**, 82-86.
- FORRER H. R., AMIET J., AFFOLTER, G., 1992. Bekämpfung der Halbruchkrankheit des Weizens und die Resistenzbildung gegenüber Fungiziden. *Landw. Schweiz* **5**, 11-18.
- FREI P., GINDRAT D., 1995. Diversité morphologique en culture, sensibilité au carbendazime et pouvoir pathogène de *Tapesia yallundae* Wallwork et Spooner (anamorphe: *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton). *Can. J. Bot.* **73**, 1379-1384.
- GINDRAT D., CAVEGN C., ZUFFEREY L., 1988. La résistance aux fongicides du piétin-verse des céréales: la situation en Suisse. *Revue suisse Agric.* **20**, 141-147.
- GINDRAT D., FREI P., 1997a. Le piétin-verse des céréales: les souches rapides et lentes, et la résistance aux benzimidazoles en Suisse romande (1984-1995). *Revue suisse Agric.* **29** (2), 65-70.
- GINDRAT D., FREI P., 1997b. Piétin-verse du blé d'automne: baisse de l'efficacité des fongicides? *Revue suisse Agric.* **29** (5), 258-262.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1993. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande (1987-1991). I. Piétin-verse (*Pseudocercospora herpotrichoides*). *Revue suisse Agric.* **25**, 53-60.
- KING J. E., GRIFFIN M. J., 1985. Survey of benomyl resistance in *Pseudocercospora herpotrichoides* on winter wheat and barley in England and Wales in 1983. *Plant Path.* **34**, 272-183.
- LEROUX P., MARCHEGAY P., 1991. Caractérisation des souches de *Pseudocercospora herpotrichoides*, agent du piétin-verse des céréales, résistantes au prochloraz, isolées en France sur blé tendre d'hiver. *Agronomie* **11**, 767-776.
- MODEMANN T., BUCHENAUER H., 1986. Laboruntersuchungen zur Resistenzentwicklung von *Pseudocercospora herpotrichoides* gegenüber Prochloraz. *Mitteil. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.* Berlin-Dahlem, **232**, 256.
- MOREAU J. M., MARAITE H., 1996. Evidence for a heterothallic mating system in *Tapesia acuformis* using benomyl sensitivity and esterase isoenzyme profiles. *Mycol. Res.* **100**, 1227-1236.
- TAKEUCHI T., TAMURA O., KODAMA F., TANAKA F., 1990. Benzimidazole resistance of *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton in Hokkaido. *Annu. Rep. Soc. Plant Prot. Hokkaido* **41**, 53-57. In: *Rev. Plant Path.* **70**, 4822 (1991).
- VAN SCHINGEN J. C., MOREAU J. M., MARAITE H., MEEUS P., 1989. Maladies du pied sur froment d'hiver. *Parasitica* **45**, 49-55.

## Zusammenfassung

### Halbruchkrankheit im Wintergetreide: Beziehungen zwischen Fungizideinsatz und der Population des Krankheitserregers

In Freilandversuchen wurden der Einfluss von Fungiziden auf die Population von *Pseudocercospora herpotrichoides* untersucht. Die Versuche (hauptsächlich auf Winterweizen) wurden in den Jahren 1986 bis 1996 in vier Regionen der Westschweiz durchgeführt.

Der Anteil an benzimidazol-resistenten Pilzstämmen erhöhte sich signifikant nach Einsatz von Fungiziden dieser Wirkstoffgruppe (Test t:  $P < 0,01$ ). Nach Behandlungen mit dem Gemisch Flusilazol + Carbendazim konnte eine leichte Erhöhung des Anteils an langsam wachsenden Pilzstämmen (Typ R) festgestellt werden (Test t:  $P = 0,08$ ). Die Wirkungsgrade von Benomyl, Prochloraz und Flusilazol waren mit dem Anteil der Stämme des Typs R in der Basispopulation negativ signifikant korreliert ( $r^2 = 0,52, 0,36$  und  $0,71$ ). Die Wirkung der Benzimidazole wurde durch 1 bis 46% MBC-resistenter Stämme (Basispopulation) nicht signifikant reduziert. Isolate des Typs R, aus verschiedenen, mit Prochloraz behandelten Parzellen, zeigten im Labor eine geringfügig erhöhte Toleranz auf diesen Wirkstoff ( $0,5 \text{ ppm} < CI_{50} < 1,0 \text{ ppm}$  bei 0,8% der Isolate). In den, in beschränkter Anzahl durchgeführten Tests mit Flusilazol, konnte diese Tendenz in stärkerem Ausmass auch für diesen Wirkstoff festgestellt werden ( $CI_{50} > 1,0 \text{ ppm} > CI_{90}$ ).

## Summary

### Eyespot of winter cereals: interactions between fungicides and populations of the pathogen

Interactions between eyespot fungicides and populations of *Pseudocercospora herpotrichoides* were investigated in field experiments, mostly on winter wheat, in Western Switzerland from 1986 to 1996.

All isolates were obtained from eyespot lesions. MBC resistant strains significantly increased after a spray with a benzimidazole fungicide (t-test:  $P < 0,01$ ). R-type isolates showed a tendency to increase after a spray with a mixture of flusilazole and carbendazim (t-test:  $P = 0,08$ ).

The efficacy of benzimidazoles, prochloraz, and flusilazole on eyespot was significantly and negatively correlated ( $r^2 = 0,52, 0,36$ , and  $0,71$ , respectively) with the percentage of R-isolates from non-treated plants. The efficacy of benzimidazoles was not significantly reduced in fields with 1-46% of MBC-resistant isolates from non-treated plants. R-type isolates from plants treated with prochloraz showed a very low tendency towards a decreased sensitivity ( $0,5 \text{ ppm} < CI_{50} < 1,0 \text{ ppm}$  in 0,8% of isolates) to this fungicide. In a limited test, R-type isolates from flusilazole treated plants showed a more pronounced tendency towards reduced sensitivity to flusilazole ( $CI_{50} > 1,0 \text{ ppm} > CI_{90}$ ).