

**SITUATION DE LA RÉSISTANCE DE L'OÏDIUM DU FRAISIER (*PODOSPHAERA
APHANIS*)° AUX FONGICIDES IDMs EN FRANCE**

M-F. CORIO-COSTET¹, M-C. DUFOUR¹, D. BLANCARD¹ A., SOMBARDIER²

1: INRA, UMR Santé végétale, 71 avenue Edouard bourleaux, BP81, 33883, Villenave d'Ornon, France

2: CTIFL, Centre de Lanxade, Bergerac, 24130, Prigonrieux, France

RESUME :

Une méthode permettant d'évaluer la sensibilité aux fongicides de plusieurs souches d'oïdium du fraisier (*Podosphaera aphanis*) collectés au cours des années 2006-2007 dans différents bassins de production en France a été mise au point sur disques de feuilles de fraisier en survie. Les ED₅₀ obtenus pour le myclobutanil varient de moins de 0,1 à 14, 67 mg/L et celles pour le penconazole sont comprises entre 0,04 et 4,2 mg/L. Un facteur supérieur à 100 sépare la souche la plus sensible des plus résistantes. Des doses discriminantes, respectivement de 5 et 2 mg/L permettent de sélectionner les individus les plus résistants et de suivre l'évolution de la sensibilité des populations au champ. Une analyse de la résistance montre qu'il existe une résistance croisée positive entre les souches résistantes au myclobutanil et au penconazole. 73,9% des souches testés sont résistantes à l'un des deux fongicides IDMs et 47,8% montrent une sensibilité réduite au deux molécules

Mots-clés : Oïdium, fongicide IDM, fraise, résistance croisée, myclobutanil , penconazole

SUMMARY:

**STATEMENT OF STRAWBERRY POWDERY MILDEW (*PODOSPHAERA APHANIS*)
RESISTANCE TO DMI FUNGICIDES IN FRANCE**

In this study, a simple bioassay on leaf discs was used to establish the state of fungicide sensitivity distribution of strawberry powdery mildew (*Podosphaera aphanis*) to two triazole DMI fungicides, myclobutanil and penconazole. The distribution of the EC₅₀ of 23 isolates shows a progressive variation depending on the different mechanisms involved in the resistance acquisition process. Discriminatory doses (5 or 2 mg/L) of myclobutanil and penconazole were selected to identify highly resistant individuals or detect significant shifts in the field populations. 73.9% of isolates were less sensitive to a DMI and 47.8% exhibited less sensitivity to both fungicides. This is the first study to measure *P. aphanis* sensitivity to DMI fungicides in France.

Keywords: cross-resistance, powdery mildew, DMI fungicide, strawberry

INTRODUCTION

L'oïdium du fraisier, causé par le parasite obligatoire *Podosphaera aphanis* (Wallr.) [syn. *Sphaerotheca macularis* f. *fragaria* (Harz)], s'avère une maladie préoccupante qui affecte tous les organes aériens du fraisier. En France, comme dans toute l'Europe, les cultures hors-sol sous tunnels plastiques ou en serres sont des contextes culturels, qui favorisent malheureusement le développement de l'oïdium du fraisier. Ces systèmes de production nécessitent de nombreux traitements fongicides, en particulier sur les variétés remontantes. Actuellement, ils requièrent, comme en Italie, généralement de 6 à 8 traitements par cycle végétatif, parfois jusqu'à 15 (Pertot *et al*, 2008).

Depuis quelques années, de nombreux producteurs de fraises se plaignent de l'incidence des épidémies d'oïdium en culture sous abri, notamment en hors sol, et du manque d'efficacité des traitements anti-oïdium. La mise en oeuvre de ces derniers est devenue pour eux un véritable casse-tête car ils doivent jongler notamment entre le peu de produits homologués et les difficultés d'organiser cette protection en période de récolte. L'une des hypothèses avancées pour expliquer l'émergence de *P. aphanis*, serait une diminution de sa sensibilité aux fongicides les plus utilisés, et en particulier aux fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols de type IDM, qui inhibent une stérol 14α déméthylase (Kuck *et al*, 1995). Nous présentons dans cet article les résultats d'une étude portant sur le comportement, à l'égard de deux fongicides IDMs, de 24 souches d'oïdium du fraisier collectés dans différents contextes et zones de production françaises.

MATERIEL ET METHODE

Collection d'isolats et production d'inoculum

À partir d'échantillons collectés entre décembre 2006 et décembre 2007 sur différents systèmes de production, 24 isolats monospores ont été obtenus. Tous ont été exposés aux fongicides IDMs (myclobutanil ou penconazole) et proviennent majoritairement de sites sur lesquels des problèmes d'efficacité ont été observés. Les méthodes d'isolement et de multiplication ont été décrites par Willocquet *et al*, en 2008 et Sombardier *et al*, en 2009a, b. Les cultures sont réalisées sur la face abaxiale de feuilles de plants âgés de 2 mois de la variété Darselect.

Détermination de la sensibilité aux fongicides

La méthode a été décrite par Sombardier *et al*, (2009b) et Corio-Costet *et al*, (2009). Des boîtes de Pétri contenant 8 disques foliaires sont pulvérisées avec des solutions de fongicides à différentes concentrations. Les deux triazoles utilisés sont le myclobutanil (2-p-chlorophenyl-2-(1H-1, 2, 4-triazol-1-ylmethyl) hexanenitrile, Systane 12E EW, Dow Agrosciences, 125 g litre⁻¹) et le penconazole (1-(2,4-dichloro- β -propylphenethyl)-1H-1,2,4-triazole, Topaze, EC, Syngenta Agro, 100 g litre⁻¹). Les concentrations standard de myclobutanil varient de 0 à 15 mg de matière active par litre. Selon la sensibilité des souches des gammes plus importantes de 0 à 40 mg/L ou plus faibles de 0 à 3 mg/L ont également été testées. La gamme de concentration à progression géométrique standard pour le penconazole s'étend entre 0 et 10 mg de matière active par litre, avec des gammes supplémentaires ajustées selon la sensibilité des souches variant de 0 à 20 mg/L et de 0 à 3 mg/L.

Après une nuit, les disques sont séchés sous une hotte puis inoculés par saupoudrage de conidies de chaque isolat à la concentration de 400 à 600 conidies par cm². Les boîtes sont ensuite mises en incubation durant 8 jours dans une chambre climatique à 22°C. Le développement de l'oïdium est déterminé en appréciant le pourcentage de recouvrement de chaque disque (8) pour chaque concentration de fongicide. La valeur moyenne des 8 répétitions est utilisée pour calculer la croissance relative [CR = (valeur obtenue pour une concentration/ valeur du témoin sans traitement) x 100]. Des courbes doses réponses pour chaque individu sont réalisées et utilisées pour déterminer la ED₅₀ (dose inhibant 50% de la

croissance mycélienne) et la CMI (concentration minimal inhibitrice) calculée comme décrit par Délye *et al*, 1997. Les expériences sont au minimum dupliquées.

Les analyses statistiques ont été réalisées comme décrit par Sombardier *et al*, (2009b).

(ANOVA, et comparaison des EC₅₀ par un Tukey- *t*-test avec $P < 0.05$). La résistance croisée a été évaluée par une analyse de régression et un facteur relatif de résistance a été calculé.

RESULTATS

Sensibilité au myclobutanil

Les valeurs des ED₅₀ révèlent une variabilité importante de la sensibilité des souches au myclobutanil avec des valeurs variant de 0,1 mg/L à 14,67 mg/L (tableau I).

Tableau I : Origine et sensibilité des différentes souches de la collection au myclobutanil et au penconazole.

Table I: Origin and sensitivity of different isolates to myclobutanil and penconazole

Nom des souches ^a	Département d'Origine	Système de production ^b	Concentration de Myclobutanil (mg litre ⁻¹)		Concentration de Penconazole (mg litre ⁻¹)	
			ED ₅₀	CMI	ED ₅₀	CMI
ABA	Vaucluse	Hors-sol	3.75 ^c	9.0	1.25 ^d	2.85
AVI	Dordogne	Hors-sol	0.5	2.0	0.58	1.8
ART	Lot et Garonne	Hors-sol	3.9	10.75	2.2	6.6
BRA	Loir et Cher	Hors-sol	1.3	3.0	1.48	2.6
BRE	Vaucluse	Hors-sol	5.3	13.75	1.9	6.0
CAM	Lot et Garonne	Hors-sol	2.6	5.5	0.9	2.5
DAR1*	Lot et garonne	Champ ouvert	4.75	15	2	3.0
DAR18*	Lot et garonne	Champ ouvert	14.67	31	3.5	9.0
DOU*	Dordogne	Hors-sol	8.9	15.5	1.3	2.0
GUI	Vaucluse	Hors-sol	1.15	2.35	0.9	2.1
HOR	Dordogne	Hors-sol	4.25	10.75	0.8	2.0
LBP*	Landes	Champ ouvert	4.8	12.5	4.2	9.5
LI1*	Lot et Garonne	Hors-sol	3.6	8.5	2.45	5.15
MAR*	Lot et Garonne	Champ ouvert	5.5	16	2.55	10
MEG	Vaucluse	Champ s/abri	1.0	2.35	0.43	1.0
MEP	Vaucluse	Champ s/abri	0.8	3	0.3	0.8
PAJ	Lot et Garonne	Hors sol	3.0	6.9	2.9	3.9
PES	Vaucluse	Champ s/abri	<0.1	<0.1	0.04	0.15
SAG	Lot et Garonne	Hors sol	1.7	5.33	0.28	0.5
SIL	Lot et Garonne	Hors sol	2.0	6.5	0.4	1..0
SOC*	Vaucluse (84)	Hors sol	6.45	26.0	3.2	7.9
SOD*	Vaucluse	Hors sol	13.1	21.5	-	-
SOU*	Vaucluse	Hors sol	10	23.0	2.1	9.8
VIR	Vaucluse	Hors sol	1.8	5.0	2.0	5.0

^a : Les souches proviennent de cultures dans lesquelles des pertes d'efficacité ont été observées à plusieurs reprises en situation de traitements répétés avec des DMIs ^b : Toutes les souches sont issues de cultures sous abri, excepté les quatre souches DAR, DAR18, LBP, et MAR qui proviennent de plein champ ouvert. ^c : La déviation standard des ED₅₀ du myclobutanil est comprise entre 0 et 3.18 mg litre⁻¹, avec une déviation moyenne correspondant à 20.44% de chaque valeur. ^d : La

déviati on standard des ED₅₀ du penconazole est comprise entre 0.005 et 0.85 mg litre⁻¹ avec une déviati on moyenne correspondant à 13.51% de chaque valeur.

Trois groupes significati vement différents ont été identifiés (tableau II) :

- un premier groupe A avec 6 souches (PES, AVI, MEP, MEG, GUI et BRA) possédant une CMI moyenne de 2,13 mg/L. À noter la présence d'une souche très sensible PES qui exhibe une CMI plus de 20 fois inférieure à celles des autres souches ;
- un second groupe B associant 14 souches (SAG, VIR, SIL, CAM, PAJ, ABA, LI1, ART, DAR, HOR, LBP, BRE, MAR, SOC) avec des ED₅₀ variant de 1,70 à 6,45 mg/L et une CMI moyenne de 10,82 mg/L ;
- et un troisième groupe C contenant 4 souches possédant des ED₅₀ comprises entre 8,9 et 14,67 mg/l avec une CMI moyenne de 22,75 mg/l.

La distribution des 24 souches montre une fréquence élevée de 74% des souches possédant une sensibilité réduite au myclobutanil (groupe B et C) (figure 1).

Tableau II : Sensibilité moyenne au myclobutanil et au penconazole et distribution statistique des souches de *P. aphanis*.

Table II : Sensitivity of *P. aphanis* and distribution to myclobutanil and penconazole

Myclobutanil				Penconazole			
Gr	N	ED ₅₀ moyenne (mg/L± SEM)	CMI moyenne (mg/L±SEM) ^b	Gr	N	ED ₅₀ moyenne (mg/L±SEM)	CMI moyenne (mg/L±SEM)
A^a	6	0.81 ± 0.126	2.13 ± 0.147	A'	6	0.34 ± 0.074	0.88 ± 0.229
B	14	3.81 ± 0.39	10.82 ± 1.52	AB	3	0.87 ± 0.035	2.20 ± 0.150
C	4	11.67 ± 1.34	22.75 ± 3.19	BC	3	1.34 ± 0.069	2.48± 0.250
				CD	3	2.3 ± 0.300	3.97± 0.709
				D	6	2.40 ± 0.188	7.58± 0.823
				E	2	3.85 ± 0.347	9.25± 0.248

G : groupe statistique ; N : nombre d'individus ; ^a: L'ED₅₀ moyenne et la CMI ont été calculée sans la souche PES.

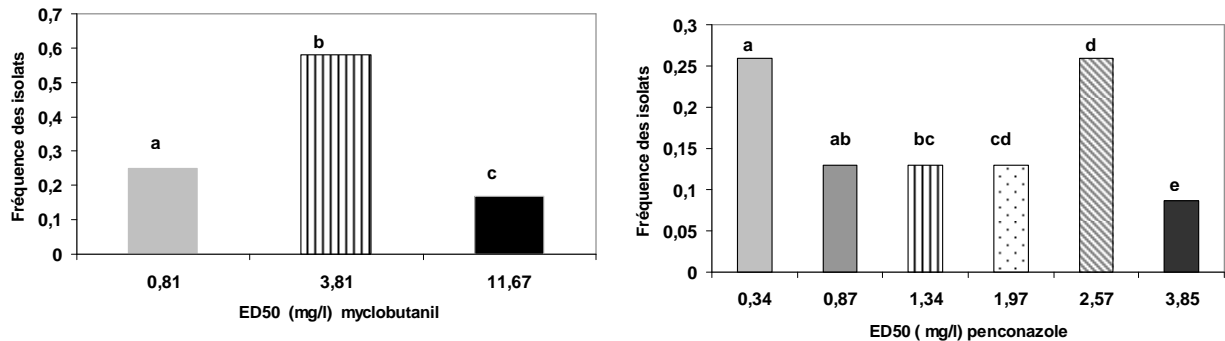
Pour détecter les souches les moins sensibles au myclobutanil, une dose discriminante de 5 mg/l a été choisie ; elle s'avère plus deux fois supérieure à la CMI des souches du groupe A, les plus sensibles. Une relation significative existe, entre la croissance des souches et le niveau de résistance, décrite par la fonction $ED_{50} = 0.0996CR + 0.9785$, avec $R^2 = 0.7801$ ($p < 0,0001$).

Sensibilité au penconazole

Les ED₅₀ obtenues pour les 23 souches testées révèlent une variabilité importante de la sensibilité des souches au penconazole avec des valeurs variant de 0,04 mg/L à 4,2 mg/L (tableau I) et une CMI variant de 0,15 à 9,8 mg/L. Six groupes significati vement différents ont été identifiés (tableau II). Un premier groupe A' comporte 5 souches (PES, AVI, MEP, MEG, SAL et SIL), dont 4 sont également communs au groupe le plus sensible au myclobutanil. Ces souches possèdent une CMI moyenne de 0,88 mg/L. À noter également que la souche PES est beaucoup plus sensible au penconazole que les autres isolats sensibles. Trois groupes de sensibilité intermédiaires (AB, BC, CD) sont également obtenus, avec des CMI moyennes comprises entre 2,20 et 3,97 mg/L. Deux groupes (D et E) exhibent une sensibilité réduite avec des ED₅₀ moyennes comprises entre 2,4 et 3,85 mg/L, et des CMI moyenne variant de 7,58 à 9,25 mg/L.

Figure 1 : Distribution des souches de *P. aphanis* en fonction de leur sensibilité (ED₅₀) au myclobutanil et au penconazole.

Figure 1: Sensitivity of *P. aphanis* distribution to myclobutanil and penconazole



Les ED₅₀ des souches au sein des différents groupes (figure 1) montrent clairement l'existence d'un groupe de souches sensibles (A), de souches ayant une sensibilité intermédiaire (AB, BC, CD) et de groupes beaucoup résistantes (D, E).

Comme précédemment, afin de détecter les souches les moins sensibles au penconazole, une dose discriminante de 2 mg/L a été choisie, laquelle s'avère deux fois supérieure à la CMI des souches du groupe A' les plus sensibles. Une relation significative existe décrite par la fonction $ED_{50} = 0.0297 CR + 0.6271$, avec $R^2 = 0.8592$ ($p < 0,0001$).

Facteur relatif de résistance

Afin d'évaluer la perte de sensibilité aux deux fongicides manifestée par chacun des groupes de souches mis en évidence, des facteurs de résistance relative FRR entre les différents groupes ont été calculés en divisant la moyenne de la ED₅₀ du groupe de souches les moins sensibles par celle du groupe de souches les plus sensibles considéré.

À titre d'exemple, le FRR calculé à partir des ED₅₀ de la souche la plus sensible et la moins sensible au myclobutanil montre qu'une souche récoltée sur la variété Darselect dans le Lot-et-Garonne en plein champ est 183 fois moins sensible qu'une souche du Vaucluse prélevée sur la variété Pajaro. Dans le cas du penconazole, cette même souche du Vaucluse est 105 fois plus sensible à ce fongicide qu'une autre souche prélevée sur Darselect dans les Landes en plein champ. Notons que généralement les souches les moins sensibles proviennent d'exploitations de plein champ. Les FRR obtenus entre les différents groupes révèlent que les souches les moins sensibles (groupe C et E) montrent une différence d'un facteur compris entre 14 à 7, respectivement pour le myclobutanil et le penconazole.

Tableau III : Facteurs relatifs de résistance calculés pour les différents groupes de souches de *P. aphanis*

Table 3 : Relative resistance factor of *P. aphanis* to myclobutanil and penconazole

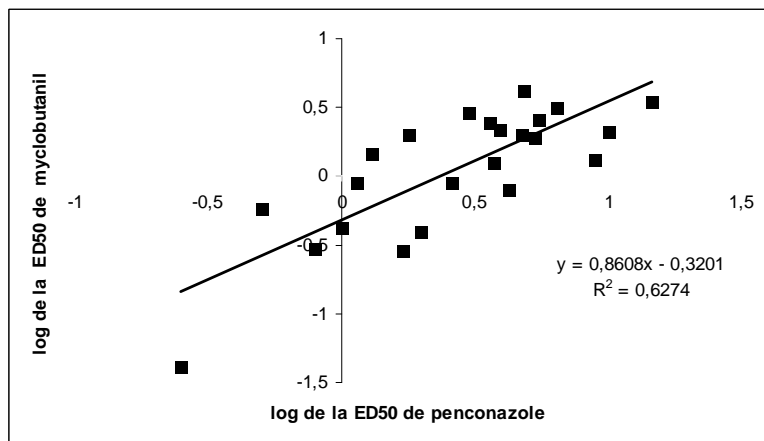
Groupe de souches	Myclobutanil FRR	Penconazole FRR
Groupe A vs Group B	4,70	
Groupe B vs groupe C	3,06	
Groupe C vs Group A	14,40	
Groupe A' vs groupe BC		3,94
Groupe A' vs groupe CD		6,76
Groupe A' vs groupe D		7,06
Groupe A' vs groupe E		11,32

Résistance croisée positive

L'étude de la corrélation entre les ED₅₀ calculés pour le myclobutanil et le penconazole montre (figure 2) qu'il existe une corrélation significative, et donc une résistance croisée positive, entre les souches d'oïdium de fraisier les moins sensibles au myclobutanil et celles les moins sensibles au penconazole. De tels cas de résistance croisée positive pour des molécules inhibitrices de la biosynthèse des stérols de type DMIs sont connus chez plusieurs champignons phytopathogènes, mais celle-ci n'est cependant pas systématique et dépend de la famille chimique à laquelle appartient la molécule. Notons que les deux molécules DMIs homologuées sur fraisier en France, le myclobutanil et le penconazole sont deux triazoles ; il n'est donc pas étonnant d'avoir mis en évidence une résistance croisée entre ces 2 fongicides chez *P. aphanis*.

Figure 2 : Relation entre la sensibilité au myclobutanil et au penconazole des différentes souches de *P. aphanis*.

Figure 2 : Relationship between sensitivity to myclobutanil and penconazole among 23 isolates of *P. aphanis*.



DISCUSSION

L'étude du comportement de 23 souches de *P. aphanis* issues de cultures de fraisier à l'égard de deux fongicides IDMs a permis de constater que la majorité d'entre-elles sont moins sensibles, voire résistantes à ces fongicides, excepté six d'entre eux classées comme très sensibles. La distribution des ED₅₀ de ces souches montre une diminution progressive de leur sensibilité certainement dépendante des différents mécanismes impliqués dans l'acquisition de la résistance. Les doses discriminantes choisies, respectivement de 5 et 2mg/L pour le myclobutanil et le penconazole, permettent de disposer d'outil pour la détection des pertes de sensibilité des populations de *P. aphanis* aux fongicides IDMs. Cette étude montre également que le penconazole est le triazole le plus efficace sur l'oïdium du fraisier.

Cette étude sur la résistance aux IDMs de l'oïdium fraisier, la première en France, complète celle réalisée par Bal et Gilles (1986). Ces auteurs ont en effet décrit des pertes importantes d'efficacité, de l'ordre de 20 à 90%, pour des fongicides tels que le triadiménol, le nuarimol, l'imazalil et le prochloraze, ceci à la suite d'un monitoring réalisé entre 1975 et 1985. L'hypothèse, qui prévalait, était que le nombre de traitements par saison (10 à 14) avait largement contribué au développement et à la sélection de populations moins sensibles ou résistantes. Notre étude, réalisée avec le myclobutanil et le penconazole, montre aussi une

large variabilité de la sensibilité à ces fongicides des souches d'oïdium isolées sur différentes variétés et dans différentes conditions de production, ceci après plus de 15 ans de d'utilisation.

Peut-on parler de résistance de *P. aphanis* aux fongicides IDMs en France ? Dans le cas de l'oïdium du fraisier, il est difficile aujourd'hui d'établir avec exactitude une ligne de base de la sensibilité, car nous ne disposons pas de populations clairement identifiées comme sensibles ou non exposées aux fongicides IDMs. Cependant, Okayama *et al.* (1995) ont défini la dose de 1,25 mg/l de myclobutanil comme capable d'inhiber totalement la croissance de l'oïdium du fraisier sur folioles. Cette dose s'avère nettement inférieure à celle déterminée aujourd'hui pour les souches qualifiées de « sensibles » (CMI= 2,13 mg/L). Cette différence suggère que les souches considérées comme sensibles dans notre étude semblent déjà en cours d'évolution vers une moindre sensibilité. *A fortiori*, pour les souches des groupes B et C, cette perte de sensibilité est encore plus marquée. Les FRR pour le myclobutanil entre les différents groupes de souches varient de 3,06 à 14,40. Ces valeurs sont très proches de celles obtenues pour des souches résistantes d'autres champignons parasites comme *Venturia inaequalis*, *Colletotrichum cereale* ou encore *Erysiphe necator* (Köller *et al.*, 1991 ; Wong *et al.*, 2007 ; Délye *et al.*, 1997 ; Northover *et al.*, 2001). Dans le cas du fraisier en France, les variations moyennes de sensibilité observées entre les différents groupes sont de l'ordre de 5-12 fois pour le myclobutanil et de 6-9 fois pour le penconazole, et elles sont également associées à des pertes d'efficacité aux IDMs dans les cultures. Ajoutons que Köller *et al.* (1991) considèrent que la maîtrise de l'oïdium dans une culture est remise en cause dès que l'on atteint 40% de souches résistantes au produit testé. C'est le cas en France sur fraisier puisque 73,9% des souches étudiées sont peu sensibles au myclobutanil et 47,8% au penconazole.

La perte d'efficacité des souches de *P. aphanis* aux 2 IDMs n'est pas étonnante pour de nombreuses raisons. Tout d'abord, des précédents de résistances de l'oïdium du fraisier aux IDMs ont déjà été décrits en Europe dès 1986 (Bal et Gilles, 1986), et au Japon en 1992 (Nakano *et al.*, 1992). Si l'on considère le contexte agronomique français, les producteurs n'ont actuellement à leur disposition qu'un nombre limité de fongicides pour contrôler l'oïdium dans les fraiseraies. Seuls un QoI (azoxystrobine), le bupirimate, le soufre micronisé et les deux DMIs (myclobutanil et penconazole) sont officiellement homologués en 2009 pour cet usage. De plus, un minimum de 6 à 8 traitements, jusqu'à 15 à 20, est effectué par cycle de production. Aussi, les IDMs, de par leurs propriétés systémiques, sont largement utilisés sur fraisier, de 3 à 8 fois par cycle de production. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant qu'une perte d'efficacité de ces produits se manifeste chez l'oïdium du fraisier.

Devant le peu de produits homologués pour l'usage « oïdium du fraisier » et face à l'émergence en France de souches résistantes aux IDMs sur cette culture, il est impératif de réduire l'utilisation de ces fongicides si des pertes d'efficacité sont observées sur le terrain, et de se conformer aux préconisations d'usages pour limiter au maximum l'extension de la résistance. Pour cela, il conviendra donc de limiter le nombre de traitements avec des IDMs par campagne de production, et de les alterner absolument avec des fongicides présentant des mécanismes d'action différents (QoI, bupirimate, soufre). Il serait également intéressant de pouvoir faire appel à des molécules fongiques pour lesquelles la résistance n'est pas avérée, comme par exemple le quinoxyfen utilisé sur fraise au Canada depuis plusieurs années, mais qui n'est pas homologué en France.

Par ailleurs, il paraît indispensable aujourd'hui de valoriser au mieux les moindres sensibilités à l'oïdium connues chez plusieurs variétés de fraisier déjà disponibles. D'autres méthodes alternatives, en cours d'expérimentations, devraient pouvoir à terme prendre une part non négligeables dans la maîtrise de l'oïdium sur fraisier.

CONCLUSION

Cette étude :

- apporte des informations sur les méthodes de monitoring de *Podosphaera aphanis* au myclobutanil et au penconazole,
- met en évidence l'existence d'une forte diminution de la sensibilité et l'apparition de la résistance du champignon au myclobutanil et au penconazole,
- montre l'existence d'une résistance croisée positive entre les deux molécules de triazoles,
- décrit l'utilisation de doses discriminantes qui doivent permettre de détecter et de suivre facilement les évolutions des populations.

Devant la situation délicate de certaines exploitations il est important de trouver des systèmes de gestion permettant de limiter l'extension de la résistance. La résistance aux IDMs étant de type polygénique, avec mise en cause d'un gène majeur, un usage modéré des IDMs pourrait permettre une régression potentielle de la résistance via le brassage génétique annuelle des populations d'oïdium après la reproduction sexuée. Il est également important dans le cadre d'une protection intégrée d'envisager l'utilisation de variétés de fraise moins sensibles à l'oïdium, caractère variétal peut exploité jusqu'à ce jour en France, ainsi que l'utilisation de nouvelles matières actives ou d'exploiter les méthodes de lutte alternatives. Actuellement, il est recommandé d'utiliser les IDMs avec précaution selon l'état de sensibilité de la parcelle et d'alterner les traitements avec les différentes matières actives disponibles et homologuées. Il conviendra également d'être attentif en cas de forte épidémie d'appliquer au mieux les produits afin de limiter au maximum les cycles de reproduction asexués du pathogène, sachant qu'en condition optimale le cycle complet peut être réalisé en 5 jours (Willoquet *et al*, 2008).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Lafarge et J. Lemoine pour leur aide technique et S. Gambier pour l'entretien des plants de fraisier. Nous sommes reconnaissants à A. Bardet du CTIFL pour la fourniture de matériel végétal, les résultats préliminaires des enquêtes et à J-J Pommier d'Hortis pour les informations pratiques et à l'ensemble des chambres d'agriculture pour la collecte des échantillons. Ce travail a fait l'objet d'un financement CASDAR et INRA.

BIBLIOGRAPHIE

- Bal E., Gilles G., 1986- Problems of resistance in powdery mildew control on strawberries. *Med Facult Landbouw Rijk Gent* 51:707-714.
- Corio-Costet MF., Blancard D., Dufour M-C, Sombardier A., 2009 - Oïdium du fraisier : des pertes d'efficacité des fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols confirmées. *P.H.M*, sous presse.
- Délye C., Laigret F., Corio-Costet MF., 1997 - New tools for studying epidemiology of resistance of grape powdery mildew to DMI fungicides, *Pestic Sci* 51: 309-314
- Köller W., Parker DM., and Reynolds KL., 1991 - Baseline sensitivities of *Venturia inaequalis* to sterol demethylation inhibitors. *Plant Dis*, 75:726-728.
- Kuck KH., Scheinpflug H., Pontzen R., 1995 - DMI fungicides, *In: Lyr H, Modern selective* Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany, pp 205-258
- Nakano T., Higihara T., Okayama K., 1922 - Decreased sensitivity of strawberry powdery mildew to ergosterol biosynthesis inhibitors. *Bull Nara Agric Exp Station* 23:27-32.
- Northover J., Homeyer CA., 2001- Detection and management of myclobutanil-resistant grapevine powdery mildew (*Uncinula necator*) in Ontario. *Can J Plant Pathol*, 23:337-345.

Okayama K., Nakano T., Matsutani S., Sugimura T., 1995 - A simple and reliable method for evaluating the effectiveness of fungicides for control of powdery mildew (*Sphaerotheca macularis*) on strawberry. *Ann Phytopathol Soc Jpn* 61: 536-540.

Pertot I., Zasso R., Amsalem L., Baldessari M., Angeli G., Elad Y., 2008 - Integrating biocontrol agents in strawberry powdery mildew control strategies in high tunnel growing systems. *Crop Prot* 27:622-631

Sombardier A., Willocquet L., Corio-Costet M.-F., Petit A., Blancard D., 2009a - Maîtriser l'oïdium du fraisier au laboratoire pour mieux l'étudier. *P.H.M*, 516 :39-44

Sombardier A., Dufour M.-C., Blancard D., Corio-Costet M.-F., 2009b - Sensitivity of *Podosphaera aphanis* isolates to DMI fungicides : distribution and reduced cross-sensitivity. *Pest Manag. Sci*, 65, sous presse.

Willocquet L., Sombardier A., Blancard D., Jolivet J., Savary S., 2008 - Spore dispersal and disease gradients in strawberry powdery mildew. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 30, 434-441

Wong F.P., Midland S.L., 2007 - Sensitivity distributions of California populations of *Colletotrichum cereale* to the DMI fungicides Propiconazole, Myclobutanil, Tebuconazole, and triadimefon. *Plant Dis*, 91:1547-1555.