

# Metalaxyl Resistance in French Isolates of Downy Mildew

Le mildiou du tournesol. Lutte chimique pour combattre  
les souches résistantes au métalaxyl.

Mesure de l'efficacité au laboratoire de différentes spécialités  
sur des contaminations primaires et secondaires

S. LAFON (\*), M. DELOS (\*), P. GAY (\*\*),  
D. TOURVIEILLE de LABROUHE (\*\*\*)

\* Service de la Protection des Végétaux, B.P. 67 - 31321 Castanet-Tolosan Cedex (France)

\*\* Cargill Génétique Europe - Centre de Boissay, B.P. 17 - 28313 Toury Cedex (France)

\*\*\* GREAT - INRA : Station d'Amélioration des Plantes et de Pathologie Végétale  
Domaine de Crouëlle - 63039 Clermont-Ferrand Cedex 2 (France)

## Résumé

Pour prévenir une éventuelle baisse d'efficacité au champ des traitements fongicides ne faisant appel qu'à des matières actives de la famille des phénylamides, des études ont été conduites en laboratoire. Elles aboutissent aux mêmes résultats pour le contrôle des contaminations primaires de *Plasmopara halstedii*. Sur 19 spécialités testées, 12 présentent une bonne efficacité. Les travaux montrent l'intérêt des associations de produits d'action différente. Ainsi ceux de la famille des phénylamides type métalaxyl ou ofurace ont une bonne efficacité lorsqu'ils sont associés à un produit de contact type mancozèbe ou folpel. On note également un bon comportement des associations béalaxyl-mancozèbe, dimétomorphe-mancozèbe, cymoxanil-mancozèbe. Pour les contaminations secondaires, les produits expérimentés se révèlent inefficaces dans les conditions de l'essai. Néanmoins, ces études prouvent que la lutte chimique dans la mesure où elle est associée à d'autres moyens de lutte (techniques culturales-variétés résistantes) présente toujours un grand intérêt pour garantir la qualité sanitaire des graines.

**Mots clés :** *Plasmopara halstedii* - expérimentations - fongicides - traitements des semences.

## Summary

Sunflower downy mildew : Chemical control of metalaxyl resistant isolates. Laboratory studies of the efficiency of some compounds against primary and secondary infections.

In order to limit problems in the field due to loss of efficiency of chemical control of downy mildew by phenylamides, laboratory studies were made on some other compounds. Twelve out of 19 gave good control of primary infection by *Plasmopara halstedii*. The studies showed that associations of more than one compound were of interest, for example, compounds of the phenylamide family, such as metalaxyl or ofurace show a satisfactory effect when combined with contact acting fungicides such as mancozeb or folpel. Other useful associations were benelaxyl-mancozeb, dimetomorph-mancozeb and cymoxanil-mancozeb. For secondary infections, none of the compounds showed any efficiency in the trials. However, these studies indicate that chemical control is of interest in an integrate control system (crop management, genetical resistance) to guarantee the sanitary quality of seed.

**Key words :** *Plasmopara halstedii* - expérimentations - fungicides - Seeds treatments.

Depuis la fin des années 70, grâce à la génétique, le mildiou n'a plus été signalé en France jusqu'à l'apparition de quelques nouveaux foyers en 1988. Deux nouvelles races autres que la race 1 Européenne ont été identifiées. Il s'agit de la race A (Tourvieille et al., 1991) proche de la race 4 Américaine (South Dakota) et de la race B (Mouzeyar et al., 1994a) proche de la race 3 Américaine (New Red River). Des mesures ont été prises aussitôt portant sur la surveillance des cultures ainsi que sur les moyens de lutte. Ces derniers, dans un premier temps ont été centrés sur la lutte chimique avec l'utilisation de produits en traitement des semences. C'est ainsi qu'ont été homologués le Métalaxyl (APRON 35) à la dose de 210g/q, l'association ofurace - folpel (VAMIN et CALTAN) aux doses respectives de 120g/q et 900g/q. Dans la réalité, le métalaxyl est largement le plus utilisé et couvre la quasi totalité du marché. En 1995, quelques foyers très localisés de maladie apparus dans des cultures protégées avec le métalaxyl attirent l'attention. Au cours de l'année 96, des travaux conduits au champ sur une parcelle expérimentale et en laboratoire montrent un comportement atypique de quelques isolats de *Plasmopara halstedii* vis-à-vis du produit à la dose homologuée. Dès l'automne 96, un programme de travail a été mis en place associant le Service de la Protection des Végétaux, l'Institut National de la recherche Agronomique (pathologie du tournesol), le Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM), l'Association des Multiplicateurs de Semences d'Oléagineux (AMSOL), le Groupement d'Etude et de Contrôle des Variétés et des Semences avec la contribution de la société Novartis Agro. Ce programme a pour objectif d'évaluer le comportement de différents produits utilisés en traitement de semences choisis pour leur efficacité sur d'autres mildious.

Nous présentons les résultats de ces travaux conduits en laboratoire. Ils portent sur trois études.

## **I -Mesure de l'efficacité au Laboratoire de 15 spécialités sur des contaminations primaires pour 3 isolats**

Cette expérimentation a pour objet la mesure de l'efficacité de différentes spécialités sur des **contaminations primaires** de *Plasmopara halstedii*.

### Méthode :

Le protocole expérimental est celui qui a été mis au point par Albourie et al.1998. Il comprend 4 étapes.

Etape 1 : germination des semences. Les semences utilisées sont celles d'une variété sensible au mildiou. Elles sont mise à germer sur du papier buvard humide et sont ensuite placées à humidité saturante à 25°C dans l'obscurité pendant 48 heures.

Etape 2 : infection. Cinq séries de 20 graines par modalité ayant un germe compris entre 3 et 15mm, sont placées dans des flacons de 100ml et immergées dans une solution aqueuse contenant 100 zoosporanges par mm<sup>3</sup>. La durée de trempage est de 5 heures à 18°C à l'obscurité. Chaque série de graines est repiquée dans des pots d'un litre remplis de terreau, à raison de 16 graines par pot. La solution infectante résiduelle est versée sur le pot.

Etape 3 : incubation. Les pots sont placés pendant 14 jours dans une enceinte climatique, à une température de 18°C, sous un éclairage de 12000 Lux pendant 16 heures. Le 12<sup>ème</sup> jour, les pots sont mis « sous cloche » avec un sac plastique transparent pour permettre la sporulation du mildiou.

Etape 4 : lecture. Le 14<sup>ème</sup> jour, on compte les plantes attaquées par le mildiou sans tenir compte de l'importance de l'organe atteint.

Tableau I - Liste des modalités

N°	Modalités	Matières actives	doses de m.a-g/q	Formulation	Firme
01	Témoin non traité				
02	Acrobat M	dimétomorphe (9%) + mancozèbe (60%)	153 1020	WP	Cyanamid Agro
03	Aliette	fosétyl-al	400	WP	Rhône-Poulenc Agro
04	Apron 35 J	métalaxyl (35%)	210	WS	Novartis Agro
05	Apron 35 J + Acylon WP 60	métalaxyl (35%) + métalaxyl (9%) + folpel (51%)	51,1 158,9 900	WS WP	Novartis Agro Novartis Agro
06	Apron 35 J + Dithane M 45	métalaxyl (35%) + mancozèbe (80%)	210 1050	WS WP	Novartis Agro Novartis Agro
07	Apron 35 J + Sagiterre	métalaxyl (35%) + fluazinam (500g/l)	210 250	WS SC	Novartis Agro Novartis Agro
08	Dithane M 45	mancozèbe (80%)	1050	WP	Novartis Agro
09	Foltane	folpel (50%)	1500	WP	Sipcam-Phyteurop
10	Fulvax	cymoxanil (6%) + mancozèbe (70%)	90 1050	WP	Novartis Agro
11	Pomarsol	thirame	1066	FS	Bayer S.A
12	Pulsan HM Pépite	oxadixyl (40%) + cymoxanil (16%)	100 40	WG	Sandoz-Agro
13	Sagiterre	fluazinam (500g/l)	250	SC	Novartis Agro
14	Trecatol	bénalaxyl (8%) +mancozèbe (65%)	128 1040	WP	Sipcam-Phyteurop
15	Ugecap 83	captane	166	WP	Sipcam-Phyteurop
16	Vamin TS	ofurace (80g/l) + folpel (600g/l)	120 900	FS	AgrEvo

Tableau II - Résultats exprimés en pourcentage de plantes sporulentes pour 3 isolats : A résistant, B résistant, B sensible.

Le test statistique admet que deux valeurs de même rang (classées avec le même lettre) ne sont pas significativement différentes au seuil de risque de 5%. Le classement est spécifique à chaque race.

N°	Modalités	race A résistante	Classement	race B résistante	Classement	race B sensible	Classement
01	Témoin non traité	100	a	71,67	a	46,25	a
02	dimétomorphe (9%) + mancozèbe (70%)	1,25	c	0	c	0	b
03	fosétyl-al	1,32	c	2,5	c	0	b
04	métalaxyl (35%)	56	b	19,95	b	1,25	b
05	métalaxyl (35%) + métalaxyl (9%) +folpel (51%)	1,25	c	0	c	0	b
06	métalaxyl (35%) + mancozèbe (80%)	3,93	c	1,43	c	0	b
07	métalaxyl (35%) + fluazinam (500g/l)	0	c	0	c	0	b
08	mancozèbe (80%)	1,32	c	0	c	0	b
09	folpel (50%)	1,32	c	0	c	0	b
10	cymoxanil (6%) + mancozèbe (70%)	0	c	0	c	0	b
11	thirame	4,4	c	1,25	c	0	b
12	oxadixyl (40%) + cymoxanil (16%)	11,92	c	1,25	c	0	b
13	fluazinam (500g/l)	0	c	3,75	c	0	b
14	bénalaxyl (8%) + mancozèbe (65%)	1,43	c	0	c	0	b
15	captane	1,25	c	1,33	c	0	b
16	ofurace (80g/l) + folpel (60g/l)	0	c	0	c	0	b

## Commentaires

Sur l'isolat race B sensible, toutes les spécialités sont très efficaces. Pour les deux isolats résistants, leur comportement est le même. Pour les deux souches Ar et Br nous avons le même classement en trois groupes a,b,c bien qu'ils soient exploités séparément. On note bien la résistance au métalaxyl des souches Ar et Br étudiées. On remarque la bonne efficacité des produits de contact : mancozèbe, folpel, fluazinam et d'un produit systémique le fosétyl-al. Pour les associations ofurace-folpel, béalaxyl-mancozèbe, métalaxyl-mancozèbe, métalaxyl-fluazinam, l'efficacité est probablement apportée par les produits de contact. En effet, l'ofurace et le béalaxyl comme le métalaxyl appartenant à la même famille des phénylamides, nous nous trouvons vraisemblablement en présence d'une résistance croisée. L'association cymoxanil-mancozèbe est la seule pour laquelle il peut y avoir complémentarité d'action.

## II- Mesure de l'efficacité de cinq spécialités sur trois souches Br (race B résistante)

Tableau III - Liste des modalités

N°	Modalités	Matières actives	doses m.a g/q	Formulation	Firme
1	témoin non traité				
2	Aliette	fosétyl-al	1000	WP	Rhône-Poulenc Agro
3	Apron 35 J + Dithane M 45	métalaxyl (35%) + mancozèbe (80%)	210	WS	Novartis Agro
			1050	WP	Novartis Agro
4	Apron 35 J + Quinolate Pro FL	métalaxyl (35%) + oxyquinoléate de cuivre +carbendazime	210	WS	Novartis Agro
			30	FS	Novartis Agro
			30		
5	Apron 35 J + Sagitterre	métalaxyl (35%) + fluazinam (500g/l)	210	WS	Novartis Agro
			250	SC	Novartis Agro
6	Fulvax 2000	cymoxanil (6%) + mancozèbe (70%)	90 1050	WP	Novartis Agro

Tableau IV - Résultats exprimés en pourcentage de plantes infectées pour 3 isolats résistants : B1r, B2r, B3r.

Le test statistique admet que deux valeurs de même rang (classées avec le même lettre) ne sont pas significativement différentes au seuil de risque de 5%.

N°	Modalités	B1r	Classement	B2r	Classement	B3r	Classement
1	Témoin non traité	92,5	a	97,5	a	100	a
2	fosétyl-al	6,25	c	2,5	c	2,5	c
3	métalaxyl (35%)	0	c	0	c	0	c
	mancozèbe (80%)						
4	métalaxyl (35%)	75	b	32,5	b	50	b
	oxyquinoléate de cuivre						
	carbendazime						
5	métalaxyl (35%)	1,25	c	6,25	c	1,25	c
	fluazinam (500g/l)						
6	cymoxanil (6%)	0	c	0	c	0	c
	mancozèbe (70%)						

## Commentaires

Comme dans la première expérimentation, le comportement des trois souches est identique. La meilleure efficacité est obtenue avec les associations métalaxyl-mancozèbe et cymoxanil-mancozèbe. Ne sont pas significativement différents : le fosétyl-al, l'association métalaxyl-fluazinam. L'association oxyquinoléate de cuivre et carbendazime ne renforce pas l'action du métalaxyl (modalité n°4).

## Conclusions

De ces deux essais portant sur des contaminations primaires, on retiendra le bon comportement sur les souches résistantes au métalaxyl des produits mancozèbe, folpel, fluazinam, fosétyl-al, et des associations ofurace-folpel, béalaxyl-mancozèbe, métalaxyl-fluazinam, métalaxyl-mancozèbe, cymoxanil-mancozèbe.

## III-Efficacité au Laboratoire de 14 spécialités sur des contaminations primaires et secondaires de *Plasmopara halstedii*.

### Méthode

Pour les contaminations primaires : Méthode Albourie et al., 1998.

Pour les contaminations secondaires :

Etape 1 : germination des semences et culture des jeunes plantes. Les semences utilisées sont celles d'une variété sensible au mildiou. Elles sont mises à germer sur du papier buvard humide et sont ensuite placées à humidité saturante à 25°C dans l'obscurité pendant 48 heures. Chaque série de graines est repiquée à raison de 8 graines par pot. Les pots sont placés pendant 14 jours dans une enceinte climatique, à 18 °C, sous éclairage de 12000 lux pendant 16 heures.

Etape 2 : infection. Les plantules sont infectées par pulvérisation d'une suspension de zoosporanges (50 spores/mm<sup>3</sup>) puis immédiatement recouvertes d'un sac en matière plastique pour 48 heures.

Etape 3 : incubation. Les plantules infectées sont maintenues 11 jours en enceinte climatique. Le 10<sup>ème</sup> jour, les pots sont mis « sous cloche » avec un sac plastique transparent pour permettre la sporulation du mildiou.

Etape 4 : lecture. Le 11<sup>ème</sup> jour, on compte les plantes montrant des symptômes de mildiou sur feuilles.



Tableau V - Liste des modalités

N <sup>o</sup>	Modalités	Matières actives	doses de m.a-g/q	Formulation	Firme
01	Témoin non traité				
02	Apron 35 J	métalaxyl (35%)	210	WS	Novartis Agro
03	Apron 35 J+	métalaxyl (35%)+	210	WS	Novartis Agro
	Sagiterre	fluazinam (500g/l)	250	SC	Novartis Agro
04	Sagiterre	fluazinam (500g/l)	250	SC	Novartis Agro
05	Apron 35 J +	métalaxyl (35%) +	210	WS	Novartis Agro
	Dithane M 45	mancozèbe (80%)	1050	WP	Novartis Agro
06	Dithane M 45	mancozèbe (80%)	1050	WP	Novartis Agro
07	Apron 35 J Foltane	métalaxyl (35%) folpel (50%)	210 900	WS WP	Novartis Agro Sipcam- Phyteurop
08	Foltane	folpel (50%)	1500	WP	Sipcam- Phyteurop
09	Milfuram	Ofurace	120	WP	AgrEvo
10	Vamin TS	ofurace (80g/l) folpel (60g/l)	120 900	FS	AgrEvo
11	Fulvax 2000	cymoxanil (6%) mancozèbe (70%)	90 1050	WP	Novartis Agro
12	Forum PM	dimetomorphe	450	WP	Cyanamid Agro
13	Acrobat M	dimétomorphe (9%) mancozèbe (60%)	225 1500	WP	Cyanamid Agro
14	Aliette	fosétil-al	400	WP	Rhône-Poulenc Agro
15	Prévicur N	Propamocarb HCL	722	SL	Agro-Végétal

Tableau VI - Résultats exprimés en pourcentage de plantes infectées pour 2 isolats : race A sensible et race A résistante (Apr2).

Le test statistique admet que deux valeurs de même rang (classées avec le même lettre) ne sont pas significativement différentes au seuil de risque de 5%.

N°	Modalités	Contaminations primaires				Contaminations secondaires			
		race A	classes	isolat Apr2	classes	race A	classes	isolat Apr2	classes
1	Témoin non traité	93,8	a	93,8	a	96,9	a	100,0	a
2	métalaxyl (35%)	0,0	e	93,8	a	0,0	c	100,0	a
3	métalaxyl (35%) + fluazinam (500g/l)	0,0	e	6,3	e	0,0	c	100,0	a
4	fluazinam (500g/l)	9,4	de	9,4	de	100,0	a	100,0	a
5	métalaxyl (35%) + mancozèbe (80%)	0,0	e	7,8	e	0,0	c	100,0	a
6	mancozèbe (80%)	3,1	e	6,3	e	100,0	a	100,0	a
7	métalaxyl (35%) + folpel (50%)	0,0	e	0,0	e	0,0	c	100,0	a
8	folpel (50%)	4,7	e	3,1	e	100,0	a	100,0	a
9	Ofurace	7,8	de	87,5	a	68,5	b	100,0	a
10	ofurace (80g/l) + folpel (60g/l)	0,0	e	3,1	e	65,6	b	96,9	a
11	cymoxanil (6%) + mancozèbe (70%)	0,0	e	0,0	e	100,0	a	100,0	a
12	dimetomor phe	21,9	cd	28,1	cd	100,0	a	100,0	a
13	dimétomor phe (9%) + mancozèbe (60%)	0,0	e	0,0	e	100	a	100	a
14	fosétyl-al	20,3	cd	34,4	c	90,6	a	100	a
15	Propamoca rb HCL	0,0	e	0,0	e	75	b	100	a

## **Commentaires**

### **Concernant les contaminations primaires :**

Les résultats sont globalement comparables à ceux de l'expérimentation 1 (tableau II) excepté pour le fosétyl-al qui dans ce 3<sup>ème</sup> essai manque d'efficacité. On note un mauvais comportement du métalaxyl qui confirme la résistance de la souche étudiée. On remarque le bon comportement du mancozèbe, du folpel avec en plus le Propamocarb HCL. Pour les associations la meilleure efficacité est obtenue avec les spécialités ofurace-folpel, cymoxanil-mancozèbe, dimétomorphe-mancozèbe, métalaxyl-fluazinam, métalaxyl-folpel, métalaxyl-mancozèbe.

### **Concernant les contaminations secondaires :**

Aucune spécialité dans les conditions de l'expérimentation au laboratoire, n'est efficace sur la souche résistante Apr2.

Nous retiendrons de cette étude les points suivants :

**Au niveau des contaminations primaires de mildiou :** le bon comportement du mancozèbe, du folpel qui confirment les résultats de l'expérimentation 1 avec en plus le Promocarb HCL. De même, on observe une bonne efficacité des associations ofurace-folpel, cymoxanil-mancozèbe, dimétomorphe-mancozèbe, métalaxyl-fluazinam, métalaxyl-folpel, métalaxyl-mancozèbe

**Au niveau des contaminations secondaires :** aucune des spécialités testées se révèle efficace vis à vis de la souche résistante étudiée dans les conditions de l'essai.

## **En conclusion**

Sur les contaminations primaires, les souches résistantes au métalaxyl peuvent être efficacement combattues par la lutte chimique. Ces études montrent l'intérêt d'association de produits aux modes d'action différents. Ainsi, on remarque le bon comportement des phénylamides type métalaxyl ou ofurace associés à un produit de contact type mancozèbe ou folpel. L'emploi des fongicides peut permettre d'une part de réduire fortement l'inoculum

pour les contaminations secondaires, mais d'autre part, d'éviter l'introduction de nouvelles races à l'importation et aussi d'apporter une garantie supplémentaire sur la qualité sanitaire des graines à l'exportation. La troisième étude montre par contre, que pour les contaminations secondaires, les solutions apportées par la lutte chimique ne sont pas évidentes.

Sur les quatorze spécialités étudiées, aucune n'a été efficace sur la souche testée dans les conditions de l'essai. Ces résultats de laboratoire seront vérifiés par des expérimentations au champ afin de préciser l'efficacité, mais aussi la sélectivité des produits. Dans la pratique, tous les moyens de lutte sont utilisés pour maîtriser et réduire le développement du mildiou. Aux moyens de lutte traditionnels tels que les techniques culturales, les traitements de semences indispensables et obligatoires, viennent s'ajouter la lutte génétique avec l'arrivée sur le marché de variétés résistantes à toutes les races connues sur le territoire Français. L'ensemble de ces mesures permet aujourd'hui d'assurer une protection satisfaisante du Tournesol vis à vis de la maladie.

## **Bibliographie**

Lafon S., Penaud A., Walser P., De Guenin M.C., Molinero V., Mestres R., Tourvieille D., Le Mildiou du Tournesol toujours sous surveillance. Phytoma - La Défense des Végétaux - N°484. Juin 1996.

Delos M., Penaud A., Lafon S., Walser P., De Guenin M.C., Tourvieille J., Molinero V., Tourvieille D., Le Mildiou du Tournesol - Une maladie toujours d'actualité. Phytoma - La Défense des Végétaux - N°495. Juin 1997.

Albourie J.M., Tourvieille J., Tourvieille de Labrouhe D., 1998. Protocol to evaluate the metalaxyl sensitivity level in isolates of *Plasmopara halstedii*. Sunflower Down Mildew Symposium, Fargo (U.S.A), January 12-14.

*Nos remerciements pour leur participation aux organismes suivants :*

*GEVES, SNES, S.O.C, CETIOM, AMSOL, ANAMSO,*

*Novartis Agro, Cargill Génétique Europe.*