

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**RESULTATS DU RESEAU D'ESSAI DE SUIVI DES RESISTANCES DE LA SEPTORIOSE AUX FONGICIDES
(AFPP)**

L. WARANGOT¹, T. DURAND², A.-S. WALKER³, M. DELOS⁴

¹ SRAI-DRAAF "Picardie"- 518, Rue St Fuscien- 80 092 AMIENS

² SRAI-DRAAF "Bourgogne"- 4 bis rue Hoche- BP 87865 21078 DIJO

³ INRA, UMR 1290 BIOGER- CPP Bât 13 Avenue Lucien Brétignières BP01-78850 Thiverval-Grignon

⁴ SRAI-DRAAF-"Midi-Pyrénées"- Bât. E – Bd Armand Duportal- 31074 TOULOUSE

marc.delos@agriculture.gouv.fr

RÉSUMÉ

Un réseau de surveillance des pertes d'efficacité des fongicides sur les principales maladies des céréales à pailles a été mis en place en France sous l'égide de l'Association Française de Protection des Plantes en 1997. Ce réseau d'essais de comparaison de spécialités fongicides mono substance active estime l'évolution, sur la septoriose des feuilles due à (*Zymoseptoria tritici*), de l'efficacité des fongicides prochloraze, époxiconazole, chlorothalonil, prothioconazole. Le protocole inclue également l'époxiconazole associé au boscalid et au fluxapyroxad. Les efficacités sont mesurées au champ et la sensibilité des populations est caractérisée au laboratoire lorsqu'une méthode est disponible. Ce réseau d'essais a permis de constater la perte d'efficacité des strobilurines sur la septoriose des feuilles et interroge sur une érosion progressive mais notable des IDM les plus performants suite à l'augmentation des populations à phénotypes émergents.

Mots-clés : *Zymoseptoria tritici*, résistance, fongicides, triazoles, strobilurines, SDHI.

ABSTRACT

RESULTS FROM THE ZYMOSEPTORIA TRITICI FUNGICIDES RESISTANCE TRIAL NETWORKS (AFPP)

Trial network, following fungicides efficacy for the main cereals diseases have been launched in France under supervision of the French plant protection association (AFPP) in 1997. This network compares the efficacy of solo active ingredients prochloraze, époxiconazole, chlorothalonil, prothioconazole or mixed with époxiconazole for boscalid and fluxapyroxad on *Zymoseptoria tritici*, the causal agent of the wheat leaf blotch disease. Efficacies are established after field observations and a characterisation for strain sensitivity in laboratory is carried out, when a method is available. Additionally to other programs, the AFPP erosion networks allowed characterising the rapid decline of strobilurin efficacy on wheat leaf blotch diseases and query about progressive efficacy erosion for more effective triazole under increase of less sensitive strains of *Mycosphaerella graminicola*.

Keywords: *Zymoseptoria tritici*, resistance, fungicides, triazoles, strobilurins, SDHI.

INTRODUCTION

La sélection de populations de champignons pathogènes pour les céréales résistantes aux fongicides intervient dès les premiers traitements réalisés. Les premiers exemples de résistance en pratique datent du début des années 70 avec la résistance de l'oidium (dû à *Blumeria graminis*) et aux benzimidazoles, puis de la septoriose des feuilles (due à *Mycosphaella graminicola*) et du piétin-verse (dû à *Oculimacula spp.*). Si la caractérisation des souches résistantes au laboratoire est ancienne, l'organisation de la surveillance de la dérive de l'efficacité au champ (appelée aussi érosion) date de 1997. Ce travail a été initié au sein d'un groupe de travail constitué sous l'égide de l'Association Française de Protection des Plantes pour les triazoles et les amines initialement. Les strobilurines ont été surveillées dès le début de l'utilisation de cette famille.

Cette publication se propose de faire le point sur le travail réalisé depuis l'origine de cette activité au sein du réseau AFPP pour cette maladie. Cette information est partagée au sein du groupe « Résistances des maladies des céréales aux fongicides » de l'Association Française de Protection des Plantes, qui rassemble des représentants de la recherche, de l'administration, de la profession agricole, des fournisseurs, de l'industrie phytosanitaire et de sociétés de service liées à l'agriculture, en complément du réseau spécifique produit par ce groupe.

MATERIELS ET METHODES

RESEAU EXPERIMENTAL

Le réseau d'essais de suivi de l'efficacité des fongicides et de la sensibilité de *Z. tritici* aux produits utilisés existe depuis 1997 sur la base de 10 à 15 essais réalisés par an. Les lieux d'implantation sont situés majoritairement dans la moitié Nord de la France (au Nord d'une ligne Lyon-Nantes). Une majorité de sites expérimentaux se situe dans le Bassin Parisien (tableau I).

Tableau I : Localisation des essais du réseau de suivi des sensibilités de *Z. tritici* aux fongicides.

Location of the trials within the *Z. tritici* sensitivity network.

Année	2002	2003	2004	2005	2006
Nombre d'essais exploitables	6	5	9	13	13
Lieux (N° de départements)	01-02-27-76-80-91	14-21-41-76-91	02-02-14-21-27-28-76-91-91	02-18-18-21-21-35-41-56-62-76-80-80-91	02-18-18-21-21-35-41-56-62-80-80-91
Année	2007	2008	2009	2010	2011
Nombre d'essais exploitables	10	15	13	10	6
Lieux (N° de départements)	51-18-18-80-62-56-80-76-41	02-07-18-18-21-21-49-51-56-62-76-80-80-80-91	02-18-21-21-45-45-51-62-76-80-80-80-91	08-21-21-21-62-76-80-80-80-91	27-69-76-80-80-91
Année	2012	2013	2014		
Nombre d'essais exploitables	11	14	13		
Lieux (N° de départements)	51,78,80,27,2*91,18,21,80,62,21	51,76,80,02,10,91,35,22,2*21,18,021,80,62,39	51,80,76,0210,77,2*21,18,62,86,80,62		

L'objectif du réseau septoriose est de suivre dans le temps l'efficacité des familles chimiques largement utilisées pour la protection fongicide du blé tendre et présentant des modes d'actions différents : inhibiteurs de la 14 α -déméthylation des stérols (IDM) pour les triazoles,

multisites affectant les processus respiratoires pour le fongicide de contact testé et inhibiteur de la respiration mitochondriale au niveau du complexe III pour les strobilurines (QoI). Les fongicides représentatifs de ces familles et retenus pour cet observatoire sont respectivement le flusilazole (« ancien triazole » utilisé depuis plus de 20 ans), l'époxiconazole (triazole utilisé depuis 1993), le chlorothalonil et l'azoxystrobine. A partir de 2007, un autre représentant de la famille des IBS a été testé : le prochloraze, pour évaluer son effet de contre sélection des populations résistantes aux triazoles. L'autorisation du prothioconazole a permis d'introduire ce pro-fongicide IDM en 2007. Enfin un représentant de la famille des inhibiteurs de la succinate déshydrogénase (SDHI) ou carboxamide, le boscalid, associé à l'époxiconazole a été introduit en 2009 faute de disposer de la substance active solo. A partir de 2013 une autre association a été intégrée : le fluxapyroxad (SDHI), associé à l'époxiconazole. Le mélange, dit mélange trois voies, a évolué au cours de la période. Le mélange prothioconazole + chlorothalonil + prochloraze (PCP) a été remplacé par le mélange fluxapyroxad + époxiconazole + chlorothalonil (EFC) en 2014. Ce mélange est toujours destiné à mesurer une efficacité considérée comme maximale sur *Z. tritici*. Ce mélange est réalisé à titre strictement expérimental dans le cadre du réseau AFPP comme référence de stabilité de l'efficacité.

Pour cette expérimentation menée en réseau, le dispositif expérimental retenu est le bloc de Fisher à 4 répétitions avec témoins inclus. Les parcelles reçoivent deux applications de fongicides (tableau II) : la première au premier nœud du blé **BBCH 31 -32** (T1) puis une seconde trois semaines plus tard (T2). La mesure de l'efficacité porte sur deux notations de la septoriose sur feuilles, réalisées après la seconde application : T2 + 21 jours puis T2 + 30-40 jours.

Tableau II : Protocole de traitements fongicides des essais du réseau AFPP.
Fungicides treatment protocol for the *Z. tritici* AFPP network.

	g. m.a. / ha	T1	T2
		BBCH 31 -32	T1 + 21 à 28 j
Substances actives			
Témoin non traité	-	-	-
époxiconazole	125	X	X
prothioconazole	200	X	X
prochloraze	450	X	X
chlorothalonil	1100	X	X
époxiconazole + boscalid	125 350	X	X
époxiconazole* + fluxapyroxad	125 125	X	X
époxiconazole + fluxapyroxad** + chlorothalonil	125 125 1100	X	X

*Modalité introduite à partir de la série d'essais 2013

** La modalité 3 voies a vu le remplacement du prothioconazole et du prochloraze par de l'époxiconazole et du fluxapyroxad à partir de 2013. PCP devient EFC à compter de cette série.

TESTS DE RESISTANCES AU LABORATOIRE DE L'INRA DE VERSAILLES

Lors des notations à T2+30-40 jours, des prélèvements de feuilles présentant des symptômes de *Z. tritici*, issus des modalités des essais, sont envoyés au laboratoire BIOGER de l'INRA de Grignon pour analyses biologiques des populations. Chaque échantillon parcellaire comprend une vingtaine de fragments foliaires porteurs de pycnides. La méthode utilisée consiste à déterminer la sensibilité de pycniospores, en mélange représentatif de la parcelle, lors de leur germination sur un milieu nutritif gélosé en présence de doses discriminantes de fongicides. Les tests sont pratiqués vis-à-vis des benzimidazoles, des triazoles et autres IBS, des carboxamides et des strobilurines. La lecture au microscope optique permet de quantifier les proportions de spores sensibles ou résistantes dans le mélange de spore représentatif de la parcelle (Walker *et al*, 2012).

RESULTATS

MESURE DE L'ÉVOLUTION DES RESISTANCES DE *ZYMOSEPTORIA TRITICI* AUX FONGICIDES TESTES AU LABORATOIRE.

La résistance aux benzimidazoles, due à une mutation sur le gène de la β -tubuline, cible de ces fongicides, entraînant des niveaux de résistance élevés, est toujours très fréquente (autour de 80% en moyenne), avec cependant des fréquences plus faibles dans le Sud de la France. La résistance aux Qols, apparue à partir de 2003, concerne l'ensemble des régions céréalières françaises. Son implantation est maintenant généralisée sur tout le territoire y compris dans les régions du Sud et l'efficacité de toutes les strobilurines est fortement compromise (Leroux *et al*, 2006).

Les souches de *S. tritici* moyennement résistantes aux triazoles (principale classe d'IDM) restent majoritaires (76% en moyenne en 2015) dans toutes les régions françaises. Ces souches sont pour une part d'entre elles plus fréquentes en particulier dans les régions de la façade atlantique, entièrement sensibles au prochloraze. Plusieurs phénotypes nouveaux, notamment plus résistants aux triazoles et au prochloraze sont détectés depuis 2008. Ces phénotypes émergents sont en progression depuis 2010 et représentent actuellement 21% de la population. Ils correspondent à 2 sous-groupes :

(1) un sous-groupe (dit TriMR évoluées) pour lequel les différentes catégories de souches présentent de forts niveaux de résistance à un ou quelques triazoles, liés à la sélection de nouvelles combinaisons de mutations dans le gène cible des IDMs, incluant en particulier la substitution S524T, en plus des mutations décrites précédemment (Leroux et Walker, 2011). Ces souches, fortement présentes en Grande-Bretagne et en Irlande, sont mises en évidence dans 55% des échantillons analysés, avec une fréquence moyenne de 25%.

(2) un sous-groupe dit MDR (pour Multiple Drug Resistance), pour lequel les isolats sont très résistants à la plupart des IDMs et faiblement résistants aux SDHIs (Inhibiteurs de la Succinate DésHydrogénase, comprenant les carboxamides), suite à l'acquisition d'un nouveau mécanisme de résistance qui permet au champignon d'excréter plus efficacement les fongicides en dehors des cellules (Leroux *et al*, 2011 ; Omrane *et al*, 2015). Ces souches sont actuellement présentes dans 40% des échantillons testés, avec une fréquence moyenne de 23%.

Enfin, quelques souches de *Z. tritici* résistant spécifiquement aux SDHI sont détectées sporadiquement en Europe, et en France, depuis 2002. Leur rareté, associée à des niveaux de résistance faibles, semble insuffisante pour générer des pertes d'efficacité des SDHI liées à la résistance, actuellement.

CARACTERISTIQUES DES EPIDEMIES DE *ZYMOSEPTORIA TRITICI* DE 2012 A 2014

Les situations sanitaires antérieures à 2012 ont déjà été décrites dans la communication précédente présentée en 2009 (Lenne *et al*, 2009, Délos *et al*, 2009, Délos *et al*, 2008, Warangot *et al*, 2012).

En 2011-2012 L'automne 2011 n'est pas été particulièrement favorable à la septoriose des feuilles. L'hiver qui a suivi avec un mois de février glacial tend même à réduire le faible inoculum présent. Dans les faits un printemps régulièrement pluvieux au final a favorisé une épidémie dans la pratique relativement précoce et assure une forte pression de septoriose des feuilles qui s'est avérée très nuisible mais correctement contrôlée par des applications séquentielles de fongicides.

En 2012-2013, Suite à un automne et début d'hiver doux et humide, favorable aux contaminations notamment sur semis précoces, le niveau d'inoculum à l'entrée de l'hiver a été parfois important. Si le printemps frais a ralenti les sorties de taches et retardé l'apparition des symptômes en allongeant le temps d'incubation, le niveau d'attaque de septoriose a été observé assez fort à grave dans l'Est de la France. On a constaté moins de maladie qu'en 2012 dans un large Nord-Ouest et davantage dans le reste du pays avec des résultats plus contrastés dans les essais

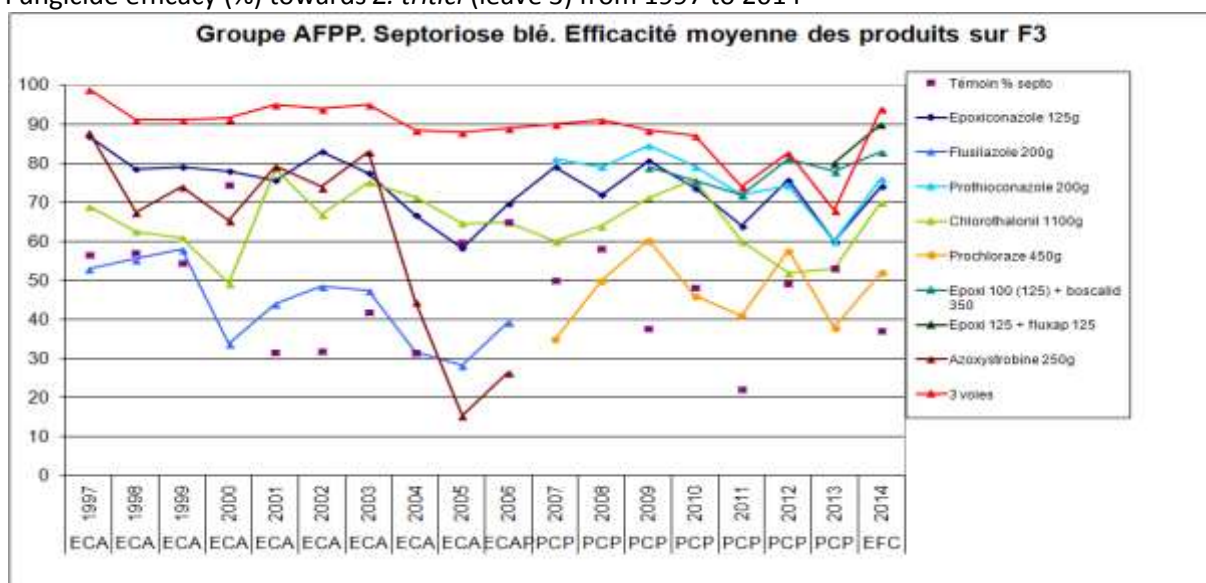
En 2013-2014 comme la campagne précédente, la septoriose des feuilles a fait son apparition précocement à la faveur d'un automne et d'un début d'hiver doux et humide. Les symptômes ont été plus discrets au cours de la montaison en absence de précipitations. Le retour des pluies fin avril a favorisé à nouveau la maladie avec des symptômes qui se sont surtout exprimés en fin de cycle végétatif. La pression globale a été moyenne à assez forte et même grave pour la région Normandie.

Au bilan, les trois dernières années ont été caractérisées par des épidémies assez fortes à très fortes pour les campagnes 2011-2012 puis 2012-2013, notamment en lien avec des pluviométries régulières et significatives au printemps qui sont majoritairement intervenues après les traitements. Ces caractéristiques ont rendu plus efficaces les produits préventifs et limité l'effet curatif visible des fongicides lors de la première intervention. Dans ces conditions le potentiel de maladie installée avant les traitements a joué de façon marginale, sauf en 2012 où la très forte épidémie a valorisé les fongicides qui limitaient la source d'inoculum sur feuille de la base. Le constat inverse avait été fait en 2011.

EVOLUTION DE L'EFFICACITE DES FONGICIDES SUR *ZYMOSEPTORIA TRITICI* DE 1997 A 2014

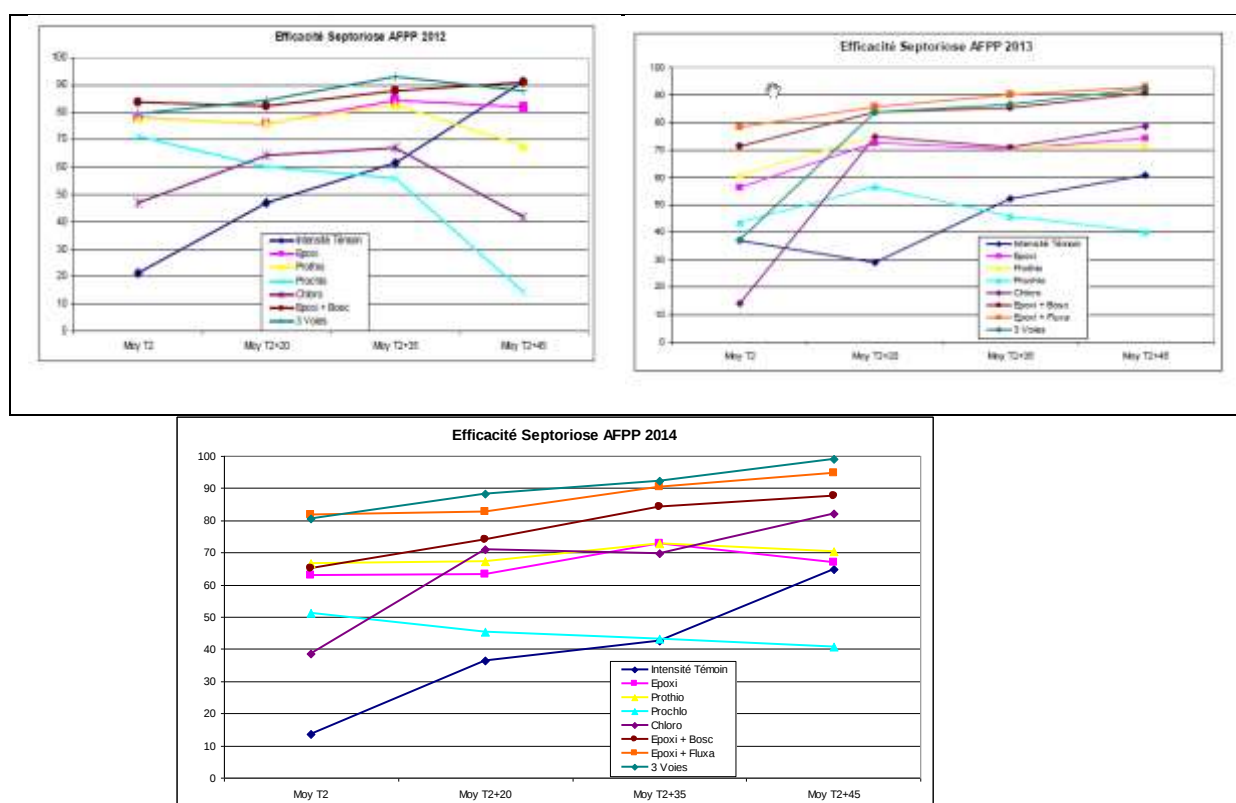
Depuis la mise en place du réseau AFPP en 1997, l'efficacité des différents fongicides testés est évaluée par rapport aux niveaux d'attaque du feuillage par la septoriose qui sont variables selon le climat de l'année (figure 1). Dans le cas de variations de faible amplitude il s'agit donc, quand cela a été possible, de distinguer les diverses causes de baisse d'efficacité : phénomène d'érosion d'efficacité, effet du positionnement ou plus simplement baisse relative d'efficacité due à une pression importante de la maladie.

Figure 1 : Efficacité de différents fongicides (%) vis-à-vis de *Z. tritici* sur F3 de 1997 à 2014
Fungicide efficacy (%) towards *Z. tritici* (leave 3) from 1997 to 2014



Jusqu'en 2003, le mélange trois voies (ECA) remplit bien son rôle car il procure une efficacité stable de très haut niveau sur *Z. tritici*. Puis la résistance aux strobilurines affecte également les performances de cette référence. Sur F3, son efficacité est passée sous la barre des 90 % depuis 2004, l'association du prochloraze et la substitution de l'époxiconazole par le prothioconazole s'est avérée insuffisante. L'introduction dans le mélange 3 voies du fluoxapyroxad en 2013 permet de régulariser son efficacité et de retrouver les performances initiales. On rappellera que le comportement de la référence 3 voies est atypique en 2011 du fait d'une épidémie de très faible intensité et perturbée par la sécheresse printanière. L'intensité moyenne d'attaque est de 22% sur F3 cette année-là et l'efficacité de la référence chute à 74%. Les 3 campagnes suivantes, avec des épidémies classiques, permettent de constater un comportement conforme de cette référence, même si elle ne se distingue pas de la meilleure spécialité testée.

Figure 2 : Efficacité successive (%) des fongicides vis-à-vis de *Z. tritici* sur F3 de 2012 à 2014
Fungicide efficacy detail (%) towards *Z. tritici* (leave 3) from 2012 to 2014



L'époxiconazole à 125 g/ha, a longtemps représenté le triazole le plus efficace ; il oscille autour des 80 % d'efficacité de 1997 à 2003. Depuis 2004, l'efficacité enregistrée varie entre 60 et 80%, en forte chute jusqu'en 2005 mais observée à un niveau proche de ses anciennes performances à partir de 2007 (Lenne *et al*, 2009). Il convient de noter cependant que les épidémies modérées en relatif de 2006 à 2011 et un placement du traitement généralement en préventif sont favorables à ce fongicide face à des populations modérément résistantes.

L'augmentation des populations à phénotype phénotypes évolués valorise l'association avec un carboxamide plus particulièrement en 2013 et 2014.

Le chlorothalonil est la référence multisite utilisée à 1100 g/ha appliquée deux fois, En parallèle à son placement par rapport aux contaminations, il est plus difficile à caractériser et peut être mis en défaut lors d'attaques précoces de septoriose comme en 2000 ou en 2011. Les 2 dernières années, à intensité septoriose forte mais avec des contaminations majoritaires après les traitements, confirment un bon comportement du chlorothalonil, proche des références hautes pour les notations tardives (figure 2) à partir de T2+20 mais il reste distancé par les associations triazole+carboxamide.

Le prochloraze testé depuis 2006 ne présente qu'une efficacité partielle, du fait de son mode d'action essentiellement préventif donc proche du chlorothalonil dont il suit la tendance tout en restant régulièrement inférieur notamment pour les notations les plus tardives.

Le prothioconazole testé depuis 2007, s'avère très légèrement plus efficace que l'époxiconazole mais peu différent en moyenne et évoluant dans le même sens.

Le boscalid, premier représentant de la famille des SDHIs (Inhibiteurs de la Succinate DésHydrogénase), est testé depuis 2009 en association avec l'époxiconazole. Son efficacité ne peut être mesurée seule, l'association avec l'époxiconazole est très bonne, proche du prothioconazole voire même de la référence 3 voies depuis 2011. L'apport spécifique du boscalid au mélange apparaît plus déterminant depuis cette date.

Le fluxapyroxad second représentant de la famille des SDHIs (Inhibiteurs de la Succinate DésHydrogénase), est testé depuis 2012 en association avec l'époxiconazole. Il présente un profil proche du boscalid mais avec des performances supérieures en tendance notamment en 2014, lors des premières notations valorisant ses performances curatives sur la maladie supérieures au boscalid.

DISCUSSION - CONCLUSION

Sur *Zymoseptoria tritici*, l'examen des résultats des dernières campagnes du réseau AFPP illustre les évolutions au champ de l'efficacité des fongicides. La période 1997-2003 correspond à une relative stabilité de l'efficacité des fongicides. En revanche, à partir de 2004, la perte d'efficacité de l'azoxystrobine est observée au champ. Cette évolution est extrapolable à l'ensemble de la famille, cette observation a permis de valider la capacité d'un tel réseau à rendre compte d'un phénomène suffisamment significatif pour être décrit sans risque d'erreur.

Une crainte d'érosion progressive justifiée par les observations postérieures à 2013 existe vis à vis des meilleurs inhibiteurs de la biosynthèse des stérols même si l'approche générique, comme c'est le cas pour les strobilurines ne peut être automatique. L'érosion des triazoles, reste encore à mieux quantifier à ce jour. Elle est lente et coïncide avec la progression des populations présentant de forts niveaux de résistance à quelques ou tous les triazoles (MDR et TriMR évoluées). Avec ce phénomène il est rappelé que l'expérimentation de terrain touche ses limites, liées à l'addition ou à l'interaction de la sensibilité de la population du pathogène avec l'effet du positionnement des fongicides par rapport aux contaminations. Les applications curatives de triazoles sont généralement davantage mises en difficulté par les populations moyennement résistantes. En revanche le chlorothalonil, multisite de référence, se maintient à un niveau élevé proche de 70% pour le contrôle de la septoriose sur la F3, la réduction d'écart de cette substance active avec l'époxiconazole reste, comme observé en 2012 (Warangot *et al*, 2012), un bon indicateur du phénomène décrit d'érosion lente.

Face aux évolutions importantes de la résistance de *S. tritici* aux fongicides observées ces dernières années et aux conséquences de la lutte fongicides contre cette maladie, le réseau de suivi initié par l'AFPP en 1997 a permis de mettre en relation l'évolution des efficacités au champ et celle de la sensibilité des souches au sein des populations. C'est particulièrement vrai dans le cas de la progression rapide de la résistance monoallélique aux strobilurines (mutation dans le gène du cytochrome b responsable de la substitution G143A) qui possède des facteurs de résistance élevés.

Ce type de relation est plus difficile à caractériser dans le cas de niveaux de résistance intermédiaires comme cela est observé pour les triazoles.

Ce type de réseau ne peut que s'inscrire dans la durée, les fluctuations des performances des triazoles permettent d'illustrer parfaitement cette assertion avec des années plus difficiles à interpréter notamment 2007 où des confusions avec des symptômes d'autres maladies ont été fréquentes. Le réseau de suivi des phénomènes de résistance au champ de l'AFPP s'avère donc être un outil indispensable pour adapter les autorisations puis les recommandations à chaque famille chimique voire, pour le cas des IBS, à chaque substance active. Cette précision s'impose en raison des évolutions de la sensibilité des populations du pathogène qui ne concernent qu'une partie des molécules fongicides utilisées. Ces informations sont absolument capitales pour optimiser l'emploi des fongicides et dans la mesure du possible envisager (ou non) la possibilité d'une réduction de leur utilisation en sympathie avec l'agroécologie, pour une agriculture productive et respectueuse de l'environnement et en accord avec les recommandations issues du plan Ecophyto V2. Il s'agit là d'un véritable outil collectif, important pour la profession agricole, mais également pour la société civile afin de maintenir une capacité à produire tout en évitant l'utilisation de certains fongicides devenus peu ou pas utiles sur des usages donnés, du fait de la présence significative de populations des pathogènes devenues résistantes.

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des participants, notamment les techniciens et ingénieurs qui ont mis en place les essais alimentant le réseau AFPP de suivi de l'érosion des fongicides sur les maladies de plantes : organismes publics, professionnels, sociétés de service, services d'expérimentation des sociétés phytopharmaceutiques. Sans leur participation active, cette synthèse n'aurait pas été possible.

BIBLIOGRAPHIE

Délos M., Lenne N., Faure A., Durand T., Huguet B., Pillon O et Lepoutre P., 2009 - Céréales à paille Bilan phytosanitaire 2007-2008 – *Phytoma - La Défense des Végétaux*, 622/623, 26-28

Délos M., Lenne N., Faure A., Durand T., Huguet B., Pillon O et Lepoutre P., 2008 -Céréales à paille Bilan phytosanitaire 2006-2007 – *Phytoma - La Défense des Végétaux* 616, 8-12

Le Hénaff G., Leroux P., Délos M. et Walker A.S., 2006 - Septoriose du blé tendre d'hiver, résultat de l'observatoire des résistances aux fongicides – *Phytoma - La Défense des Végétaux*, décembre 2006, 15-19

Lenne N., Le Henaff G., Couleaud G., Délos M., Walker A. S., Micoud A., 2009 - Résultats du réseau d'essai de suivi des résistances de la septoriose et de l'oidium aux fongicides(AFPP) ; AFPP, Annales 9ème conférence international sur les maladies des plantes, Tours, France, 8 et 9 Décembre 2009, 702-710

Leroux P., Gredt M., Albertini C et Walker A.S., 2006 – Résistance de *Zymoseptoria tritici*, l'agent de la septoriose du blé, aux fongicides : des gènes aux champs ; AFPP, Annales 8ème Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, 584-592

Leroux P et Walker A-S., 2011– Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14 α -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Management Science* 67, 44-59.

Leroux, P. and A. Walker (2011) - "Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14 α -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*." *Pest Management Science* 67(1), 44-59

Omrane S., Sghyer, H., Audéon C., Lanen C., Duplaix C., Walker AS. and Fillinger S. (2015) - "Fungicide efflux and the MgMFS1 transporter contribute to the multidrug resistance phenotype in *Zymoseptoria tritici* field isolates." *Environmental Microbiology* 17(8), 2805-2823.

Warangot L., Délos M., Walker A. S., 2012 - Résultats du réseau d'essai de suivi des résistances de la septoriose et de l'oidium aux fongicides(AFPP) ; AFPP, Annales 10ème conférence international sur les maladies des plantes, Tours, France, 3 et 4 Décembre 2012, 326-335