

## RESISTANCES AUX FONGICIDES : MALADIES DES CEREALES A PAILLE – Janvier 2012

Note Commune ARVALIS-Institut du végétal, INRA, ANSES

### ETAT DES LIEUX 2011 ET RECOMMANDATIONS POUR 2012

#### **SEPTORIOSE** (*Mycosphaerella graminicola*, anamorphe *Septoria tritici*) :

La résistance aux QoI (strobilurines, famoxadone) concerne l'ensemble des régions céréalières françaises. Son implantation est généralisée sur tout le territoire y compris dans les régions du Sud et l'efficacité de toutes les strobilurines est fortement compromise.

Les souches de *S. tritici* moyennement résistantes aux triazoles (principale classe d'IDM) restent largement majoritaires dans toutes les régions françaises. Pour mémoire, ces souches sont faiblement résistantes, et pour une part, entièrement sensibles au prochloraze, en particulier dans les régions de la façade atlantique.

Plusieurs phénotypes émergents, notamment plus résistants aux triazoles et au prochloraze sont détectés depuis 2008. Ces phénotypes émergents sont en progression en 2011, mais restent le plus souvent marginaux dans les populations (7% en moyenne sur l'ensemble de l'échantillon mais présence dans 45% des populations, contre 30% en 2010). Ils correspondent à 2 sous-groupes<sup>1</sup> : (1) un sous-groupe en progression (dit non MDR) 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 IDM et (2) un sous-groupe stable entre 2010 et 2011, dit MDR (pour MultiDrug Resistant), pour lequel les isolats sont très résistants à la plupart des IDM et faiblement résistants aux SDHI (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. Etant donné les faibles fréquences de ces nouvelles souches, l'efficacité des fongicides ne semble pas affectée par cette évolution récente des populations. Les premiers résultats d'étude de la pression sélective montrent que tous les unisites testés (triazoles, imidazoles, SDHI) seuls ou en mélanges pourraient exercer une pression de sélection sur tout ou partie de ces populations émergentes.

**Recommandations** : Malgré une érosion de l'activité des triazoles au champ, les plus efficaces, en particulier époxiconazole et prothioconazole, demeurent intéressants.

En revanche, l'action des triazoles doit généralement être renforcée par des fongicides multisites (chlorothalonil, mancozèbe) ou du prochloraze ou un SDHI. Dans tous les cas, lorsque l'intervention s'impose, l'introduction du chlorothalonil dans les programmes de traitement, est recommandée. Pour limiter la pression de sélection fongicide, en particulier sur les phénotypes émergents, on diversifiera les modes d'actions et les molécules au sein d'un mode d'action. En particulier, on s'efforcera de limiter les applications de SDHI à une seule par saison.

#### **OÏDIUM DU BLE ET DE L'ORGE** (*B. graminis f. sp tritici* et *B. graminis f. sp hordei*) :

Maladie peu présente ces dernières années. La résistance aux strobilurines est probablement toujours fortement implantée en France mais reste peu fréquente dans le Sud. Bien que la résistance aux deux classes d'IBS (IDM et « amines ») soit largement installée en France, de nombreuses molécules conservent une activité intéressante.

Des souches d'oïdium du blé fortement résistantes au quinoxyfène sont décelées en

<sup>1</sup> Leroux P, Walker AS, Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14 $\alpha$ -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. (2011). *Pest Management Science* 67(1), 47-59

France et sont surtout localisées en Champagne. Si l'activité du quinoxifène peut être affectée, le proquinazid, bien que présentant une résistance croisée avec le quinoxifène, reste efficace en toutes situations.

Le cyflufénamid et la métrafénone possèdent des modes d'action différents des fongicides précédemment cités. Depuis 2009 en France, des souches d'oïdium du blé moyennement résistantes à la métrafénone ont été observées à faible fréquence. La présence de souches fortement résistantes à la métrafénone a été confirmée, en 2011 à très faible fréquence en France comme dans le reste de l'Europe. En l'absence de données nouvelles depuis 2007, l'oïdium du triticale est considéré comme sensible à l'ensemble des anti-oïdium utilisés sur blé.

**Recommandations :** La métrafénone, mais aussi le cyflufénamid, le proquinazid, restent efficaces dans la pratique sur les populations actuelles d'oïdium. Néanmoins, pour diminuer la pression de sélection sur les anti-oïdium pour lesquels des souches résistantes ont été identifiées (métrafénone, quinoxifène, cyprodinil, « amines »), ces derniers devront être utilisés de préférence associés à une autre molécule active sur cette cible. La famille des Qol ne doit plus être considérée comme efficace sur oïdium dans la plupart des régions françaises. Le cyprodinil ne présente plus d'efficacité suffisante sur oïdium.

#### **PIETIN-VERSE (*Oculimacula spp.*) :**

L'espèce dominante en France est *Oculimacula yallundae* (type rapide) et les souches rencontrées actuellement sont fréquemment résistantes à la plupart des IDM, notamment au prochloraze mais pas au prothioconazole.

Des souches résistantes spécifiquement au cyprodinil continuent d'être détectées en France à une fréquence non négligeable au sein des deux espèces d'*Oculimacula spp.* mais sans incidence pratique notable.

Vis-à-vis du prothioconazole, du boscalid et du cyprodinil, des souches multi-résistantes présentant des niveaux de résistance faibles sont, depuis quelques années, régulièrement observées, sans que leur présence n'affecte l'efficacité des spécialités concernées. La métrafénone ne semble pas concernée par ce phénomène, ni par une résistance spécifique.

**Recommandations :** Les niveaux d'efficacité observés en essais sont généralement faibles. Le cumul de plusieurs substances actives est souvent nécessaire pour obtenir une efficacité satisfaisante. Le prochloraze généralement peu efficace sur piétin verse est à réserver à la lutte contre la septoriose. La métrafénone étant active sur piétin verse et sur oïdium, limiter son utilisation à une application par saison. Plus généralement, les associations de modes d'action améliorent l'efficacité au champ. Une alternance des modes d'action, annuelle pied/feuilles et entre années pour le premier traitement est recommandée pour limiter le risque de résistance. Rappel : la résistance variétale offre une alternative efficace à la lutte chimique.

#### **HELMINTHOSPORIOSE DU BLE (*Pyrenophora tritici-repentis*, anamorphe *Dreschlera tritici-repentis*)**

En Europe du Nord, certaines souches de *Dreschlera tritici-repentis* présentent des mutations dans le gène codant pour le cytochrome b (la cible des Qols), soit en position 129 (faible niveau de résistance), soit en position 143 (fort niveau de résistance). Ces deux mutations peuvent être retrouvées dans une même population. L'efficacité des strobilurines pourrait alors être sévèrement affectée si les fréquences de souches fortement résistantes sont importantes. En France, ces deux mutations sont détectées régulièrement sur les très rares échantillons ayant fait l'objet d'analyse. Mais aucune baisse d'efficacité n'a été observée.

**Recommandations** : Utiliser les strobilurines en association avec un triazole efficace sur helminthosporiose du blé (notamment prothioconazole, tébuconazole, propiconazole) dans les situations agronomiques favorables et là où la maladie est formellement identifiée.

#### **HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE** (*Pyrenophora teres*, anamorphe *Helminthosporium teres*)

En France, la résistance d'*Helminthosporium teres* aux Qols est bien implantée et semble stabilisée depuis 2006. La mutation se situe en position 129 (cytochrome b) et induit des niveaux de résistance faibles à modérés. En situation de résistance, l'efficacité au champ de toutes les strobilurines est affectée. L'azoxystrobine est la molécule la plus pénalisée par la résistance, alors que la pyraclostrobine est la molécule la moins impactée. La picoxystrobine et la trifloxystrobine présentent toutes les deux des résultats intermédiaires et similaires entre eux. L'apport de la fluoxastrobine testée en association avec du prothioconazole présente une efficacité le plus souvent inférieure à la trifloxystrobine.

Une dérive de sensibilité des IDM a été observée, associée à une dérive de l'efficacité de ces fongicides. Le prothioconazole reste le triazole le plus efficace sur cette maladie.

Le cyprodinil et les SDHI représentent deux autres modes d'action. Les SDHI ne sont pas concernés actuellement par la résistance.

**Recommandations** : Toujours associer les SDHI et les strobilurines avec des fongicides efficaces présentant d'autres modes d'action (en particulier prothioconazole ou cyprodinil). Diversifier les modes d'action en pratiquant l'alternance : éviter en particulier les doubles applications de SDHI, de strobilurines, de prothioconazole, d'époxiconazole et de cyprodinil.

#### **RAMULARIOSE DE L'ORGE** (*Ramularia collo-cygni*)

Observée pour la première fois en France en 2002, la ramulariose s'est rapidement étendue dans toutes les zones de culture des orges et escourgeons. Les analyses réalisées depuis 2008 ont révélé des fréquences élevées de souches de *R. collo-cygni* fortement résistantes aux strobilurines et présentant un cytochrome b modifié en position 143. L'efficacité de cette classe de fongicides est en pratique fortement affectée.

**Recommandations** : La ramulariose, difficile à distinguer du reste du complexe, est prise en compte avec les grillures et l'helminthosporiose. Les matières actives les plus efficaces sur le complexe grillure ramulariose sont : un multisite, le chlorothalonil ou parmi les unisites, le prothioconazole et certains SDHI.

#### **RHYNCHOSPORIOSE DE L'ORGE** (*Rhynchosporium secalis*)

Quelques souches résistantes aux strobilurines et présentant la substitution G143A (cytochrome b) ont été décelées en France en 2008 mais n'ont pas été retrouvées depuis, bien qu'ayant été recherchées en 2009, 2010 et 2011.

**Recommandations** : Associer les triazoles à un autre mode d'action efficace.

#### **ROUILLES DES CEREALES** (*P. recondita*, *P. striiformis*, *P. hordei*)

Dans l'état actuel des connaissances, ni la rouille brune, ni la rouille jaune, ni la rouille naine ne sont concernées par des phénomènes de résistance en pratique vis-à-vis des triazoles comme des strobilurines.

**Recommandations** : Tenir compte des potentialités intrinsèques sur rouilles des substances actives entrant dans les programmes. Actuellement, les associations de triazoles et de strobilurines continuent de procurer les meilleures solutions contre ces

parasites. Certains SDHI participent à la lutte contre les rouilles.

**FUSARIOSES DES CEREALES** (*M. majus*, *M. nivale*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. poae* et *F. langsethiae*)

2007, 2008 et dans une moindre mesure 2009, 2010 ont été marquées par des attaques de *Microdochium spp.* (fusariose des épis). Depuis 2007, la résistance de *Microdochium spp.* aux strobilurines est largement implantée, avec de forts niveaux de résistance. Ce phénomène est généralement déterminé par la substitution G143A dans le cytochrome b, mais d'autres mécanismes pourraient être impliqués. Cette mutation semble plus implantée chez *M. majus* qui est également dominant, et entraîne des baisses d'efficacité en pratique des strobilurines.

La majorité des souches de *Microdochium spp.* sont résistantes aux benzimidazoles et aux thiophanates. Ces souches cumulent également fréquemment la résistance aux strobilurines.

Les souches de *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* et *F. langsethiae* restent pratiquement toutes sensibles aux benzimidazoles et thiophanates. Enfin, aucune dérive de sensibilité aux IDM n'a été observée pour ces espèces de *Fusarium spp.* sur lesquelles la plupart des strobilurines ont peu ou pas d'efficacité.

**Recommandations :**

*Microdochium spp.* : parmi les IBS, seul le prothioconazole présente une bonne efficacité en pratique; le prochloraze et le fenpropimorphe présentent des potentialités intéressantes. Le thiophanate-méthyl et les strobilurines ne présentent plus d'intérêt sur *M. majus* et *M. nivale* depuis la généralisation de ces résistances.

*Fusarium spp.* : pour contrôler les diverses espèces de *Fusarium* en particulier *F.graminearum*, il est possible d'utiliser des IDM tels que le prothioconazole, le tébuconazole ou le metconazole ou encore le thiophanate-méthyl car les populations actuelles sont sensibles à ces fongicides.

Sur la base de ce constat nous renouvelons des recommandations pratiques destinées à :

- promouvoir des moyens non chimiques susceptibles de réduire le risque parasitaire
- réduire la pression sélective des fongicides vis-à-vis des résistances émergentes
- gérer l'efficacité face à une situation de résistance établie dans la pratique

## RECOMMANDATIONS GENERALES POUR 2012

- **Préférer des variétés peu sensibles aux maladies** et éviter d'utiliser des variétés de blé ou d'orge sensibles sur de grandes surfaces.
- **Diversifier les variétés** à l'échelle de l'exploitation, de la micro-région et d'une année sur l'autre pour favoriser la durabilité des résistances génétiques.
- Privilégier les pratiques culturales permettant de réduire le risque parasitaire, notamment en **limitant l'inoculum primaire** (ex. rotation, labour, date de semis, gestion des repousses de céréales notamment dans l'interculture ...) ou la progression de la maladie (densité, azote).
- **Ne traiter que si nécessaire**, en fonction du climat, des conditions de culture, des modèles et des observations.
- Raisonner le positionnement des interventions en fonction du développement des maladies grâce à des méthodes fiables d'observation et de suivi de l'épidémie (modélisation puis symptômes).
- **Limitier le nombre d'applications chaque saison avec des matières actives de la même famille** (caractérisées généralement par une résistance croisée positive). De même, dans le cas où une même matière active peut être utilisée en traitement de l'épi et en traitement des semences, éviter si possible de cumuler 2 traitements avec la même molécule.
- Eviter l'application inutile de substance active, en adaptant le spectre des produits utilisés au risque réel.
- **Diversifier les modes d'action en alternant ou en associant les molécules dans les programmes de traitements, pour minimiser le risque de développement de résistance.**
- **Recourir lorsque cela est possible et utile aux fongicides multisites**, moins susceptibles de sélectionner des populations résistantes, en particulier sur septoriose.
- **Il est préférable de limiter l'utilisation des SDHI**, à une seule application par saison. La même recommandation vaut pour les QoI.
- **Pour les IDM**, vis-à-vis des maladies des céréales, les substances actives les plus efficaces peuvent être utilisées même en situation de résistance. **Eviter de recourir à la même molécule, plus d'une fois par saison.** Par ailleurs, leurs performances seront améliorées en association avec d'autres modes d'action, voire, dans le cas de mélanges, entre certains IDM complémentaires.

*NB : la présente note ne prend pas en compte la question des SDHI en traitement de semence. Pour ceux qui sont autorisés à l'heure actuelle, ils sont en effet sans activité notable sur les maladies foliaires considérées et donc peu susceptibles d'exercer une quelconque pression de sélection.*

## Annexe : Classification abrégée des fongicides

MODE D'ACTION	CIBLE	NOM DU GROUPE	FAMILLE CHIMIQUE	MOLECULES
<b>Mitose et division cellulaire</b>	<b>Microtubules</b>	BMC (Methyl Benzimidazole Carbamates)	benzimidazoles	thiophanate thiophanate-methyl
<b>Respiration</b>	<b>Complexe mitochondrial II : succinate-déshydrogénase</b>	SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors)	phenyl-benzamides	benodanil flutolanil mepronil
			pyridinyl-ethyl-benzamides	fluopyram
			furancarboxamides	fenfuram
			oxathiin- carboxamides	carboxine oxycarboxine
			thiazole- carboxamides	thifluzamide
			pyrazole- carboxamides	bixafen furametpyr isopyrazam penflufen penthiopyrad sedaxane fluxapyroxad
	pyridine- carboxamides	boscalid		
	<b>Complexe mitochondrial III: cytochrome b</b>	Qol (Quinone Outside Inhibitors)	methoxy-acrylates	azoxystrobine picoxystrobine
methoxy-carbamates			pyraclostrobine	
oximino-acetates			kresoxim-methyl trifloxystrobine	
oximino-acetamides			dimoxystrobine fluxastrobine	
<b>Synthèse des acides amines et des protéines</b>	<b>Biosynthèse de la méthionine</b>	AP (Anilino-Pyrimidines)	anilinoypyrimidines	cyprodinil
<b>Transduction du signal</b>	<b>Mécanisme inconnu</b>	Aza-naphthalenes	quinolines	quinoxifène
			quinazolinones	proquinazid
<b>Biosynthèse des lipides membranaires</b>	<b>C14-demethylation des sterols</b>	IDM (De-Methylation Inhibitors)	imidazoles	prochloraze
			triazoles	bromuconazole cyproconazole difenoconazole époconazole fluquinconazole, flusilazole flutriafol metconazole myclobutanil propiconazole tébuconazole tetraconazole triadimenol triticonazole
			triazolinethiones	prothioconazole
	<b><math>\Delta^{14}</math> reductase et <math>\Delta^9 \rightarrow \Delta^7</math> isomerase des stérols</b>	Amines	morpholines	fenpropimorphe
			piperidines	fenpropidine
			spirokétalamines	spiroxamine
<b>Mode d'action inconnu</b>	<b>Mécanisme inconnu</b>	Phenyl-acetamide	phenyl-acetamide	cyflufenamid
	<b>Disruption de l'actine ?</b>	Benzophénone	benzophénone	metrafénone
<b>Multisites</b>	<b>Plusieurs sites d'action</b>	Dithiocarbamates	dithiocarbamates	mancozèbe
		Chloronitriles	chloronitriles	chlorothalonil