

## RESISTANCES AUX FONGICIDES : MALADIES DES CEREALES A PAILLE – 2011

Note Commune ARVALIS-Institut du végétal, INRA, ANSES, DGAL-SDQPV

### ETAT DES LIEUX 2010 ET RECOMMANDATIONS POUR 2011

#### **SEPTORIOSE (*S. tritici*) :**

La résistance aux Qols (strobilurines, famoxadone) 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.

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 2010, mais restent le plus souvent marginaux dans les populations (3%). Ils correspondent à 2 sous-groupes<sup>1</sup> : (1) un sous-groupe (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 IDMs et (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. 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, SDHIs) seuls ou en mélanges pourraient exercer une pression de sélection plus ou moins forte sur tout ou partie de ces populations émergentes.

**Recommandations :** Malgré une érosion de l'activité des triazoles au champ, les plus efficaces demeurent intéressants (essentiellement époxiconazole et prothioconazole). Par ailleurs, l'action des triazoles doit généralement être renforcée par des fongicides multisites (chlorothalonil, mancozèbe), le boscalid ou le prochloraze. **L'utilisation d'une même substance active unisite : boscalid, époxiconazole, prothioconazole, ou prochloraze et d'une manière générale de tous les triazoles sera limitée à une application par saison. Limiter autant que possible le nombre de traitements et diversifier les modes d'action et les substances actives, sont certainement les moyens les plus sûrs de ralentir la pression de sélection.**

#### **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 France et sont surtout localisées en Champagne. Si l'activité du quinoxyfène peut être

<sup>1</sup> Leroux P, Walker AS, Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14 $\alpha$ -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Manag Sci* (2010). *In Press*

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 des souches d'oïdium du blé moyennement résistantes à la métrafénone ont été observées à faible fréquence, en France. Quelques rares souches fortement résistantes ont été détectées en Champagne en 2010 à très faible fréquence et dans d'autres pays européens depuis 2009.

Par ailleurs, l'oïdium du triticale est sensible à l'ensemble des anti-oïdium utilisés sur blé.

**Recommandations :** La famille des Qols ne doit plus être considérée comme efficace sur oïdium dans la plupart des régions françaises. De même, le cyprodinil ne présente plus d'efficacité suffisante sur oïdium. Le quinoxifène ne peut plus être utilisé seul sur oïdium du blé en situation de résistance. De même, on préférera utiliser la métrafénone, la fenpropidine ou le fenpropimorphe en association avec un autre anti-oïdium. La métrafénone, le cyflufénamid, le proquinazid, restent efficaces sur les populations actuelles d'oïdium des céréales. Cependant, leur utilisation sera limitée à une application par saison avec, si possible, une alternance dans l'espace et dans le temps.

#### **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. 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. 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. Rappel : la lutte génétique offre une alternative efficace à la lutte chimique.

#### **HELMINTHOSPORIOSE DU BLE (*H. tritici-repentis* ou *Drehslera tritici-repentis*)**

En Europe du Nord, certaines souches d'*Helminthosporium 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 à de faibles fréquences. 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 favorables à la maladie.

### **HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE** (*H. 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 à 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 produit le plus efficace de la famille sur cette maladie.

Cyprodinil et boscalid constituent deux autres modes d'action, non concernés actuellement par la résistance.

**Recommandations :** Toujours associer 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 strobilurines, de prothioconazole, d'époxiconazole, de cyprodinil ou de boscalid.

### **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 trois matières actives les plus efficaces sont : un multisite, le chlorothalonil ou parmi les unisites, le prothioconazole et le boscalid.

### **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 ni en 2009, ni en 2010.

**Recommandations :** Les triazoles seuls ou associés au cyprodinil donnent de bons résultats.

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

Dans l'état actuel des connaissances, la rouille brune et la rouille jaune ne sont pas 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 procurent les meilleures efficacités contre ces parasites.

**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. En revanche, les souches de *F. 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 en pratique établie

## RECOMMANDATIONS GENERALES POUR 2011

- **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.
- 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).
- **Limiter 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 ou/et pour faire face à un problème de résistance en pratique pour une famille donnée.
- **Sur céréales**, certaines maladies sont concernées par la résistance aux strobilurines et d'autres non. Pour limiter les risques vis-à-vis de ces dernières, il reste préférable de **limiter le recours aux strobilurines à une intervention par saison**.
- **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.

## 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 penthioapyrad 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 fluoxastrobine	
<b>Synthèse des acides amines et des protéines</b>	<b>Biosynthèse de la méthionine</b>	AP (Anilino-Pyrimidines)	anilino-pyrimidines	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 époiconazole fluquinconazole, flusilazole flutriafol metconazole myclobutanil propiconazole tébuconazole tetraconazole triadimenol triticonazole
			triazolinethiones	prothioconazole
	<b><math>\Delta^{14}</math> reductase et <math>\Delta^8 \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