

## Note commune 2016

### INRA, ANSES, ARVALIS - Institut du Végétal pour la gestion de la résistance aux fongicides utilisés pour lutter contre les maladies des céréales à paille

*Cette note, co-redigée par des représentants de l'INRA, de l'ANSES et d'ARVALIS - Institut du végétal, dresse l'état des lieux des résistances aux fongicides utilisés pour lutter contre les maladies foliaires des céréales à paille et formule des recommandations pour limiter les risques de résistance et maintenir une efficacité satisfaisante.*

*A l'issue de la campagne 2015, la fréquence des souches d'**helminthosporiose de l'orge** résistantes aux SDHI, en progression par rapport à 2014, représente en moyenne plus de 50% de la population avec de fortes disparités régionales. Du côté de la **septoriose**, la résistance aux IDM progresse et les souches les plus résistantes représentent désormais près de 20% de la population. Nos recommandations de limiter l'utilisation des SDHI à une seule application par saison sont maintenues, sur orge comme sur blé.*

## SEPTORIOSE

(*Mycosphaerella graminicola*,  
anamorphe *Zymoseptoria tritici*, syn. *Septoria tritici*)

### Résistance aux QoI

La résistance aux **QoI** (strobilurines) 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.

### Résistance aux IDM

Les souches de *Z. tritici* moyennement résistantes aux triazoles (principale classe d'**IDM**<sup>1</sup>) restent majoritaires dans toutes les régions françaises mais leur fréquence régresse. Pour mémoire, ces souches sont faiblement à moyennement résistantes aux IDM, et pour une part, entièrement sensibles au prochloraz, en particulier dans les régions de la façade atlantique.

Depuis 2008, plusieurs nouvelles catégories de souches présentant des niveaux de résistance moyens à forts aux IDM sont en progression. Elles correspondent à 2 sous-groupes<sup>2</sup>:

- un sous-groupe dit « **TriMR évolués** » (ou 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. De nouveaux génotypes sont caractérisés chaque année,

- un sous-groupe dit « **MDR** » (pour MultiDrug Resistant) qui progresse en nombre de parcelles portant de fortes proportions (> 30 %) de ce type d'isolats. Ceux-ci sont très résistants à la plupart des IDM et faiblement résistants aux SDHI (Inhibiteurs de la Succinate DésHydrogénase, ou carboxamides), suite à l'acquisition d'un nouveau mécanisme de résistance qui permet au champignon d'excréter plus efficacement les fongicides.

Etant donné les fréquences parfois élevées localement de ces deux groupes de souches, l'efficacité des IDM pourrait se trouver affectée. Les IDM étant le plus souvent utilisés en mélange avec un autre mode d'action (chlorothalonil ou SDHI), l'impact pratique de ces souches est mal apprécié.

La fréquence des souches appartenant à ces deux sous-groupes, stable entre 2012 et 2013, a fortement progressé en 2014 et 2015. Ces souches représentent désormais 22 % de la population sur l'ensemble des échantillons analysés (31 % dans les échantillons concernés), soit 13% pour les TriMR évolués (7 % en 2013) et 9 % pour les souches MDR (2 % en 2013). L'un et/ou l'autre de ces phénotypes est présent dans 72 % des populations, contre 47 % en 2013.

Sur la base de quelques échantillons prélevés en Irlande et en Angleterre, ces souches moyennement à hautement résistantes pourraient constituer 66 % des populations analysées. Dans ces deux pays, des pertes partielles d'efficacité des IDM ont été corrélées avec de fortes fréquences de ces souches. En France, des pertes d'efficacité ont été observées ponctuellement.

### Résistance aux SDHI

En 2012, une souche de *Z. tritici* résistante aux SDHI a été collectée sur blé dans une parcelle d'essai du nord de la France et portant le changement T79N sur la sous-unité C de la succinate déshydrogénase. Ce phénotype est associé à des facteurs de résistance modérés aux **SDHI**. En 2013 comme en 2014, aucune souche résistante (CarR) n'a été détectée en France ; tous les isolats testés se sont avérés sensibles aux SDHI. En 2015, en France, au moins deux populations suspectes (avec faibles fréquences d'individus résistants) ont été détectées. La caractérisation des souches concernées est en cours. Dans les autres pays européens, exerçant notamment des pressions de sélection supérieures avec les SDHI, la détection d'isolats résistant spécifiquement aux SDHI reste exceptionnelle. Dans ce contexte, il n'y a pas lieu de craindre pour l'efficacité des SDHI en pratique en 2016.



<sup>1</sup> IDM : Inhibiteur de DéMéthylation.

<sup>2</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.

A noter cependant que sept génotypes au total, affectant les sous-unités B, C ou D de la succinate déshydrogénase et induisant des niveaux de résistance faible à fort, selon les molécules, ont été détectés dans les populations européennes de *Z. tritici*. Ce qui incite à maintenir une pression de sélection faible pour ce mode d'action.

### Recommandations

Malgré une érosion de plus en plus prononcée de l'activité de tous les triazoles au champ, l'époxiconazole, le prothioconazole et le metconazole demeurent les plus efficaces.

Leur activité sur septoriose doit être renforcée en ayant recours à une spécialité associant de préférence un fongicide multisite (chlorothalonil, folpel, mancozèbe) ou un SDHI, voire du prochloraze dans les régions au sud de la Loire où ce dernier est encore valorisé. Pour limiter et diversifier la pression de sélection fongicide, en particulier sur les phénotypes « TriMR évolués », on alternera les modes d'actions et les molécules au sein d'un même mode d'action. En particulier, on limitera les applications de SDHI à une seule application par saison quelle que soit la dose<sup>3</sup>. Cette recommandation vise à limiter la sélection de souches MDR et spécifiquement résistantes aux SDHI. Dans le même objectif, l'introduction d'un multisite dans les programmes de traitement est recommandée dès la première application.

<sup>3</sup> Le fractionnement d'une dose pleine en deux applications doit être comptabilisé comme deux applications indépendantes.

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

Cette maladie est peu préjudiciable ces dernières années sauf sur triticales.

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** résistantes au **quinoxifène** (quinolines) et au **proquinazid** (quinazolinones), présentant des facteurs de résistance variables, ont été décelées en France dans les années 2000 (surtout localisées en Champagne) et dans d'autres pays européens. En 2013, tous les isolats collectés en France étaient sensibles au proquinazid. Par ailleurs, si l'activité du quinoxifène peut être affectée par des souches résistantes, le proquinazid, bien que présentant une résistance croisée avec le quinoxifène, reste efficace en toutes situations, à sa dose d'emploi.

Le **cyflufénamid** (phényl-acétamide) et la **métrafénone** (benzophénone) représentent deux modes d'action différents des fongicides précédemment cités. A ce jour, aucune résistance spécifique au cyflufénamid n'a été rapportée. Par contre depuis 2009, des souches d'oïdium du blé moyennement résistantes à la métrafénone sont observées en France à faible fréquence. Plus récemment, des souches fortement résistantes à la métrafénone ont été détectées à très faible fréquence en France, comme dans le reste de l'Europe (UK et D), en 2013 et 2014. En 2015, dans certains essais de Champagne, des résultats décevants ont été obtenus avec la métrafénone sur oïdium du blé (analyses de résistance non disponibles).

Concernant l'**oïdium du triticales**, en l'absence de nouvelles données depuis 2007, celui-ci est toujours considéré comme sensible à l'ensemble des anti-oïdium utilisés sur blé, en raison de races plus spécifiques sur les variétés de triticales et de la plus faible intensité de traitement dans les zones où le triticales est davantage cultivé.

Concernant l'**oïdium de l'orge**, les triazoles demeurent une solution efficace.



### Recommandations

Les efficacités des IBS, de la métrafénone et du proquinazid sont variables en essai. Le cyprodinil ne présente plus d'efficacité suffisante sur oïdium. A l'exception du cyflufénamid, les substances actives et les modes d'actions vis-à-vis desquels des souches résistantes ont été identifiées (métrafénone, proquinazid, quinoxifène, cyprodinil, « amines »), devront être utilisés de préférence associés à une autre molécule active sur oïdium. La famille des QoI ne doit plus être considérée comme efficace sur oïdium dans la plupart des régions françaises.



## PIETIN-VERSE (*Oculimacula spp.*)<sup>4</sup>

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

Des souches d'*Oculimacula yallundae* résistant spécifiquement au **cyprodinil** (anilinopyrimidines) continuent d'être détectées en France à une fréquence parfois non anodine (4 à 11% dans 4 essais en 2014), mais sans incidence pratique démontrée sur son efficacité. Néanmoins son efficacité moyenne décroît régulièrement depuis une dizaine d'année.

Vis-à-vis du prothioconazole, du boscalid et du cyprodinil, des **souches multidrug-résistantes (MDR)** présentant des niveaux de résistance faibles sont observées à des fréquences non négligeables (3 à 29% en 2014), sans que leur présence n'affecte l'efficacité de ces spécialités. La métrafénone ne semble pas concernée par ce phénomène, ni par une résistance spécifique.



### Recommandations

Rappel : la lutte contre le piétin doit d'abord s'envisager via l'agronomie et la génétique avec des variétés résistantes au champignon ou à la verse. Les variétés avec des notes de sensibilité GEVES, notées 5 et au-delà, ne justifient pas de traitement.

Les niveaux d'efficacité observés en essais sont généralement faibles. Le cumul de plusieurs substances actives (cyprodinil, métrafénone,...) est souvent nécessaire pour obtenir une efficacité satisfaisante. Le prochloraze n'est plus efficace sur piétin verse et est à réserver à la lutte contre la septoriose, là où il est encore efficace. La métrafénone étant active sur piétin verse et sur oïdium, il faut limiter son utilisation à une application par saison. Une alternance des modes d'action, annuelle pied/feuilles et entre années pour le premier traitement, est recommandée pour limiter le risque de résistance.

<sup>4</sup> Leroux P, Gredt M, Remuson F, Micoud A, Walker AS, Fungicide resistance status in French populations of the wheat eyespot fungi *Oculimacula acufiformis* and *Oculimacula yallundae* (2013). *Pest Management Science* 69 (1):15-26.

### HELMINTHOSPORIOSE DU BLE

(*Pyrenophora tritici-repentis*,  
anamorphe *Drechslera tritici-repentis*)



En Europe du Nord, certaines souches de *Drechslera tritici-repentis* présentent des mutations dans le gène codant pour le cytochrome b (la cible des **QoI**), 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. En 2014, la fréquence d'isolats résistants, toutes mutations confondues, collectés dans l'Est de l'Europe dépasse le plus souvent 30%. En France, ces deux mutations sont détectées régulièrement sur les très rares échantillons ayant fait l'objet d'analyses. Aucune baisse d'efficacité n'a été cependant observée au champ.

En 2014, la fréquence d'isolats résistants, toutes mutations confondues, collectés dans l'Est de l'Europe dépasse le plus souvent 30%. En France, ces deux mutations sont détectées régulièrement sur les très rares échantillons ayant fait l'objet d'analyses. Aucune baisse d'efficacité n'a été cependant observée au champ.

Aucune donnée de monitoring relative à la sensibilité de l'helminthosporiose du blé aux **SDHI** n'est actuellement disponible. Leur utilisation sur cette cible présente par ailleurs peu d'intérêt faute d'une activité suffisante sur cette maladie.

### Recommandations

Rappel : privilégier la lutte agronomique : la solution la plus efficace et la plus économique pour limiter le développement de l'helminthosporiose reste de cultiver une variété résistante. En cas de précédent blé, l'enfouissement des résidus pailleux réduit l'inoculum disponible et l'importance des infections primaires. Il permet d'éviter de recourir à un traitement spécifique.

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*)

Notez que le cyprodinil (anilinopyrimidines) et le seul mode d'action homologué non concerné par la résistance chez cette espèce.

**Résistance aux QoI** En France, la résistance de *Pyrenophora teres* aux **QoI** est bien implantée et couvre toute la gamme de fréquences rencontrée en Europe. La mutation responsable se situe en position 129 (cytochrome b) et induit des niveaux de résistance faibles à modérés selon la substance active. 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 efficacités intermédiaires et similaires entre elles.



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

### Résistance aux SDHI

Concernant la résistance spécifique aux **SDHI**, depuis 2012, au moins dix mutations ont été détectées sur les sous unités B, C et D de la succinate déshydrogénase (complexe II) : une sur la sous unité B, six sur la sous-unité C et trois sur la sous unité D<sup>5</sup>. La fréquence de ces souches résistantes est en progression en France et en Europe du nord. Elles représenteraient plus de 50% de la population collectée en France (vs 45% en 2014).

La mutation portant le changement G79R sur la sous unité C (C-G79R) est dominante dans les populations française et européenne (>75%) et induit des niveaux de résistance faibles à élevés selon les matières actives malgré une résistance croisée entre tous les SDHI.

Les mutations ayant le plus fort impact sur l'efficacité en serres sont C-G79R et C-H134R. Au champ, l'impact de ces souches résistantes sur l'efficacité des SDHI est probable et variable selon leur fréquence. Il est cependant mal apprécié en raison de leur utilisation systématiquement en mélange.

<sup>5</sup> Une sur la sous unité B : H277 Y/R/L, six sur la sous-unité C : G79R, H134R, S135R, N75S, R64K, K49E et trois sur la sous unité D : D145G, H134R, D124N/E. Une mutation supplémentaire sur la sous-unité D est en cours de validation : D-E178K.

### Recommandations

Toujours associer les SDHI avec des fongicides efficaces présentant d'autres modes d'action (en particulier prothioconazole ou cyprodinil). Diversifier les modes d'action en pratiquant l'alternance.

Limiter l'utilisation des SDHI, mais aussi des strobilurines, du prothioconazole, du cyprodinil et de chaque IDM à une seule application par saison, toutes maladies confondues.

Par ailleurs l'apport des QoI sur le plan de l'efficacité, dans le cadre de mélange IDM+SDHI+QoI a pu être démontré en essai. En revanche l'utilisation généralisée de mélange triple pourrait accélérer la sélection de populations présentant une résistance multiple aux QoI et SDHI ; les premiers individus de ce type ont en effet déjà été identifiés dans de nombreuses régions européennes. Enfin le coût de cette double résistance (perte de fitness) n'a pour l'instant pas été clairement démontré (tests de compétitivité sur plante).



## 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 (QoI)** et présentant un cytochrome b modifié en position 143. L'efficacité de cette classe de fongicides est, en pratique, fortement affectée.

A ce jour, des isolats moins sensibles aux **SDHI** ont été détectés en France mais aucun cas de résistance avérée n'a été rapporté.



### Recommandations

La ramulariose, difficile à distinguer du reste du complexe, est prise en compte avec les grillures. Les matières actives les plus efficaces sur le complexe grillures/ramulariose, sont : un multisite, le chlorothalonil ou parmi les unisites, le prothioconazole et les SDHI. La famille des SDHI faisant partie des moyens de lutte les plus performants, la maîtrise durable de la maladie passe par une limitation du recours à ces fongicides et à une association systématique avec un autre mode d'action toujours actif sur ramulariose.

## RHYNCHOSPORIOSE DE L'ORGE

*(Rhynchosporium commune)*

Deux isolats résistants aux **strobilurines** et présentant la substitution G143A (cytochrome b) ont été décelés en France en 2008 une première fois, puis à nouveau en 2013 à 200 km de distance, mais n'ont plus été retrouvés, bien que recherchés en 2014. En 2015, quelques rares isolats présentant cette mutation ont été identifiés en Europe.

### Recommandations

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



### ROUILLES DES CÉREALES

(*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, mêmes si quelques isolats de rouille brune sont très ponctuellement détectés dans les populations européennes (faibles niveaux de résistance, liés à la substitution Y134F de CYP51 ou à la surexpression de ce gène).

#### 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. Les SDHI sont d'un intérêt secondaire pour la lutte contre les rouilles. Éviter leur emploi si seules les rouilles constituent une menace dans une parcelle de céréales à paille pour favoriser leur durabilité sur d'autres maladies.





### FUSARIOSES DES CEREALES

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

Les années 2007, 2008, 2012 et 2013 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. D'après des analyses de 2008, cette mutation semble plus implantée chez *M. majus* et entraîne des baisses d'efficacité en pratique des strobilurines.



La résistance au **thiophanate-méthyl** (benzimidazoles), sélectionnée chez *Microdochium spp.* dans les années 70, était toujours détectée dans le dernier suivi réalisé entre 2008 et 2012. Les souches concernées cumulent fréquemment, mais pas systématiquement, la résistance aux strobilurines (résistance multiple). Ces résistances sont implantées chez *M. majus* et *M. nivale*. Depuis deux à trois ans, la proportion relative des espèces de *Microdochium spp.* pourrait avoir évolué. La présence de *M. nivale* serait plus fréquemment détectée. Par ailleurs, au champ, le thiophanate-méthyl semble plus efficace que par le passé sur les souches de *Microdochium*, en présence de *M. nivale* en particulier.

Les isolats de *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* et *F. langsethiae* restent pratiquement tous sensibles au thiophanate-méthyl.

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 possède des potentialités intéressantes. Les strobilurines ne présentent plus d'intérêt sur *M. majus* et *M. nivale* depuis la généralisation de la résistance. Le thiophanate-méthyl peut avoir un intérêt au vu des résultats aux champs de 2012 et 2013 et participer à l'alternance des modes d'action.

***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 un QoI comme la dimoxystrobine, ou encore le thiophanate-méthyl.



## RECOMMANDATIONS<sup>6</sup> GÉNÉRALES POUR 2016

- **Préférer des variétés peu sensibles** aux maladies et éviter d'utiliser des variétés de blé, d'orge sensibles sur toute l'exploitation.
- **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/ou de prévision du développement de l'épidémie.
- **Limiter le nombre d'applications chaque campagne 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.
- **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 et des QoI, à une seule application** par campagne.
- **Pour les IDM**, vis-à-vis des maladies des céréales, les substances actives les plus efficaces peuvent être utilisées même en situation de résistance. **Éviter de recourir à la même molécule, plus d'une fois par campagne.** Par ailleurs, leurs performances seront améliorées en association avec des molécules ayant d'autres modes d'action, voire, dans le cas de mélanges, entre certains IDM complémentaires. Dans le cas d'association de plusieurs triazoles, il faut tenir compte des molécules qui composent le mélange et éviter de les réutiliser pour une autre application.

*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 revendiquée sur les maladies foliaires considérées et donc peu susceptibles d'exercer une quelconque pression de sélection sur ce type de cible. En revanche dès que des solutions en traitement des semences, actives sur les maladies foliaires seront disponibles, il conviendra de prendre pleinement en compte ce type de traitement dans la gestion du risque de résistance. Il convient cependant de raisonner la gestion de la résistance des maladies de la semence : charbon nu (*Ustilago nuda*) et *Microdochium* spp. en particulier. En effet, des souches d'*U. nuda* résistantes aux SDHIs ont été détectées dans des essais comparant différents traitements de semence. Au moins trois phénotypes et génotypes (mutations portées par les gènes codant la SDH) ont été caractérisés. Le principe de l'alternance des modes d'actions est recommandé également en traitement de semence.*

<sup>6</sup> Nos recommandations visent à limiter la pression de maladie et les risques d'émergence de la résistance, réduire la sélection par les fongicides des résistances émergentes, gérer l'efficacité face à une situation de résistance établie dans la pratique.

# ➤ Résistances aux fongicides Céréales à paille

## Annexe : Classification abrégée des fongicides céréales

MODE D'ACTION	CIBLE	NOM DU GROUPE	FAMILLE CHIMIQUE	MOLECULES	
Mitose et division cellulaire	Microtubules	BMC (Méthyl Benzimidazoles Carbamates)	benzimidazoles	<i>thiophanate ethyl</i> <b>thiophanate-methyl</b>	
Respiration	Complexe mitochondrial II : succinate-déshydrogénase	SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors)	phenyl-benzamides	<i>benodanil</i> <i>flutolanil</i> <i>meprounol</i>	
			pyridinyl-ethyl-benzamides	<i>fluopyram</i>	
			furancarboxamides	<i>fenfuram</i>	
			oxathiin- carboxamides	carboxine * <i>oxycarboxine</i>	
			thiazole- carboxamides	<i>thifluzamide</i>	
	Complexe mitochondrial III : cytochrome b	Qol (Quinone Outside Inhibitors)	pyrazole- carboxamides	<b>bixafen</b> <i>benzovindiflupyr</i> <i>furametpyr</i> <i>isopyrazam</i> <i>penflufen</i> <b>penthiopyrad</b> <i>sedaxane</i> * <b>fluxapyroxad</b>	
				pyridine- carboxamides	<b>boscalid</b>
				methoxy-acrylates	<b>azoxystrobine</b> <b>picoxystrobine</b>
				methoxy-carbamates	<b>pyraclostrobine</b>
				oximino-acetates	<b>krésoxim-methyl</b> <b>trifloxystrobine</b>
oximino-acetamides	<b>dimoxystrobine</b> <b>fluoxastrobine</b>				
Synthèse des acides amines et des protéines	Biosynthèse de la méthionine	AP (Anilino-Pyrimidines)	anilinyrimidines	<b>cyprodinil</b>	
Transduction du signal	Mécanisme inconnu	Aza-naphthalenes	quinolines quinazolinones imidazoles	<b>quinoxifène</b> <b>proquinazid</b> <b>prochloraze</b> *	
Biosynthèse des lipides membranaires	C14-demethylation des stérols	IDM (De-Methylation Inhibitors)	triazoles	<b>bromuconazole</b> <b>cyproconazole</b> <b>difénoconazole</b> * <b>époiconazole</b> <i>fluquinconazole</i> <i>flusilazole</i> <b>flutriafol</b> <b>metconazole</b> <i>myclobutanil</i> <b>propiconazole</b> <b>tébuconazole</b> * <b>tétraconazole</b> <i>triadiménol</i> <i>triticonazole</i> *	
				triazolinethiones	<b>prothioconazole</b> *
				morpholines	<b>fenpropimorphe</b>
	$\Delta^{14}$ réductase et $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ isomérase des stérols	Amines		pipéridines	<b>fenpropidine</b>
				spirokétalamines	<b>spiroxamine</b>
Mode d'action inconnu	Mécanisme inconnu	Phényl-acétamide	phényl-acétamide	<b>cyflufénamid</b>	
	Disruption de l'actine ?	Aryl-phényl-kétone	benzophénone	<b>métrafénone</b>	
			benzopyridines	<b>pyriofénone</b> **	
Multisites	Plusieurs sites d'action	Dithiocarbamates	dithiocarbamates	<b>mancozèbe</b>	
		Chloronitriles	chloronitriles	<b>chlorothalonil</b>	
		Phthalimides	phthalimides	<b>folpel</b>	

**En gras, les molécules autorisées en traitement foliaire sur céréales**

*En italique, molécules non autorisées sur céréales*

\* substances actives que l'on retrouve en traitement des semences

\*\* substance homologuée mais actuellement non commercialisée