

Le point sur la résistance aux fongicides

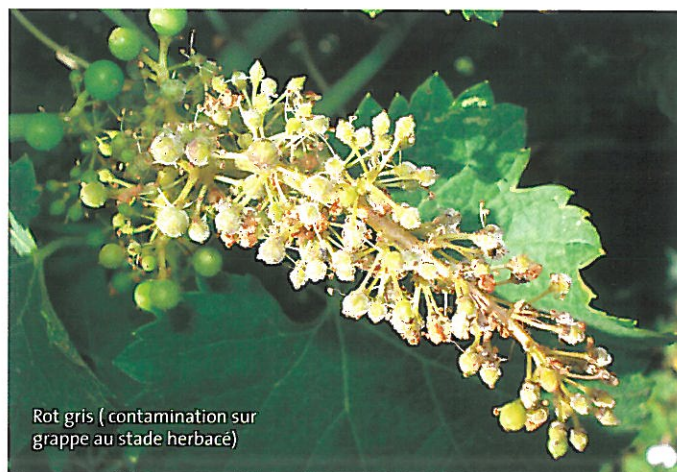
Mildiou vs Oïdium

Depuis leur apparition, les fongicides uni-sites sont largement utilisés dans le vignoble et présentent l'avantage d'être efficaces à des doses faibles, souvent moins de 200g/ha du fait de leur sélectivité, par rapport à des produits de contact utilisés en quantités plus importantes (de 500 à 5000gr/ha). Suite à l'usage répété et à la sélection qui s'exercent sur les populations d'agents responsables du mildiou (*Plasmopara viticola*) et de l'oïdium (*Erysiphe necator*) de la vigne, des cas de résistance aux fongicides sont apparus ces dernières années. Ainsi, la sélection a-t-elle conduit à l'émergence de populations résistantes qui nécessitent des doses de fongicides 8 à 2000 fois plus importantes pour en limiter le développement que celles nécessaires pour les populations sensibles

A ce jour, suite au nombre de produits phytopharmaceutiques disponibles qui tend à diminuer (ré-homologation, peu de nouvelles matières actives, disparition de multi site peu respectueux de l'environnement), au plan Ecophyto qui préconise la réduction des intrants, il convient de bien gérer les programmes de traitements dans une optique de durabilité des produits pour garantir la qualité du raisin. Ainsi est-il indispensable de connaître l'état de résistance des parcelles à quelques grandes familles chimiques afin d'éviter les ajouts de matières actives inefficaces. Rappelons aussi, qu'appliquer les bonnes pratiques de traitements (révision et réglage du matériel de pulvérisation, application des doses adéquates (ni sous dosage, ni sur dosage, traiter en préventif, prophylaxie...), alterner les produits et les modes d'action, utiliser des outils de prévision des risques ou d'aide à la décision (ex : Mildium) demeurent la base d'une lutte efficace. De plus, le changement climatique risque à court et moyen terme de favoriser les épidémies de ces agents pathogènes, et donc d'augmenter les pressions parasitaires sur la culture. Néanmoins, à l'aide d'outils moléculaires et biologiques, il est possible d'établir l'état de résistance d'une parcelle ou d'un vignoble, ce qui peut s'avérer utile pour définir ou ajuster les programmes de traitements des années suivantes.

Depuis l'utilisation de fongicides uni-sites, des phénomènes de résistance aux fongicides d'agents pathogènes tels que l'oïdium (*Erysiphe necator*) et le mildiou (*Plasmopara viticola*) ont été détectés et observés au cours des dernières décennies. La viticulture de demain se doit d'être durable et d'intégrer toutes les méthodes susceptibles de permettre de protéger la vigne et de diminuer les intrants pesticides. Si des outils d'aide à la décision tels que " Mildium ", ou des systèmes de doses adaptées au volume de feuillage " optidose " ou au stade de développement de la vigne existent et permettent d'économiser des intrants, nous devons promouvoir la durabilité des produits efficaces, les plus respectueux de l'environnement.

N'oublions pas qu'il est toujours utile, voire indispensable, de disposer d'une qualité de pulvérisation irréprochable, laquelle permet d'assurer une bonne protection et des économies substantielles sur les quantités d'intrants. La prophylaxie, aussi, ne doit pas être négligée, et toute mesure visant à limiter le développement des agents pathogènes



Rot gris (contamination sur grappe au stade herbacé)

devrait être mise en œuvre (limiter la vigueur, réaliser des rognages limités et raisonnés, éviter la formation de mouillère, épamprer, aérer les grappes, lutte biologique, amélioration variétale etc.). A ce niveau le guide de l'Oepp (Organisation européenne de protection des plantes ou Eppo), et le guide de protection durable de la vigne permettent de se remémorer les bonnes pratiques prophylactiques (<http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/guidevigne.pdf>).

En France, il existe un groupe de travail qui réunit des représentants de la direction générale de l'alimentation (Dgal), de l'agence nationale de sécurité sanitaire (Anses), de l'Inra, du comité interprofessionnel des vins de champagne (Civc), de l'IFV et des chambres d'agriculture. Chaque année, ce groupe édite une note technique de gestion de la résistance des maladies de la vigne qu'il convient de lire attentivement, afin d'éviter de générer des problèmes de résistances aux fongicides (cf. référence).

Le point sur la résistance du mildiou aux fongicides

Pour lutter contre le mildiou de la vigne, un chromiste oomycète affilié aux algues brunes et introduit en Europe en 1878, il existe en France aujourd'hui 66 produits homologués (produits commerciaux)

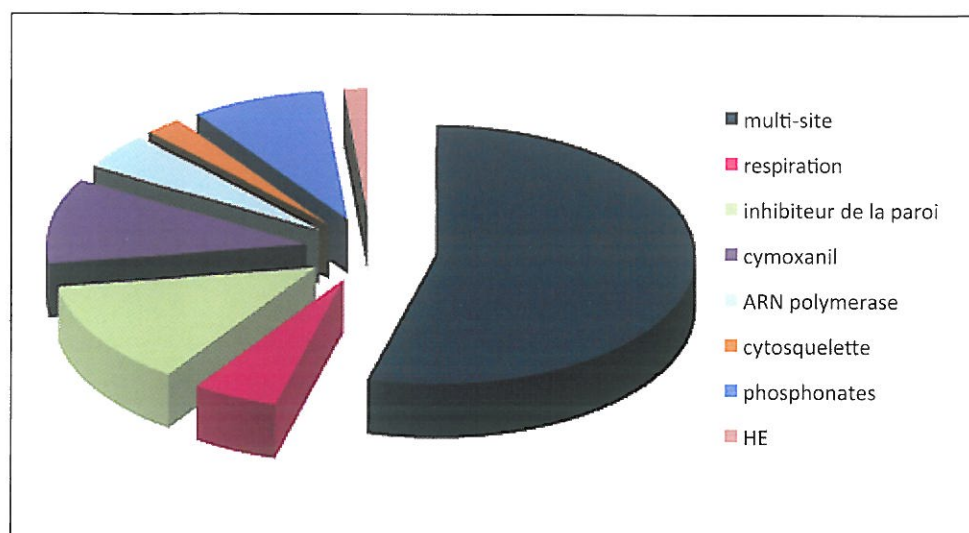


Figure 1 : Distribution des matières actives et modes d'action des fongicides parmi les 66 produits commerciaux homologués en France contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*).

- Multi site : Cuivre, chlorothalonil, dithianon, folpel, manèbe, mancozèbe, métirame-zinc
- Inhibiteur de la respiration : amétoctradine, cyazofamide (Qil) ; famoxadone, azoxystrobine, fénamidone, pyraclostrobine (QoI)
- Inhibiteur de la paroi : benthiavalicarbe, diméthomorphe, mandipropamide, irprovalicarbe, valiphénal (CAA)
- Inhibiteur de l'ARN polymérase : bénalaxyl, métalaxyl = méfénoxam
- Inhibiteur du cytosquelette : zoxamide (anti-tubuline) fluopicolide (anti-spectrine)
- Autres : Phosphonates (multi-site et stimulateur de défense), huile essentielle d'orange douce, cymoxanil

lesquels contiennent 25 matières actives différentes (Acta 2013) pour une dizaine de modes d'action. Parmi l'ensemble de ces produits (66) on retrouve les différentes matières actives (25) plus de 130 fois, car souvent associées entre-elles (figure 1). Certaines préparations contiennent des produits dits " multi-sites ", dont les modes d'actions sont mal connus et qui inhibent diverses cibles métaboliques chez le mildiou. Actuellement aucun cas de résistance n'a été enregistré vis à vis de ces fongicides multi-sites chez le mildiou de la vigne, ce qui conduit au fait que la quasi totalité des produits commercialisés contiennent au moins un fongicide multi-site associé ou non. Cependant ces produits s'utilisent à des doses plus importantes que les fongicides uni-sites (de 500 à 5000g/ha) et contiennent souvent des molécules métalliques (e.g. cuivre, manganèse, cobalt etc) pas toujours inoffensives pour l'environnement au sens large.

Les fongicides uni-sites, dont le mode d'action est généralement connu, inhibent le plus souvent une seule voie métabolique chez l'agent pathogène, voire une activité enzymatique unique. Ils possèdent généralement des propriétés plus intéressantes (systémie) que les multi sites (souvent produits de contact) et s'utilisent en faible quantité.

Parmi les 16 molécules (matière active) uni-sites homologuées en vigne contre le mildiou, l'étude des résistances montrent que pour les produits contenant du cymoxanil, ou encore des anilides (bénalaxyl, méfénoxam) il existe des cas de résistance répertoriés dans le vignoble français, mais du fait de leurs associations avec des fongicides multi-sites, les préparations utilisées ne montrent pas de perte d'efficacité notable. Cependant il convient de suivre les conseils de la note nationale et de ne pas construire de programme avec ces produits uniquement.

Pour les produits contenant des inhibiteurs de la respiration mitochondriale, tels que les QoIs (azoxystrobine, famoxadone, pyraclostrobine), la résistance est généralisée depuis plusieurs années à des niveaux variables. L'utilisation des produits sélectionne dès la première application des souches ou des populations fortement résistantes. A

noter que la présence dans le gène codant pour l'enzyme cible d'une substitution d'un acide aminé en position G143A conduit à augmenter les doses de fongicides d'un facteur 1500 à 2000 pour limiter la croissance de souches ou des populations résistantes.

Une autre famille de fongicides pour lesquels la résistance s'est développée au cours des dernières années, celle des CAA (carboxylic acid amide) qui sont décrits comme des inhibiteurs de la biosynthèse de la paroi chez les oomycètes. Aujourd'hui dans le vignoble français la résistance est bien installée et dans 80% des cas étudiés, des situations de résistance ont été détectées. La note nationale 2013 conseille vivement de ne pas utiliser ces produits comme des produits curatifs et d'en limiter l'utilisation à une application annuelle.

De nouvelles matières actives appartenant à la famille des Qil (cyazofamide, amétoctradine) sont utilisées depuis peu et la note nationale fait état de quelques souches résistantes détectées. Le mode d'action de ces fongicides est lié aussi à la respiration mitochondriale et l'acquisition de la résistance est à l'étude actuellement. Toutefois aucune perte d'efficacité n'a été observée et par précaution il est recommandé de ne pas dépasser deux applications par an avec ce type de mode d'action.

D'autres fongicides inhibant la biosynthèse de la tubuline comme la zoxamide (inhibe la bêta-tubuline du cytosquelette) ou encore contenant du fluopicolide (agit sur les protéines de type spectrine) n'ont conduit à aucune résistance détectée à ce jour dans le vignoble.

Pour les produits à base de phosphonates (fosétyl-Al, phosphonate de potassium) qui présentent un double mode d'action : une action fongicide et une action de stimulateur de défense de la vigne, à ce jour aucune dérive de la sensibilité n'a été rapportée pour le mildiou de la vigne.

A noter que parmi les 131 possibilités de molécules rencontrées dans les 66 produits commerciaux homologués, 32% correspondent à des matières actives pour lesquelles des cas de résistance ont été détectés.

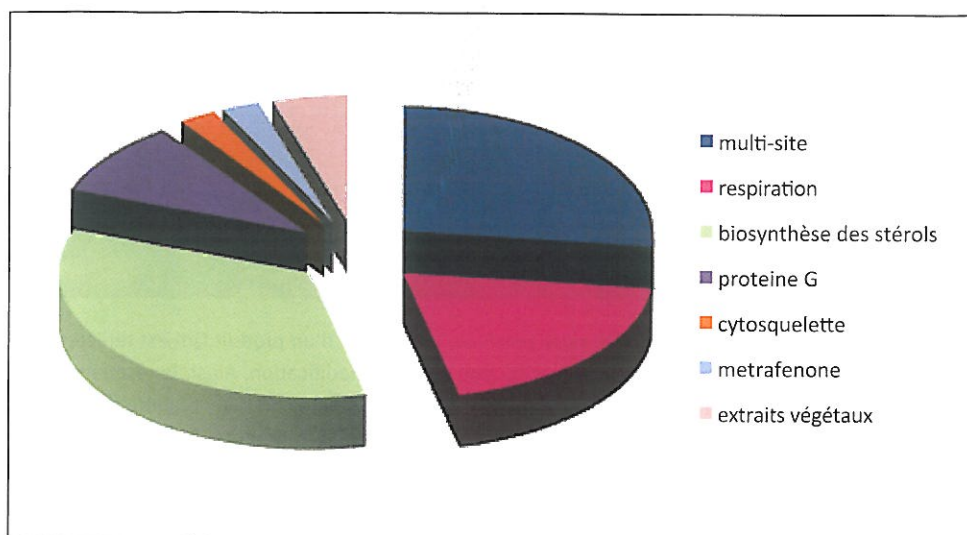


Figure 2 : Distribution des différentes matières actives et mode d'action au sein des 31 produits homologués anti-oïdium (*Erysiphe necator*).

- Fongicides multi-site : soufre, bicarbonate de potassium ; cuivre, folpel, métiram-zinc (en association avec des anti-oïdium).
- Inhibiteurs de la respiration : azoxytrobine, pyraclostrobine, trifloxystrobine, krésoxy-méthyle (QoI) ; boscalid (SDHI) ; meptyldinocap (découplant respiratoire)
- Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols : tétraconazole, cyproconazole, difenoconazole, fenbuconazole, myclobutanil, penconazole, tebuconazole, triadimérol (DMI, inhibiteur de la stérol-C14 déméthylase) ; spiroxamine (inhibiteur de stérol isomérase)
- Inhibiteurs de protéines de régulation (G) : proquinazid, quinoxyfène
- Inhibiteur du cytosquelette : thiophanate-méthyle, métrafenone (actine)
- Mode d'action inconnue : fenugrec, Huile essentielle d'orange douce (extraits végétaux)



➤ Les enjeux de la Floraison de la Vigne...

A la floraison s'installe l'équilibre du potentiel qualitatif et quantitatif de la vendange. Une bonne floraison produit des grappes bien structurées et homogènes en ligne avec le volume et la qualité visés. C'est de l'état nutritionnel de la vigne en pré-floraison et de son équilibre hormonal pendant la floraison que dépend le bon déroulement de cette étape majeure.

➤ Vivaflor sécurise la floraison !

En activant l'absorption des minéraux du sol et la production d'hormones de floraison, Vivaflor sécurise la floraison de la vigne. Vivaflor augmente ainsi l'homogénéité des grappes et diminue les accidents de floraison (coulure et millerandage).

- 32%

d'accidents de floraison

81 parcelles avec accident de floraison.
(Coulure et millerandage)



+ 29%

d'homogénéité des grappes

36 parcelles sans accident de floraison.

GOËMAR
La nature qui stimule la nature

Résistance de l'oïdium

Depuis son introduction en 1845 sur le continent européen, les viticulteurs ont lutté contre les épidémies dévastatrices de cet agent pathogène. Aujourd'hui, pour contrer les épidémies d'oïdium de la vigne, les viticulteurs disposent de 31 produits commerciaux homologués en France qui correspondent seulement à 8 modes d'action différents. A l'inverse des produits anti-mildiou, les produits anti-oïdium sont souvent utilisés seuls (61% des produits commercialisés sont des produits " solo "). Cependant, 51,6 % des produits rencontrés dans la " phyto-pharmacie anti-oïdium " contiennent potentiellement un fongicide agissant soit sur la biosynthèse des stérols de type DMI (Inhibiteurs de la C14 déméthylase), soit sur la respiration mitochondriale (Qol). Les associations de fongicides uni-sites, pour lesquels la résistance est avérée, avec des fongicides multi-sites peuvent conduire parfois à des effets non désirés selon l'état de résistance d'une parcelle. En effet, dès lors que la résistance à un fongicide uni-site est forte, appliquer un traitement contenant cette molécule ou ayant le même mode d'action, conduit à augmenter inutilement les intrants chimiques dans une parcelle sur laquelle la résistance est présente, sans augmenter l'efficacité du traitement. Une question demeure : est-il utile, intéressant, voire écologiquement sain d'utiliser un mélange contenant une molécule pour laquelle la résistance est forte et avérée sur une parcelle ? Bien évidemment comme la matière active est associée à un autre fongicide pour laquelle la résistance n'est pas présente, cela permet d'obtenir une bonne efficacité du traitement, mais dans un cadre de durabilité est-il raisonnable d'appliquer une telle stratégie qui augmente les intrants chimiques sans en augmenter l'efficacité ?



crédit photo : Ph Cartolaro - Inra

143 de cette protéine. L'efficacité d'un produit Qol est directement liée à la présence ou non de cette modification. Ainsi, la résistance aux Qol chez l'oïdium de la vigne a été détectée pour la première fois en 2008 en France (Grosman *et al.*, 2008) puis a progressé jusqu'en 2011 (Corio-Costet *et al.*, 2012). A ce jour, la plupart du vignoble français est concerné par cette résistance. En 2012 la résistance a été détectée dans 68% des populations analysées contre 22% en 2010. La fréquence moyenne de la mutation dans les populations d'oïdium atteint plus de 35% en 2012. Cependant statistiquement la fréquence moyenne de l'allèle semble se stabiliser entre 2011 et 2012 (figure 3).

Concernant les DMI, il est possible d'utiliser un outil moléculaire quantitatif qui sert d'indicateur pour le développement de la résistance. En effet une étude antérieure réalisée à l'INRA de Bordeaux avait montré que toutes les souches d'oïdium possédant une certaine modification sur le codon en position 136 présentaient un niveau de résistance aux fongicides au moins supérieure à 8 (compris entre 8 et 100).

La détection et la quantification de cet allèle de résistance n'est pas systématiquement liée à une perte d'efficacité, contrairement à l'allèle de résistance aux Qol, car la résistance aux fongicides de type DMI est polygénique et nécessite la présence d'autres modifications dans le génome. Depuis 2008, la fréquence de cet allèle Y136F semble augmenter sensiblement et peut être présent à une fréquence supérieure à 75% dans certaines régions. En 2012 la situation n'est cependant pas significativement différente de celle 2011 (figure 3).

Rappelons que la résistance croisée entre les différentes molécules inhibant la C14 déméthylase n'est pas systématique, il est donc conseillé de ne pas utiliser le même DMI en cours de saison et de limiter le nombre d'applications comme préconisé dans la note nationale.

Concernant les fongicides uni-sites tels que la spiroxamine (inhibiteur des isomérases et réductase de la biosynthèse des stérols), du boscalid (inhibiteur de la succinate deshydrogénase, respiration), de la métrafénone (inhibiteur d'actine), ou des fongicides multi sites de contact comme le soufre ou le meptyldinocap, aucun cas avéré de résistance entraînant une perte d'efficacité au vignoble n'a été détecté chez l'oïdium de la vigne. Remarquons cependant que pour des matières

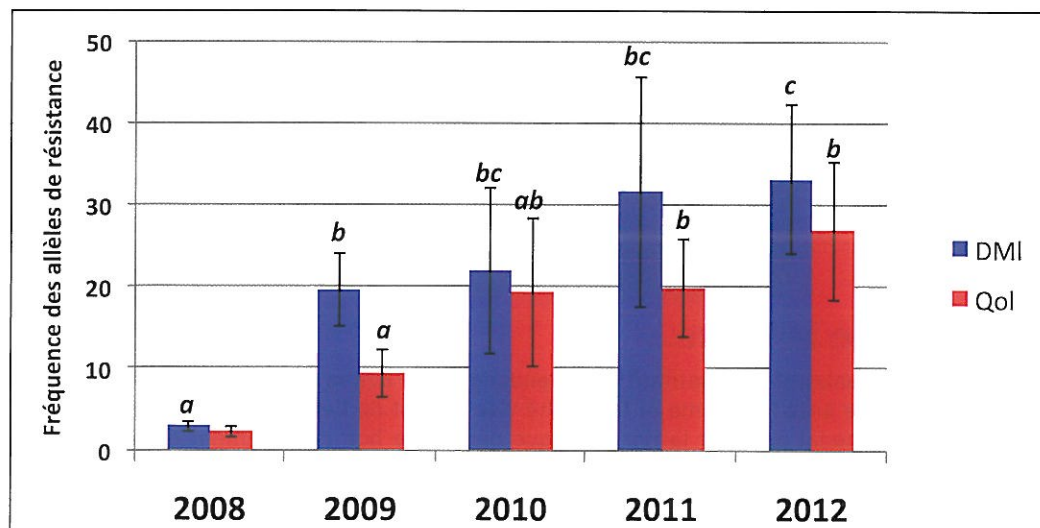


Figure 3 : Evolution des allèles de résistance aux fongicides DMI (en bleu) et aux fongicides Qol (en bordeaux) dans les populations d'oïdium de la vigne au cours des 5 dernières années dans le vignoble français. N compris entre 33 et 78.

Le plan de surveillance de 2012 a essentiellement porté sur la famille des Qol (strobilurines, krésoxim-méthyle, pyraclostrobine, trifloxystrobine). La détection réalisée à l'aide d'outil moléculaire basé sur la présence de l'allèle de résistance permet de détecter et de quantifier rapidement et sur un pool de prélèvement la fréquence de la résistance (Dufour *et al.*, 2010). En clair, la séquence du gène qui confère la résistance correspond à une substitution d'un acide aminé par un autre au sein de la protéine cible (cytochrome b de la mitochondrie) en position

actives telles que la métrafénone, le boscalid ou la spiroxamine, des cas de résistance ont été décrits, soit chez d'autres oïdiums (métrafénone et spiroxamine) ou chez botrytis en vigne (boscalid).

Pour des matières actives telles que le quinoxyfène et proquinazid la résistance a été détectée (test biologique) de manière très ponctuelle en France.

Pour les produits utilisables en agriculture biologique autres que le soufre, le Fenugrec, et l'huile essentielle d'orange douce, aucune donnée ne permet de renseigner la résistance éventuelle suite à leur faible utilisation. Rappelons aussi que ces produits sont déconseillés en présence d'une forte pression d'oïdium, en particulier sur les symptômes " drapeaux " de début de saison parfois présents sur certains cépages (Cinsaut, Carignan) et dans certaines régions.

Ce qu'il faut en retenir

Si la résistance à quelques molécules est bien installée (ex ; QoI) avec des pertes d'efficacité totale lors de l'utilisation des ces produits seuls, la résistance aux fongicides de type DMI n'entraîne pas de pertes systématiques de l'efficacité. Néanmoins il convient d'être prudent et de suivre les recommandations de la note nationale.

Par ailleurs, attention aux QoI, la résistance est généralisée tant pour l'oïdium que pour le mildiou. Pour tous les fongicides utilisés, il est vivement conseillé d'alterner les familles chimiques et les modes d'action. Une bonne lecture des étiquettes (identifier la matière active) et un recoupement avec l'index phytosanitaire suffit pour éviter de mauvais choix dans les programmes de traitements. Avant toute chose, un traitement efficace est un traitement bien appliqué avec du matériel bien réglé et à la bonne dose. N'omettez pas les bonnes pratiques prophylactiques qui peuvent à elles seules participer à diminuer la pression épidémique des agents pathogènes. Utiliser les outils de prévisions de risques et les OAD (1) et surtout éviter de courir derrière l'épidémie. Il est primordial de juguler l'épidémie dès son apparition pour en limiter l'extension et les effets néfastes sur la culture.

■ **Marie-France Corio-Costet et Marie-Cécile Dufour Inra, UMR Santé et Agroécologie du vignoble, 1065, ISVV, CS 20032, 33882 Villenave d'Ornon**

(1) : Outil d'aide à la décision.

Référence bibliographique

- Corio-Costet MF, Dufour MC, Fontaine S, Caddoux L, Micoud A (2012) Oïdium de la vigne, évolution de la résistance aux fongicides de 2008 à 2011, Phytoma, la défense des végétaux, 655, 11-14.
- Couteux et Lejeune, Index phytosanitaire ACTA 2013, Acta publications, ISBN 978.2.85794.274.0
- Dufour MC, Fontaine S, Montarry J, Corio-Costet MF (2011) assessment of fungicide resistance and pathogen diversity in *E. necator* using quantitative real time PCR assays. Pest management science 67: 60-69.
- Grosman J, Magnien C, Retaud P (2008) dossier : vigne. Phytoma, la défense des végétaux, 621, 10-32.

Site pour la note nationale : http://www.draaf.champagne-ardenne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/note_technique_commune_vigne_2013_vf_2013-03-26_cle074f41.pdf

Remerciements

Nous remercions en particulier le groupe de la note nationale et l'ANSES de Lyon.

MILDICUT

L'Anti-Mildiou Systemique

Caractéristiques

ZNT : 5 mètres
DRE : 6 heures
Sans Classement

BELCHIM
—Crop Protection—

Kenkio® - Mildicut® - Ysayo® (AV2090126) contenant 25 g/l de cyazofamide et 250 g/l de di sodium phosphonate, formulation SC, RS2/53. Sans classement toxicologique. * Marque déposée : Belchim Crop Protection N.V. Produit d'Ishihara Sangyo Kaisha (ISK) Ltd, Japon. Détenteur d'homologation : ISK Biosciences Europe SA. - Pour les usages autorisés, doses, conditions et restrictions d'emploi : se référer à l'étiquette du produit ou www.phytodata.com. - Distribué par : Belchim Crop Protection France SA - Parc Tertiaire de Bois Dieu - 3 allée des Chevreuils - 69380 Lissieu - T. 04 78 83 40 66 - www.belchim.com - Agrément NCO0838 Distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels - Fiches de données de sécurité disponibles au 04 78 83 40 66 ou www.quickfds.com. Annule et remplace toutes versions précédentes - BCP avril 2013.

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION. AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.