

EFFICACITE AU VIGNOBLE DE PLUSIEURS PREPARATIONS FONGICIDES
EN PRESENCE DE DIFFERENTS POURCENTAGES DE PHENOTYPES RESISTANTS AOX
DE *PLASMOPARA VITICOLA*

M.-L. PANON⁽¹⁾, H. STEVA⁽²⁾, S. DEBUISSON⁽¹⁾, A. DESCOTES⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pôle technique et Environnement, Comité Interprofessionnel du vin de Champagne, 5 rue Henri-Martin, CS 30 135, 51204 EPERNAY Cedex, France, marie-laure.panon@civc.fr

⁽²⁾ CJH, 21 C Chemin de la Girotte, 33650 LA BREDE, France, herve.steva@orange.fr

RÉSUMÉ

L'objet de cette étude consiste à évaluer l'impact au vignoble de phénotypes résistants non spécifiques de type AOX de *Plasmopara viticola*, sur des fongicides à base d'inhibiteurs du complexe III de la respiration : l'**amétoctradine** et la **cyazofamide**. Appliquées seules, dans les conditions de l'essai, la baisse d'efficacité de ces substances est notable à partir de 10% de phénotypes résistants dans la population inoculée. Le comportement des deux préparations commerciales (ENERVIN ou MILDICUT) est différent. Pour l'association amétoctradine+métiram, la fréquence de phénotypes résistants n'a pas d'impact sur la performance du produit. Par contre, l'efficacité de l'association cyazofamide+disodium phosphonate est réduite lorsque la fréquence de phénotypes résistants est supérieure ou égale à 50%. Toutefois la baisse d'efficacité est partielle et elle se maintient à un peu plus de 80%. La substance active partenaire doit être suffisamment efficace pour préserver l'intérêt de l'association commercialisée.

Mots-clés : *Plasmopara viticola*, résistance, AOX, efficacité, amétoctradine, cyazofamide.

ABSTRACT

EFFICACY IN THE VINEYARD OF SEVERAL FUNGICIDE PREPARATIONS IN THE PRESENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF AOX RESISTANT PHENOTYPES OF *PLASMOPARA VITICOLA*

The study purpose is to evaluate the field impact of non-specific AOX-resistant phenotypes of *Plasmopara viticola*, on complex III inhibitors of respiration : **ametoctradin** and **cyazofamid**. Sprayed alone, under the study conditions, the decrease in efficacy is notable for these two substances, from 10% of resistant phenotypes in the inoculated population. The behavior of the two commercial products (ENERVIN or MILDICUT) is different. For the combination ametoctradin + metiram, the frequency of resistant phenotypes has no impact on the performance of the product. On the other hand, the activity of cyazofamid + disodium phosphonate is reduced when the frequency of resistant phenotypes is greater than or equal to 50%. However, the decrease in efficacy is partial with still a little more than 80% of activity. The partner must be enough active to preserve the interest of the commercial product.

Keywords: *Plasmopara viticola*, resistance, AOX, efficacy, ametoctradin, cyazofamid.

INTRODUCTION

Les fongicides inhibiteurs du complexe mitochondrial III du cytochrome bc1 sont des substances utilisées pour lutter contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*). Le haut niveau d'efficacité intrinsèque, l'activité préventive et curative, le pouvoir de pénétration et de mobilité dans la plante confèrent à ces substances de nombreux atouts. Trois classes d'inhibiteurs du complexe III sont actuellement disponibles pour lutter contre le mildiou de la vigne :

- des Qol-P (ou Qol) dont la pyraclostrobine et l'azoxystrobine;
- un Qol-D (ou QoSI), l'amétoctradine¹;
- deux Qil, la cyazofamide et l'amisulbrom.

Cependant, la résistance du mildiou à une ou plusieurs classes d'inhibiteurs du complexe III remet en question l'intérêt de ces substances.

Une résistance spécifique aux Qol-P a été sélectionnée au vignoble rapidement (Grasso et al, 2006), liée principalement à des mutants de cible cytb G143A. Cette résistance est largement distribuée dans les populations.

Des résistances spécifiques à l'amétoctradine (Qol-D) ou aux Qil ont été récemment détectées (voir note technique commune, gestion de la résistance pour les maladies de la vigne, mise à jour tous les ans). Des mutants de cible cytb S34L ont été isolés dans le cas de l'amétoctradine, tandis que des mutants par insertion en position E203 ont été détectés dans le cas de la cyazofamide.

Par contre, une résistance simultanée aux trois classes de substances et en particulier aux deux modes d'action Qol-D et Qil, largement utilisés en vigne à ce jour, s'observe chez des souches manifestant une résistance non spécifique « de type AOX » (pour Alternative OXydase). Cette résistance non liée à la cible, acquise chez *P. viticola*, semble en relation avec l'activation d'un mécanisme de respiration alternative résultant de la surexpression de l'enzyme alternative oxydase (Wood et Hollomon, 2003).

D'après les travaux de surveillance de la sensibilité du mildiou de la vigne à différentes classes de fongicides, financés par le Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne (Comité Champagne), les phénotypes « AOX » sont détectés en Champagne depuis plusieurs années. Mais très récemment, la progression du nombre de parcelles hébergeant ces phénotypes s'est accélérée : 45% des parcelles en 2016, 72% en 2017. La fréquence moyenne des souches de type AOX, dans les populations collectées, s'élève à 28,5% en 2017, avec 32% des parcelles contenant entre 5% et 50% de phénotypes résistants. 30% des parcelles contiennent plus de 50% de phénotypes AOX, d'après le plan de surveillance du Comité Champagne.

Par contre, l'impact sur l'efficacité pratique des fongicides demeure inconnu. L'objet de cette étude consiste donc à évaluer pour la première fois l'impact au champ de ces phénotypes résistants non spécifiques de type AOX sur des préparations à base d'inhibiteurs du complexe III de la respiration : **l'amétoctradine** et la **cyazofamide**.

Pour ce faire, un essai a été mis en place au vignoble lors de la campagne 2018 par le Comité Champagne, en partenariat avec la société CJH et selon un protocole d'expérimentation original : des parcelles traitées avec les différentes préparations ont été contaminées artificiellement à une même date avec des populations contenant des pourcentages connus et variables de phénotypes résistants. Cette démarche se rapproche au plus près des conditions pratiques auxquelles sont confrontées les viticulteurs.

¹ Des travaux récents sur le mode d'action de l'amétoctradine suggèrent que cette molécule serait capable de se fixer à la fois sur les Qo et Qi du cytochrome b, ce qui en ferait un Qiol.

MATERIEL ET MÉTHODES

1 - ESSAI AU VIGNOBLE

Le dispositif expérimental retenu est un essai « bande sans répétition ». Souhaitant comparer dans la même situation l'effet de plusieurs populations, nous avons opté pour ce dispositif du fait de contraintes techniques, concernant l'emprise de l'essai et la réalisation de la contamination artificielle (quantité d'inoculum à produire et temps d'inoculation à limiter). Nous avons pu ainsi sur un même lieu et dans la même séquence climatique évaluer l'effet de différentes fréquences de phénotypes résistants AOX sur la performance des préparations.

L'étude a été conduite dans le vignoble champenois, sur la commune d'Hautvillers au lieu-dit « La Grange de Dizy », dans une parcelle de pinot noir mise à disposition par le vignoble MOET & CHANDON. Cette parcelle est plantée à 1 m d'écartement entre rangs et 1,20 m entre ceps.

Chaque préparation a été appliquée sur 48 ceps consécutifs. Cette série de ceps a été découpée en 6 parcelles élémentaires de 8 ceps. 5 parcelles élémentaires ont été inoculées avec un pourcentage variable de phénotypes « AOX ». La 6^{ème} série de 8 ceps non inoculés a permis de vérifier la présence d'éventuelles contaminations naturelles. Des rangs de garde, protégés avec un programme classique ont été aménagés entre chaque rang portant les modalités.

2 – PREPARATIONS FONGICIDES COMPAREES

Deux catégories de préparations fongicides ont été évaluées dans cet essai : des préparations à base d'amétoctradine (représentant des QoSI ou QoI-D) et des préparations à base de cyazofamide (Qil). Les spécialités ENERVIN d'une part et MILDICUT d'autre part ont été retenues, car largement utilisées dans le vignoble champenois. Elles ont été appliquées aux doses homologuées, à savoir 2,5 kg/ha et 4,5 L/ha respectivement. Afin de comprendre le comportement de ces associations, nous avons inclus dans le dispositif les substances actives seules à savoir l'amétoctradine (SNOOKER) et le métirame (POLYRAM DF) d'une part et la cyazofamide (RANMAN TOP) et un phosphite, le disodium phosphonate (REDELI) d'autre part. Ces substances sont appliquées aux mêmes doses que celles apportées par les mélanges. Le tableau I détaille les doses d'emploi de chaque préparation et les doses de chaque substance active.

Tableau I : Liste des fongicides utilisés dans l'essai d'Hautvillers
(List of fungicides used in the Hautvillers trial)

Nom préparations	Compositions et concentrations substance1 + substance2	Dose/ha	Dose/ha Substance 1	Dose/ha Substance 2
ENERVIN	amétoctradine 120 g/kg + métirame 440 g/kg	2,5 kg/ha	300 g/ha	1100 g/ha
SNOOKER	amétoctradine 200 g/L	1,5 L/ha	300 g/ha	
POLYRAM DF	métirame 70%	1,57 kg/ha		1099 g/ha
MILDICUT	cyazofamide 25 g/L + disodium phosphonate 250 g/L	4,5 L/ha	112,5 g/ha	1125 g/ha
RANMAN TOP	cyazofamide 160 g/L	0,7 L/ha	112 g/ha	
REDELI	disodium phosphonate 500 g/L	2,25 L/ha		1125 g/ha

3- MODE D'APPLICATION DES PREPARATIONS

Les préparations ont été appliquées avec une pulvérisation à jet porté (modèle PRECIJET de TECNOMA) équipant un transporteur à chenilles (une chenillette). L'application a été réalisée avec 3 hauteurs de buses TXA 8005 fonctionnant à 4 bars de pression, réglées à 40, 70 et 110 cm de hauteur par rapport au sol. La vitesse de déplacement de la machine est réglée à 2 km/h. Le volume/ha évalué à l'eau préalablement au début de l'essai atteint 430 L/ha. Le matériel est représentatif de l'équipement du vignoble champenois et fait partie des techniques d'application les plus performantes en matière de dépôts de produit sur la végétation.

4 – MATERIEL FONGIQUE

Le matériel fongique est constitué par le mélange dans des proportions variables de deux souches de *P. viticola* présentant les caractères suivants :

- une souche sensible à tous les inhibiteurs du complexe III de la respiration (**souche S**) ;
- une souche présentant une résistance non spécifique de type AOX aux inhibiteurs du complexe III (**souche R**). Cette souche a été isolée en 2016 à partir d'une population naturelle collectée sur la commune d'Ay-Champagne (51160). Elle est représentative des souches champenoises et se caractérise par un facteur de résistance (FR) supérieur à 60 déterminé avec l'amétoctradine.

Les souches monosporocystes sont conservées dans une collection maintenue par la société CONIPHY (69650, Quincieux). Avant la réalisation de l'essai, chaque souche a été multipliée séparément par CJH sur des jeunes plants de vigne greffés sur cépage cabernet sauvignon et en condition confinée en serre pour éviter tout mélange. Cette multiplication s'effectue 15 à 20 jours avant la contamination au vignoble pour produire une quantité suffisante d'inoculum.

Le jour de la contamination, des suspensions de spores ont été préparées à partir des feuilles infectées avec chacune des souches. Elles ont été titrées puis ajustées à une concentration de 50 000 spores/mL. A partir de ces suspensions, des populations artificielles ont été constituées avec les proportions suivantes : **0 – 1 – 10 – 50 – 100%** de phénotypes résistants non spécifiques AOX.

5 – CONTAMINATION ARTIFICIELLE

La contamination artificielle a été mise en œuvre en pulvérisant les suspensions de sporocystes sur 25 rameaux par parcelle élémentaire. Une parcelle élémentaire = une préparation fongicide ou témoin non traité x une population inoculée ou absence d'inoculation. Les rameaux inoculés ont été ensachés pendant une durée de 18h en moyenne pour garantir le succès de l'infection.

Pour chaque rameau, 20 mL de suspension ont été pulvérisés en moyenne, sur les faces inférieures des feuilles de niveau 1 à 6 en partant de l'apex.

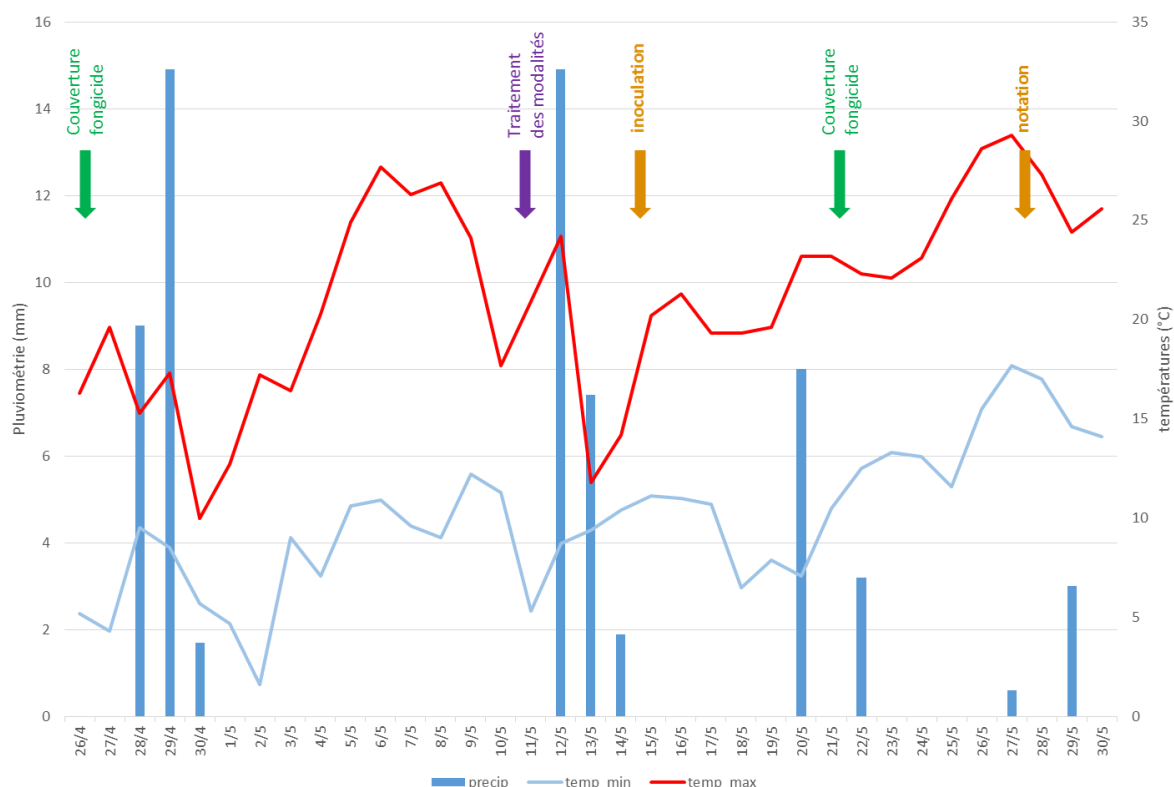
6 – DEROULEMENT DE L'ETUDE ET CONDITIONS CLIMATIQUES

La figure 1 décrit l'évolution des conditions climatiques sur le site d'Hautvillers pendant la durée de l'essai et reprend les différentes étapes de l'étude.

Un premier traitement de couverture a été appliqué le 26 avril 2018 sur la totalité de l'essai, y compris le témoin. La vigne était au stade 4 feuilles étalées. La température moyenne était de 13,4°C, la vitesse du vent de 19 km/h et l'humidité de 48%. Ce traitement a permis de contrôler les éventuelles premières contaminations naturelles après les pluies des 28, 29 et 30 avril. Ensuite, aucune pluie n'a été enregistrée jusqu'au 11 mai, date de l'application des différentes préparations. Ce traitement a été effectué sur des rameaux comportant 7 à 8 feuilles étalées. Lors du traitement, la température moyenne était de 16,1°C, la vitesse du vent de 10 km/h et l'humidité de 93% en moyenne. L'erreur associée à l'application de chaque produit, calculée d'après les reliquats de pulvérisation varie entre 4,3% et 9,7% selon les modalités.

Trois jours de pluie ont été enregistrés suite à l'application des préparations, jusque la date de contamination artificielle (voir « inoculation » sur la figure 1) avec un cumul de 24,2 mm.

Figure 1: Conditions climatiques et déroulement de l'essai sur le site d'Hautvillers en 2018
(Climatic conditions and progress of the trial at the Hautvillers location in 2018)



La contamination artificielle a été effectuée le 15 mai 2018. Elle a débuté à 15h30 et s'est achevée à 18h40. La température moyenne était de 19,5°C pendant ces 3 heures.

Le 16 mai, les sacs en plastique ont été enlevés des rameaux inoculés et un lien a été placé sous la feuille F1, première feuille notée sur chaque rameau.

Le 21 mai 2018, soit 10 jours après l'emploi des préparations en comparaison, une protection généralisée de l'essai a été décidée avec l'utilisation d'une association de POLYRAM à 2 kg/ha + LBG1F34 à 3 L/ha. La vigne était alors au stade 10 à 11 feuilles étalées.

Les premières observations de la présence du mildiou suite à l'inoculation du 15 mai ont été faites le 23 mai 2018, soit une durée d'incubation de 8 jours.

7 – OBSERVATIONS, NOTATIONS

Une seule observation de la présence du mildiou a été réalisée sur feuilles le 28 mai 2018, pour ne prendre en compte que l'effet de la contamination artificielle du 15 mai.

Les observations se concentrent uniquement sur les 25 rameaux inoculés et identifiés sur chaque parcelle élémentaire. De même, sur chaque rameau inoculé, seuls les étages foliaires bien réceptifs au mildiou lors de l'inoculation et traités avec les fongicides faisant l'objet de l'étude sont notés. Pour ce faire, un repère a été placé sous la feuille de niveau 6 en partant de l'apex le jour de la contamination artificielle. C'est la feuille F1. En remontant vers l'apex, les feuilles F1, F2, F3 considérées comme réceptives à la date de la contamination, ont fait l'objet d'une évaluation de la surface touchée par le mildiou.

Les résultats sont exprimés en fréquence de feuilles infectées par le mildiou et en intensité moyenne d'attaque sur les 150 feuilles notées (25 rameaux x 3 feuilles par rameau) pour chaque parcelle élémentaire.

RESULTATS

L'observation des parcelles élémentaires non inoculées a révélé l'absence de symptômes issus de contaminations naturelles sur l'essai pendant la période d'évaluation des spécialités (Tableau II).

La fréquence et l'intensité d'attaque sont d'abord détaillées pour chaque préparation fongicide et chaque population inoculée.

Puis les préparations sont comparées grâce aux réductions de dégâts calculées par rapport au témoin non traité, pour chaque population inoculée.

1 – DONNEES BRUTES POUR LA NOTATION SUR FEUILLES DU 28 MAI 2018

1.1- Fréquences de feuilles attaquées

Le tableau II détaille les fréquences de feuilles attaquées lors de la notation du 28 mai.

Tableau II : Fréquences de feuilles attaquées par le mildiou de la vigne

(feuilles F1, F2 et F3).

(Frequencies of infected leaves by grape downy mildew - Assessment on leaves F1, F2 et F3)

Préparations fongicides	Non inoculé	Pourcentage de phénotypes résistants non spécifiques AOX				
		0	1	10	50	100
témoin non traité	0	100	100	100	100	100
amétoctradine + métirame	0	13	8	38	35	32
amétoctradine	0	32	67	90	98	92
métirame	0	42	43	53	54	13
cyazofamide + disodium phosphonate	0	27	12	88	88	80
cyazofamide	0	20	35	82	97	70
disodium phosphonate	0	95	100	98	100	98

Toutes les feuilles expriment la présence de mildiou dans le témoin non traité quelle que soit la fréquence initiale de phénotypes résistants AOX.

La fréquence de feuilles infectées varie entre 32% et 98% pour les parcelles protégées avec l'amétoctradine seule. Elle varie entre 20 et 97% avec la cyazofamide. Dans les deux cas, la fréquence d'attaque augmente en relation avec la proportion de phénotypes résistants AOX (sauf pour la parcelle inoculée avec 100% de résistants).

Le comportement des associations amétoctradine+métirame d'une part et cyazofamide+disodium phosphonate est différent. Il en est de même entre métirame et disodium phosphonate avec des fréquences d'attaque bien supérieures pour les parcelles traitées avec le phosphite.

1.2- Intensités d'attaque

Le tableau III reporte les intensités d'attaque provoquées par le mildiou lors de la notation du 28 mai 2018.

Tableau III : Intensités d'attaque moyennes de mildiou de la vigne (moyenne des feuilles F1, F2 et F3).
(Disease severity of downy mildew on leaves - Assessment on leaves F1, F2 et F3)

Préparations fongicides	Pourcentage de phénotypes résistants non spécifiques AOX				
	0	1	10	50	100
témoin non traité	48,1	35,0	48,9	60,5	28,4
amétoctradine + métirame	0,3	0,1	1,0	0,9	0,8
amétoctradine	0,6	2,1	8,9	27,6	15,2
métirame	1,2	1,3	1,4	2,2	0,4
cyazofamide + disodium phosphonate	0,4	0,1	3,3	5,7	4,4
cyazofamide	0,3	0,7	5,2	21,2	8,1
disodium phosphonate	17,1	12,6	18,8	21,7	15,0

Pour le témoin non traité, l'intensité moyenne d'attaque varie entre 28,4% dans le cas d'une population contenant 100% de phénotypes résistants non spécifiques AOX, à 60,5% pour la population constituée de 50% de phénotypes résistants. La population constituée à 100% de phénotypes AOX semble être moins agressive que les autres populations.

Les comportements de l'amétoctradine et de la cyazofamide seules sont très proches. L'intensité d'attaque est très faible (<1%) dans les parcelles inoculées avec des phénotypes sensibles uniquement, mais elle progresse en relation avec la fréquence de phénotypes résistants AOX.

L'intensité d'attaque reste inférieure à 1% pour les parcelles protégées avec l'association d'amétoctradine+métirame quelle que soit la proportion de résistants AOX. Par contre, cette intensité augmente dans le cas de l'association cyazofamide+disodium phosphonate mais elle reste inférieure à 6%.

Le métirame et le disodium phosphonate ont des activités très différentes et non dépendantes de la composition de la population. L'intensité d'attaque reste faible (<2,5%) après traitement avec le métirame. Elle est toujours supérieure à 12,5% pour les parcelles traitées avec le disodium phosphonate.

2 – COMPARAISON DES DIFFÉRENTES PRÉPARATIONS FONGICIDES : ÉVOLUTION DES EFFICACITÉS

Comme les intensités d'attaque obtenues sur le témoin non traité sont quelque peu différentes d'une population à l'autre, nous avons calculé, grâce à la formule d'Abbott, l'efficacité, c'est-à-dire la réduction d'intensité d'attaque par rapport au témoin non traité, pour chaque population inoculée sur chaque traitement fongicide.

Les résultats sont reportés dans la figure 2 ci-après. Pour une meilleure lisibilité, les efficacités des préparations, calculées pour chaque population de *P. viticola*, sont reliées sous forme de courbe, bien que les données soient indépendantes.

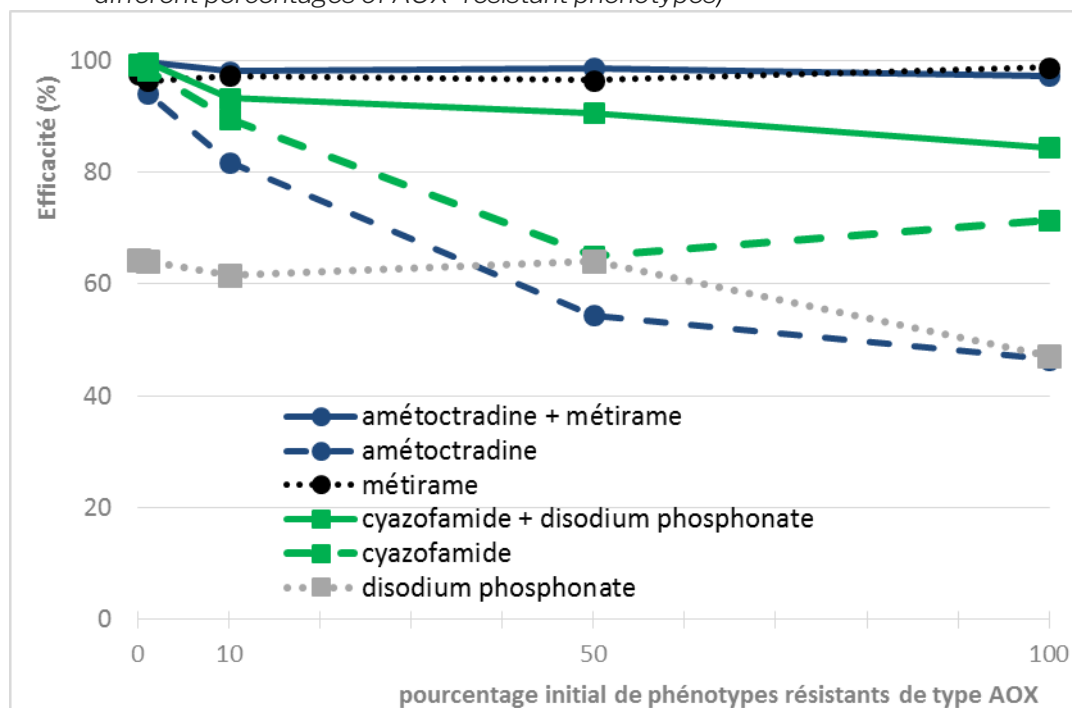
Les efficacités de l'amétoctradine seule et de la cyazofamide seule baissent en relation avec l'augmentation de la fréquence de phénotypes résistants non spécifiques AOX, indiquant clairement que ce mécanisme de résistance peut affecter l'efficacité des substances actives. L'efficacité est proche de 100% pour la population sensible. Elle est de 82% pour l'amétoctradine et de 89% pour la cyazofamide après contamination avec 10% de phénotypes résistants. Ces valeurs sont de 54% et 65% respectivement dans la situation d'une population constituée à 50% par des phénotypes résistants. En présence exclusive de phénotypes résistants, les efficacités sont de 45% pour l'amétoctradine et de 71% pour la cyazofamide. Les différences d'efficacités entre l'amétoctradine et la cyazofamide s'expliquent vraisemblablement par un facteur de résistance différent pour les deux fongicides.

Le comportement des deux associations étudiées est différent. Pour l'association amétoctradine+métirame, l'efficacité est constante et reste supérieure à 97% quelle que soit la composition de la population. Dans le cas de l'association cyazofamide+disodium phosphonate, cette efficacité diminue en relation avec l'augmentation de la fréquence des phénotypes résistants non spécifiques AOX. La baisse est marquée mais reste limitée par rapport à l'utilisation de la cyazofamide seule (84% d'efficacité sur la population renfermant 100% de résistants).

Les efficacités des deux substances partenaires des inhibiteurs du complexe III de la respiration ne dépendent pas de la composition de la population. L'efficacité du métirame est stable et supérieure à 96%. L'efficacité du disodium phosphonate est de l'ordre de 60% en moyenne.

Figure 2 : Evolution de l'efficacité (calculée par rapport à l'intensité d'attaque) des préparations fongicides en présence de différents pourcentages de phénotypes résistants de type AOX

(Efficacy evolution -calculated with respect to disease severity- of the fungicides with different percentages of AOX- resistant phenotypes)



DISCUSSION

L'essai réalisé et les résultats présentés montrent clairement et pour la première fois au vignoble l'impact des phénotypes résistants non spécifiques de type AOX sur l'efficacité de l'amétoctradine d'une part et de la cyazofamide d'autre part.

Appliquées seules, dans les conditions de l'essai, la baisse d'efficacité est notable à partir de 10% de phénotypes résistants dans la population inoculée. Le comportement des deux associations étudiées est par contre différent. La fréquence de phénotypes résistants inoculés n'a pas d'impact sur la performance de l'association amétoctradine+métirame. Par contre, l'efficacité de l'association cyazofamide+disodium phosphonate est réduite lorsque la fréquence de phénotypes résistants est supérieure ou égale à 50%. Toutefois la baisse d'efficacité est partielle et se maintient à plus de 80% d'activité.

La différence de résultats s'explique facilement par le type de partenaire associé à l'inhibiteur du complexe III : le métirame est un fongicide multisite non concerné par la résistance, faisant preuve d'une très bonne efficacité sur le mildiou, quel que soit le phénotype, alors que le disodium phosphonate n'a qu'une activité partielle sur tous les phénotypes. En situation de résistance, un partenaire capable seul de bien contrôler la maladie est préférable pour maintenir un intérêt à l'association, quelle que soit la sensibilité de la population.

Ces résultats ont été générés dans un contexte spécifique et probablement favorable à l'expression des performances des produits : un seul traitement a été appliqué, dans de bonnes conditions et avec un matériel de pulvérisation performant, en situation préventive trois jours avant l'infection. Les efficacités conférées par ces produits pourraient être plus médiocres dans des conditions différentes, en post contamination voire avec des délais plus longs entre le traitement et la contamination.

Par ailleurs, la méthode utilisée repose sur la constitution de populations artificielles à partir de deux souches : l'une sensible et l'autre résistante. Nous avons choisi une souche résistante isolée dans le vignoble champenois avec un facteur de résistance de l'ordre de 60 déterminé avec l'amétoctradine. Dans nos suivis des résistances, nous avons pu constater que plusieurs phénotypes résistants non spécifiques de type AOX, avec des facteurs de résistance différents, peuvent cohabiter au sein d'une même population. Ainsi, des efficacités différentes en valeur absolue pourraient être notées. Mais les comportements entre préparations seraient vraisemblablement, globalement, les mêmes que dans l'essai.

CONCLUSION

La présence de phénotypes résistants non spécifiques de type AOX est susceptible d'impacter la performance des traitements à base d'amétoctradine ou de cyazofamide. Dans le cadre d'une gestion des programmes de traitement contre le mildiou de la vigne, il convient donc de prendre en compte cet aspect et de sécuriser l'utilisation de ces substances actives. Pour cela, il faut d'une part limiter le nombre total de traitements avec les inhibiteurs du complexe III (QoI-P, QoI-D et Qil) et d'autre part associer l'utilisation de ces substances avec des partenaires présentant un haut niveau d'efficacité au champ.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les collaborateurs du Comité Champagne pour la mise en œuvre de l'expérimentation, depuis les applications phytosanitaires jusqu'aux contaminations et notations. Ils remercient également la société CONIPHY pour l'isolement et la conservation des souches de mildiou ainsi que les personnes du vignoble MOET & CHANDON pour la mise à disposition de la parcelle d'essai.

BIBLIOGRAPHIE

Grasso V., Palermo S., Sierotzki H., Garibaldi A., Gisi U. 2006. Cytochrome b gene structure and consequences for resistance to Qo inhibitor fungicide in plant pathogens. *Pest Management Science*, 62, 465-472.

Note technique commune gestion de la résistance, maladies de la vigne : mildiou, oïdium, pourriture grise, 2017

Wood, P.M. et Hollomon D.W., 2003. A critical evaluation of the role of alternative oxidase in the performance of strobilurin and related fungicides acting at the Q(o) site Complex III. *Pest Management Science*, 59, 499-511.