

**LA RESISTANCE DU MILDIU DE LA VIGNE AUX FONGICIDES :
RESULTATS DES PLANS DE SURVEILLANCE DE LA SOUS DIRECTION DE LA
QUALITE ET DE LA PROTECTION DES VEGETAUX DE 2005 A 2008**

C. MAGNIEN ⁽¹⁾ – A. MICOUD ⁽²⁾ – F. REMUSON ⁽²⁾ – J. GROSMAN ⁽³⁾

⁽¹⁾ DRAAF/SRAL BOURGOGNE – 8 Rue Jacques Germain – 21205 Beaune

⁽²⁾ AFSSA-URPP – 31 Avenue Tony Garnier – 69364 Lyon Cedex 07

⁽³⁾ DGAL-SDQPV-DRAAF/SRAL Rhône-Alpes – 165 Rue Garibaldi – 69401 Lyon Cedex 03

RESUME

Cette communication rapporte les résultats des plans de surveillance de la résistance du mildiou de la vigne à quatre familles chimiques : CAA, benzamides, phénylamides et QoI. Pour les CAA, il est confirmé une forte implantation de la résistance dans deux vignobles : l'Armagnac et la Provence. Dans les autres zones viticoles, il est souvent constaté une progression de la résistance qui s'est surtout produite en 2008 ; dorénavant, les populations sensibles ne se rencontrent plus que dans environ 50 % des situations.

Aucune dérive de sensibilité n'a été observée avec la zoxamide.

La résistance aux QoI reste généralisée et la fréquence des souches résistantes se maintient à un niveau élevé dans les populations testées. La résistance aux phénylamides demeure également bien implantée dans les vignobles, mais depuis les dernières analyses de 1999, les populations contenant peu de souches résistantes semblent progresser.

Mots-clés : mildiou, vigne, résistance, plan de surveillance

SUMMARY

GRAPE VINE DOWNY MILDEW RESISTANCE TO FUNGICIDES – RESULTS OF THE MONITORING DIRECTED BY THE SOUS DIRECTION DE LA QUALITE ET DE LA PROTECTION DES VEGETAUX BETWEEN 2005 AND 2008

This communication presents the results of the grapevine downy mildew resistance monitoring to four chemical families: CAA, benzamides, phenylamides and QoIs. Concerning the CAA, the resistance is strongly established in two French vineyard areas: Armagnac and Provence. In other winegrowing areas, resistance has been increasing, especially in 2008; from then on, sensitive populations are encountered only in half of the situations.

No sensitivity shift has been observed with the zoxamide.

The resistance to QoIs is still widespread and the resistant strains frequency remains high in the tested populations. The resistance to phenylamides remains also widespread in the vineyards; but since the last analyses in 1999, populations containing few resistant strains seem in progression.

Key-words: downy mildew, grapevine, resistance, monitoring

INTRODUCTION

Le plan national de surveillance des phénomènes de résistance, organisé par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux de la Direction Générale de l'Alimentation) est mis en œuvre dans le contexte des suivis de post-autorisation des produits phytosanitaires. Il a pour objet de recueillir des informations sur d'éventuelles dérives de sensibilité des champignons aux fongicides. En cas de réponse positive, des investigations complémentaires renseigneront sur les pertes d'efficacité susceptibles d'être engendrées par le développement de la résistance. La collecte de toutes ces données est primordiale pour redéfinir, si nécessaire, les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires concernés, notamment par l'intermédiaire des notes nationales.

Dans cette communication, nous rapportons les résultats des plans de surveillance relatifs au mildiou de la vigne acquis sur la période 2005-2008. Ces plans ont concerné quatre familles de fongicides anti-mildiou : les CAA (Carboxylic Acid Amides), les benzamides, les QoI (Quinone outside inhibitors) et les phénylamides.

La sélection de la résistance au diméthomorphe (CAA) en France remonte à 1994. En 2003, une autre matière active (l'iprovalicarbe) appartenant à cette famille arrive sur le marché. L'importance de cette famille dans le marché des "anti-mildiou" et la présence de souches de mildiou résistantes ont justifié un suivi annuel du phénomène depuis 2004 pour apprécier son évolution.

Pour les benzamides dont le seul représentant est la zoxamide, l'intérêt de la surveillance est tout autre. Pour cette molécule dont le début de commercialisation date de 2003, aucun phénomène de résistance n'a encore été décelé. La surveillance vise donc à identifier précocement d'éventuelles dérives de sensibilité du mildiou à cette substance active. Elle a été organisée à partir de 2004.

Pour les deux autres familles, les phénylamides et les QoI, la problématique est encore différente puisque, pour chacune d'elles, la résistance du mildiou est très largement installée dans le vignoble français. Dans ces conditions, une surveillance annuelle ne s'impose pas mais un état des lieux doit être dressé à intervalle plus ou moins grand pour percevoir d'éventuelles évolutions de la situation. Une surveillance de ces deux familles a ainsi été programmée en 2008. Pour les phénylamides, les résultats obtenus sont comparés à ceux de 1999, pour le QoI à ceux de 2003.

Les plans de surveillance organisés au niveau national ont été mis en œuvre par les Services Régionaux de la Protection des Végétaux (SRPV) avec, dans certaines régions, la collaboration des Fédérations Régionales de Défense contre les Organismes Nuisibles (FREDON) et d'organismes professionnels. Les tests de résistance ont été réalisés par le laboratoire régional du SRPV Rhône-Alpes (1).

MATERIEL ET METHODE

NOMBRE, REPARTITION ET DATE DE PRELEVEMENTS

Sur la période 2005-2008, la priorité des plans de surveillance a porté sur la famille des CAA. Sur l'ensemble du vignoble français, ce sont environ 100 à 120 analyses qui ont été programmées chaque année. La répartition des prélèvements par région a pris en compte

(1) Avec la réorganisation des services de l'Etat, le laboratoire d'études des résistances du SRPV Rhône-Alpes, devenu SRAL (Service Régional de l'Alimentation) a été transféré à l'AFSSA (Unité Résistance aux Produits Phytosanitaires) depuis le 1^{er} janvier 2009. Les plans de surveillance décrits dans cet article étant antérieurs nous avons gardé les anciennes dénominations.

l'importance des surfaces viticoles ainsi que la situation résistance CAA constatée l'année précédente. Pour le choix des parcelles à prélever, aucune consigne particulière n'a été donnée quant à l'historique des traitements réalisés ; le choix ne devait pas être notamment orienté vers des parcelles à historique CAA important ; au contraire, tous les programmes de traitements devaient être représentés (0 à 3 applications voire plus). Le seul conseil était, dans la mesure du possible, de veiller à une bonne répartition géographique des prélèvements.

Pour la zoxamide, le nombre de tests annuels prévu était compris entre 30 et 60. Les échantillons analysés ont été choisis parmi ceux destinés à l'étude CAA. Compte-tenu de l'objectif visé, les populations de mildiou retenues ont été celles qui avaient subi une pression de sélection vis-à-vis de la zoxamide, c'est-à-dire des populations provenant de parcelles qui avaient reçu l'année du prélèvement (et/ou les précédentes) des applications de fongicides à base de cette substance active.

Pour le QoI et les phénylamides, ce sont respectivement 84 et 97 populations qui ont été testées en 2008. Ces populations ont été choisies au hasard parmi celles collectées pour l'étude CAA sans se préoccuper de l'historique des applications phytosanitaires des parcelles d'où provenaient les échantillons.

Une majorité des prélèvements a été effectuée sur la période 15 juin – 15 septembre, quelques uns furent plus tardifs (jusqu'à mi-octobre).

Par parcelle, l'échantillon est constitué d'une trentaine de feuilles prélevées sur 30 cepS différents qui portent des taches de mildiou récentes. L'échantillon est adressé dans les meilleurs délais au laboratoire du SRPV Rhône-Alpes. Il est accompagné par une fiche de renseignements sur laquelle figure notamment le programme "anti-mildiou" déjà appliqué sur l'année en cours. Le nombre d'applications pour chacune des familles chimiques travaillées sur les 5 campagnes précédentes est également demandé, mais ces informations sont rarement renseignées au moment de l'envoi et il fut parfois difficile de se les procurer même après la campagne.

METHODES D'ANALYSE ET PRESENTATION DES RESULTATS

Les analyses, par tests biologiques sur disques foliaires, ne sont jamais réalisées directement sur l'échantillon. Elles sont effectuées après deux étapes :

- lavage des feuilles, découpe des taches, mise en chambre humide et nouvelle sporulation des taches sous 24 heures,
- repiquage de l'inoculum obtenu sur feuilles saines avec nouvelle sporulation au bout de 8 jours.

C'est sur cette nouvelle sporulation que sont réalisés les tests. Si la quantité de spores est insuffisante, un nouveau repiquage est réalisé pour multiplier le champignon.

CAA : les tests sont réalisés sur iprovalicarbe et diméthomorphe avec une gamme de concentrations et une méthode adaptée pour chacun des produits.

Pour l'iprovalicarbe, la gamme utilisée de 2005 à 2007 est la suivante : 0 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 mg/L ; en 2008, la gamme est réduite aux doses 0 - 3 - 10 et 100 mg/L. Les solutions fongicides sont appliquées sur les disques foliaires par dépôt de gouttes de 15 µL en mélange volume à volume : 1 volume de fongicide + 1 volume de suspension de spores. Ces disques foliaires sont maintenus en survie en boîtes de Petri gélosées.

Pour le diméthomorphe, la gamme utilisée de 2005 à 2007 est la suivante : 0 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 mg/L ; en 2008, la gamme est réduite aux doses 0 - 10 - 30 et 100 mg/L. Les disques foliaires sont traités par pulvérisation à la Tour de Potter-Burgerjon puis déposés

en boîte de Petri sur papier filtre imbibé de solution fongicide. 24 heures après, les disques sont inoculés avec la suspension de spores par dépôt de gouttes de 15 µL.

Benzamides : La gamme de concentrations en zoxamide utilisée de 2005 à 2007 est la suivante : 0 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 mg/L ; en 2008, la gamme est réduite aux doses 0 - 0,01 - 1 - 10 - 100 mg/L. Les solutions fongicides sont appliquées sur les disques foliaires par dépôt de gouttes de 15 µl, en mélange volume à volume. Ces disques foliaires sont maintenus en survie en boîtes de Petri gélosées.

Qol : une dose discriminante de 10 mg/L est appliquée sur les disques foliaires par pulvérisation à la Tour de Potter-Burgerjon. Ces disques sont ensuite déposés en boîtes de Petri gélosées. Simultanément, un témoin (dose 0) est réalisé par pulvérisation d'eau, dans les mêmes conditions. 24 heures après, les disques sont inoculés avec la suspension de spores par dépôt de gouttes de 15 µL.

Nombre de répétitions : pour toutes ces substances actives, chaque boîte de Petri contient 10 disques de feuille de vigne, avec, sur chaque disque, dépôt de 3 gouttes de suspension de spores (à environ 100 000 spores/mL). Chacune de ces gouttes est notée selon une échelle de notation, soit 30 notes par dose.

Notation : les boîtes inoculées sont placées en enceinte climatique à l'obscurité à 22°C pendant 72 heures. Les gouttes sont alors aspirées et les boîtes remises à l'étuve à 22°C avec une photopériode de 16 heures de jour et 8 heures de nuit pendant 4 jours. Une notation visuelle, à l'œil nu, de la sporulation est faite 7 jours après l'inoculation, selon une abaque de 0 (sporulation nulle) à 4 (sporulation intense). Une moyenne des 30 notes est calculée et transformée en pourcentage de sporulation par rapport au témoin. Le témoin doit avoir une note minimale de 2 pour valider le test.

Pour CAA et benzamides, testés avec une gamme de doses, ces notes permettent d'évaluer, par extrapolation, la CI50 (concentration qui inhibe 50% de la sporulation par rapport au témoin) et la CMI (concentration minimale d'inhibition ou concentration qui inhibe 100 % de la sporulation).

Chaque échantillon analysé est alors classé selon 3 catégories : *Résistant* (CI50 estimée supérieure à celle des sensibles), *dérive de sensibilité* (CI50 située dans la gamme des sensibles et CMI supérieure à celles des sensibles), et *Sensible* (CI50 et CMI correspondant à celles des sensibles).

Pour les Qol, analysés avec une seule dose discriminante, la comparaison des notes entre boîtes traitées et boîtes témoins permet d'évaluer approximativement la proportion de souches résistantes dans la population étudiée.

Phénylamides :

La matière active testée est le méfénoxam aux doses suivantes : 0 - 2,5 - 5 - et 50 mg/L. Les disques foliaires sont placés en boîtes de Petri, en contact avec du papier filtre imbibé de solution fongicide. Chaque disque foliaire est ensuite inoculé avec 3 gouttes de suspension de spores : 1 goutte avec la suspension de concentration C de départ, 1 goutte de concentration C/10 et 1 goutte de concentration C/100. Les boîtes ainsi inoculées sont placées en enceinte climatique dans les mêmes conditions que pour les autres substances actives.

Une notation visuelle, à l'œil nu, de la sporulation est faite 7 jours après l'inoculation, selon l'abaque précitée. Pour chaque échantillon analysé et pour chaque dose de méfénoxam, les notes obtenues sont cumulées pour chaque concentration en spores (C, C/10, C/100). La détermination de la fréquence des souches résistantes dans la population testée est faite à l'aide d'une abaque graphique (LEROUX, CLERJEAU, 1985).

RESULTATS ET COMMENTAIRES :

FAMILLE DES CAA

Le tableau I présente le nombre et la répartition des échantillons analysés. Pour une analyse "régionalisée", certains vignobles proches et révélant des résultats similaires ont été regroupés afin de disposer pour chacun des secteurs viticoles ainsi constitués d'un effectif de données suffisamment important.

Tableau I : Nombre et répartition des échantillons analysés
Analysed samples number and distribution

	France	Midi-Pyrénées	Façade atlantique	Sud-Est France	Beaujolais Savoie	Champagne Bourgogne	Auvergne Centre	Jura Alsace
2005	65	4	17	6	5	16	9	8
2006	99	8	21	9	8	33	11	9
2007	137	11	47	22	20	24	5	8
2008	127	17	39	15	26	26	4	0

Façade atlantique : vignobles d'Aquitaine + Charentes + Pays de Loire
Sud-Est France : vignobles de Provence, Languedoc + Drôme et Ardèche

Les résultats sont présentés graphiquement ; pour chaque année, ces résultats sont exprimés en pourcentage de parcelles appartenant à chacune des trois classes de sensibilité du mildiou aux CAA définies plus haut (résistants, dérive de sensibilité et sensibles). Le premier graphique décrit la situation globale du vignoble français, les graphiques suivants celles des zones viticoles telles qu'elles ont été définies dans le tableau I.

- France

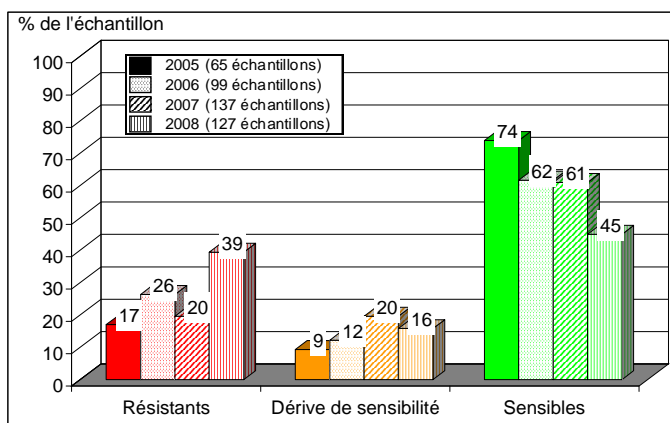
Globalement au niveau national, une certaine stabilité de la résistance aux CAA est constatée sur la période 2005-2007. En 2007, les populations sensibles sont identifiées dans un peu plus de 60 % des situations; les populations résistantes ou avec dérive de sensibilité se situent chacune aux alentours de 20 %. 2008 révèle une évolution assez marquée de la répartition des populations. Pour la première fois, la fréquence des populations sensibles passe sous la barre des 50 %. Cette baisse ne se traduit pas par une augmentation équivalente des deux autres classes, mais par une forte progression (+ 50 %) de la fréquence des sites résistants alors que la classe intermédiaire reste stable.

Cette dégradation de la situation de la résistance du mildiou aux CAA est sans doute à mettre en relation avec la forte pression du mildiou en 2008 (et 2007) qui s'est accompagné d'une utilisation plus importante des fongicides de cette famille souvent dans des conditions difficiles (présence du pathogène lors des traitements).

Cette approche globale masque des évolutions régionales particulières qui vont être décrites ci-après.

Figures 1 à 7 : Evolution de la résistance du mildiou aux CAA de 2005 à 2008
Evolution of downy mildew resistance to CAA between 2005 and 2008

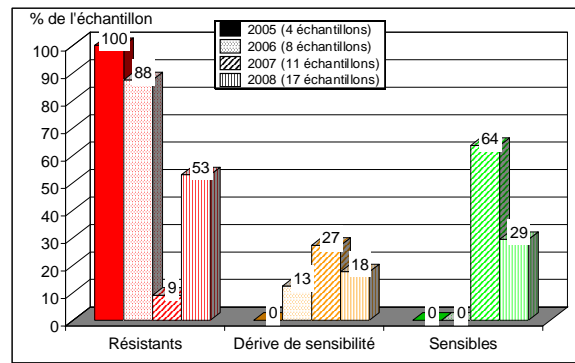
Figure 1 : France



- Midi-Pyrénées

En 2005 et 2006, les populations analysées en provenance quasi-exclusive du Gers (vignoble d'Armagnac) appartiennent presque toutes à la classe "résistants". Ce résultat révèle une forte implantation de la résistance aux CAA en Armagnac. En 2007, les prélèvements ont été orientés vers les autres vignobles de Midi-Pyrénées, aucun ne provenait d'Armagnac. Nous observons que, dans ces zones viticoles, la situation vis-à-vis de la résistance aux CAA est beaucoup moins dégradée qu'en Armagnac et, somme toute, conforme à la description nationale. La raison de cette différence très nette entre le vignoble d'Armagnac et ses voisins n'est pas clairement établie, même si nous soupçonnons qu'elle puisse être liée à des pratiques phytosanitaires et culturales différentes. En 2008, les échantillons résistants demeurent très majoritaires dans le Gers (> à 70 %), leur fréquence avoisine les 50 % dans les autres vignobles du Sud-Ouest soit une valeur un peu plus élevée que celle relevée au niveau national (39 %).

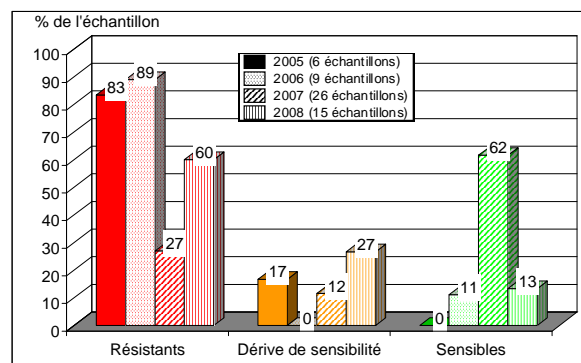
Figure 2 : Midi-Pyrénées



- Vignobles du pourtour méditerranéen (plus Drôme et Ardèche certaines années)

Dans cette zone, nous sommes dans une configuration similaire à celle décrite en Midi-Pyrénées. En 2005 et 2006, les échantillons provenaient uniquement des départements du Vaucluse et du Gard et les tests de résistance montraient une forte prédominance de la résistance. En 2007, si les résultats des tests confirment que la résistance est bien implantée en Vaucluse, ils montrent dans le même temps une meilleure situation vis-à-vis de la résistance dans les départements limitrophes (Bouches du Rhône, Hérault et Ardèche) pour lesquels 13 populations analysées sur 17 (soit 76 %) sont sensibles. En 2008, malgré une origine des échantillons aussi variée géographiquement qu'en 2007, la résistance apparaît fortement présente, bien sûr dans le Vaucluse mais également sur les vignobles de la Drôme et de l'Ardèche (7 cas résistants sur 11 soit 66 %). Ainsi, en 2008, ce secteur viticole avec des prélèvements issus des départements du Vaucluse, du Gard, de l'Ardèche et de la Drôme présente la situation française la plus dégradée vis-à-vis de la résistance aux CAA avec seulement 13 % de sites sensibles et 60 % de résistants.

Figure 3 : Vignobles du pourtour méditerranéen
Mediterranean areas vineyards

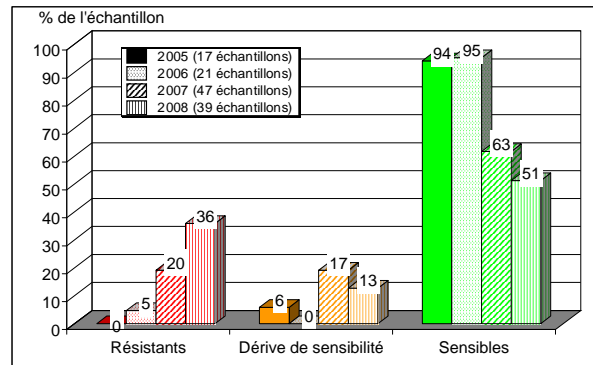


- Vignobles de la façade atlantique

Dans ces vignobles en 2005 et 2006, la résistance aux CAA était très peu présente avec 95 % de sites sensibles. En 2007, la situation s'est détériorée avec une détection de la résistance dans près de 40 % des situations (classes résistantes + dérive). Cette évolution s'est poursuivie en 2008, la fréquence des populations sensibles n'est plus que de 51 % et la diminution de la fréquence des populations sensibles observée entre 2006 et 2008 s'est principalement traduite par l'augmentation de la classe "résistants" ce qui confère un caractère un peu plus inquiétant à cette évolution.

Plus que dans les autres vignobles, la très forte pression exercée par le mildiou en 2007 et 2008 et une utilisation plus fréquente des CAA dans des conditions de mildiou déclaré expliquent très probablement cette progression de la résistance. Précisons qu'en 2008, nous constatons que la résistance est surtout présente en Charentes et dans une moindre mesure en Pays de Loire, par contre en Aquitaine, les populations sensibles dominent encore largement (76 % en fréquence).

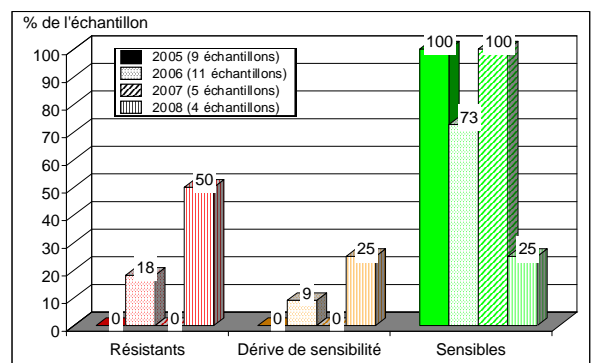
Figure 4 : Vignobles de la façade atlantique
Atlantic areas vineyards



- Auvergne - Centre

De 2005 à 2007, ces vignobles étaient peu concernés par la résistance aux CAA. Le faible nombre d'échantillons en 2008 n'autorise pas à conclure en termes de fréquence ; nous nous bornerons à constater l'existence de populations résistantes dans ces vignobles.

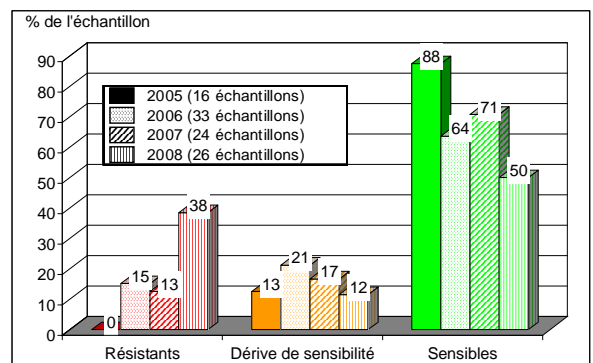
Figure 5 : Auvergne – Centre



- Bourgogne - Champagne

Dans ces vignobles septentrionaux, la situation est conforme à celle décrite au niveau national. En 2008, une progression de la résistance est notée. Les populations sensibles ne représentent plus que la moitié des situations analysées et la diminution de la fréquence des populations sensibles entre 2007 et 2008 s'est totalement répercutée sur les populations résistantes qui approchent les 40 %.

Figure 6 : Bourgogne - Champagne



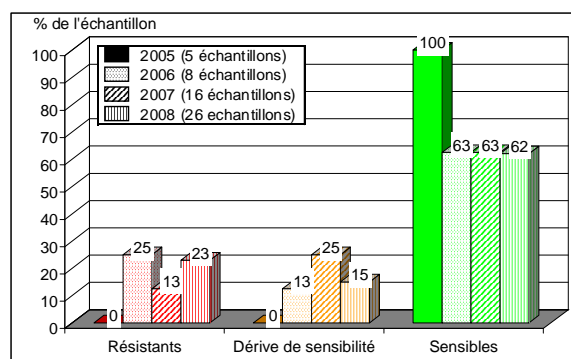
- Jura - Alsace

Les données disponibles concernent principalement le Jura (22 résultats sur le total des 27 figurant dans le tableau I). Le faible nombre d'analyses oblige à une certaine prudence dans l'interprétation des chiffres. Cependant il apparaît que ce vignoble est assez fortement concerné par la résistance aux CAA depuis 2005 et que la situation s'est encore détériorée en 2007. A la fin de cette dernière campagne, 50 % des échantillons analysés étaient résistants.

- Beaujolais (+ quelques échantillons de Savoie)

Ce vignoble se singularise par le fait que sur les trois dernières années, la fréquence des souches sensibles est restée stable autour des 63 %. De petites fluctuations sont observées entre les classes "dérive de sensibilité" et "résistants". En 2008, près d'un quart des sites sont résistants.

Figure 7 : Beaujolais



FAMILLE DES BENZAMIDES

Chaque population analysée est caractérisée par sa CI50 et sa CMI.

L'ensemble des résultats est rapporté dans les figures 8 et 9. Par année, les répartitions par classe de CI50 (figure 8) et de CMI (figure 9) des populations de mildiou vis-à-vis de la zoxamide sont présentées.

Figure 8 : Répartition par classe de CI50
Distribution by EC50 groups

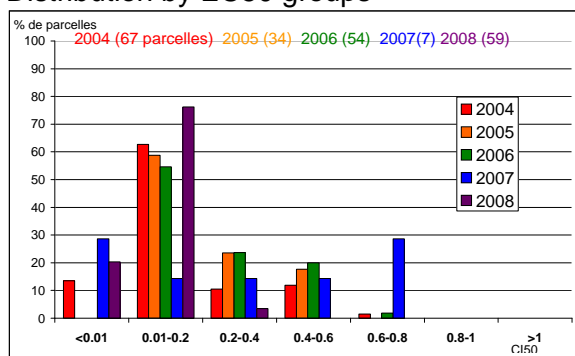
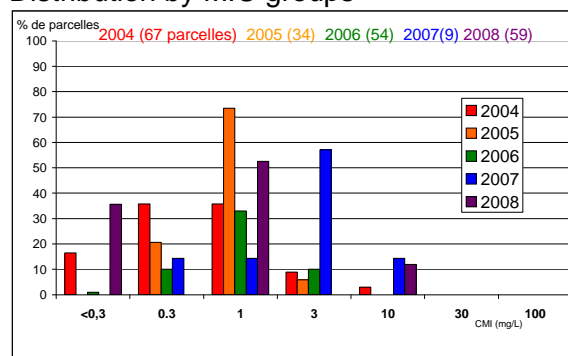


Figure 9 : Répartition par classe de CMI
Distribution by MIC groups



Pour chacune des trois premières années d'étude (2004 à 2006), les résultats annuels ont été jugés homogènes. Ces 155 résultats acquis sur trois ans ont permis de définir les caractéristiques d'une population sensible (ligne de base). Elles sont présentées dans le tableau II.

Tableau II : Caractéristiques d'une population sensible vis-à-vis de la zoxamide
Characteristics of a population sensitive to zoxamide

CI 50	Moyenne CI50	Ecart type CI50	Mini	Maxi
	0,20	0,17	0,01	0,75

CMI	Médiane	Maxi
	1,0	10

A compter de 2007, ces données relatives à une population sensible constituent la référence pour évaluer les résultats des années suivantes.

En 2007, le faible nombre d'analyses exploitables (7) n'autorise pas à porter un jugement national pertinent, nous nous bornerons à noter que les valeurs obtenues rentrent dans les bornes définies pour la ligne de base.

En 2008, nous disposons d'un ensemble de 59 résultats dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau III.

Tableau III : Sensibilité des populations de mildiou vis-à-vis de la zoxamide en 2008
Sensitivity of downy mildew populations to zoxamide in 2008

CI 50	Moyenne CI50	Ecart type CI50	Mini	Maxi
	0,05	0,06	0,01	0,33

CMI	Médiane	Maxi
	1,0	10

Les résultats 2008 sont très homogènes et conformes à la ligne de base.

FAMILLE DES QOI

Les résultats des tests de résistance Qoi sont présentés dans le tableau IV ; ils sont confrontés à ceux obtenus en 2003. Les données exprimées en fréquence de souches résistantes dans les populations ont été réparties dans cinq classes. En 2003 et 2008, nous disposons respectivement de 61 et 84 résultats.

Tableau IV : Résultats des tests de résistance Qoi en 2003 et 2008
Qoi resistance tests results in 2003 and 2008

Classe de fréquence	2003		2008	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
$R \leq 1 \%$	7	11	0	0
$1 < R \leq 10 \%$	3	5	2	2
$10 < R \leq 50 \%$	6	20	8	10
$50 < R \leq 80 \%$	8	13	10	17
$R > 80 \%$	37	61	64	76
Total	61	100	84	100

Les résultats 2008 montrent que la résistance du mildiou aux Qoi est généralisée et que dans la majorité des situations, la fréquence des souches résistantes est élevée (supérieure à 80 % dans plus de 3 cas sur 4). La comparaison avec 2003 révèle une situation 2008 tout aussi voire plus dégradée alors que l'emploi des Qoi sur mildiou s'est fortement réduite.

FAMILLE DES PHENYLAMIDES

Les résultats de 2008 sont comparés à ceux de 1999. Pour les deux années, les échantillons proviennent des différents vignobles français. Le nombre d'échantillons analysés a été de 89 en 1999 et de 97 en 2008.

Les résultats ont été répartis en trois classes selon la fréquence des souches résistantes aux phénylamides contenues dans les populations :

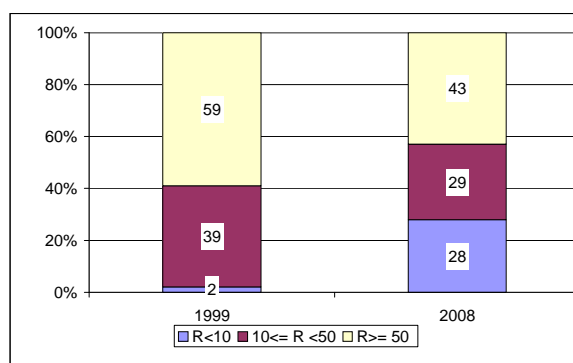
- classe 1 = moins de 10 % de souches résistantes,
- classe 2 = de 10 à moins de 50 % de souches résistantes
- classe 3 = plus de 50 % de souches résistantes.

Les résultats des plans de surveillance de 1999 et 2008 sont présentés dans la figure 10.

En 1999, la résistance aux phénylamides était généralisée et quasiment toutes les populations contenaient plus de 10 % de souches résistantes.

En 2008, la résistance demeure fortement installée dans le vignoble français. Cependant, une légère amélioration de la situation est constatée par rapport à 1999 avec une progression notable (de 2 à 28 %) des cas où la fréquence des souches résistantes est inférieure à 10 %. Sans que nous puissions établir un lien de cause à effet entre les deux phénomènes, cette évolution plutôt favorable se manifeste alors que l'emploi des phénylamides reste relativement faible.

Figure 10 : Distribution de la résistance du mildiou aux phénylamides en 1999 et 2008
Distribution of the downy mildew resistance to phenylamides in 1999 and 2008



CONCLUSION

La surveillance de la résistance du mildiou conduite par la Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux entre 2005 et 2008 a principalement concerné la famille des CAA (diméthomorphe et iprovalicarbe) ; elle a également permis de recueillir des données sur les benzamides (zoxamide), les QoI (azoxystrobine, famoxadone, fénamidone, pyraclostrobine) et les phénylamides (bénalaxyl, bénalaxyl M, méfénoxam).

Pour les CAA, le nombre de résultats disponibles chaque année se situe entre 65 et 137 avec des échantillons provenant de tous les vignobles français.

En 2005 et 2006, une forte présence de la résistance aux CAA est confirmée dans les vignobles d'Armagnac et de Provence. En 2007, des prélèvements réalisés dans les vignobles voisins ont révélé une situation beaucoup moins dégradée vis-à-vis de la résistance, comparable à celle des autres vignobles français. Même si nous n'avons pas pu l'établir clairement, cette forte disparité entre ces zones viticoles relativement proches pourrait s'expliquer par des différences de pratiques phytosanitaires et culturales.

Dans les autres vignobles français, en 2006 et 2007, les populations sensibles étaient dominantes et représentaient, en fréquence, le plus souvent entre 60 et 70 % des échantillons analysés. En 2008, une dégradation assez généralisée de la situation (excepté Beaujolais et Bordelais) a été observée. La fréquence des populations résistantes a progressé au détriment des sensibles alors que les populations intermédiaires (dérive de sensibilité) sont restées stables. Suite à cette évolution, la proportion des populations sensibles frôle les 50 % voire passe sous cette barre. Dans les vignobles de la façade atlantique, une progression de la résistance avait déjà été observée en 2007.

L'utilisation fréquente des fongicides à base de CAA en 2007 et 2008 dans des conditions difficiles (forte pression et mildiou déclaré) peut avoir contribué à cette évolution de la résistance. Cette progression est assez inquiétante alors que trois nouvelles substances actives appartenant aux CAA ont été depuis lors autorisées sur le mildiou de la vigne (benthiavali-carbe, mandipropamid et valiphénal). Elle doit inciter à respecter strictement la limitation annuelle à trois traitements de l'ensemble des spécialités contenant ces substances actives (note nationale 2009). Les résultats obtenus à partir de 2009 permettront de préciser si cette progression est conjoncturelle suite aux fortes pressions exercées par le mildiou en 2007 et 2008 ou s'il s'agit d'une évolution irréversible.

Pour la zoxamide, les résultats obtenus de 2004 à 2006 sont homogènes. Ils ont permis, à partir de 155 données, de définir les caractéristiques d'une population sensible à la zoxamide. Les deux années suivantes, les populations testées ont présenté des structures équivalentes. Ainsi, après six années d'emploi modéré de la zoxamide, aucune dérive de

sensibilité du mildiou vis-à-vis de cette substance n'est constatée. La notification d'autorisation de mise sur le marché intègre une limitation à trois applications par an.

En 2008, l'état des lieux de la résistance dressé *pour les QoI* a confirmé que la résistance du mildiou à cette famille est généralisée et que dans la grande majorité des parcelles testées, la fréquence des souches résistantes est forte (supérieure à 80 %). La comparaison avec 2003 montre une situation tout aussi voire plus dégradée alors que, sur cette période, l'emploi des QoI comme anti-mildiou a fortement diminué. La persistance d'une présence forte et généralisée de la résistance rend sans intérêt l'emploi des substances actives de cette famille dans une lutte dirigée uniquement contre le mildiou (note nationale 2009).

Enfin *pour les phénylamides*, l'étude 2008 montre que la résistance demeure largement et assez intensément implantée dans le vignoble français. Cependant, une légère amélioration de la situation est constatée par rapport à 1999. Ainsi en 2008, 28 % des populations de mildiou analysées contenaient moins de 10 % de souches résistantes alors que de telles populations étaient quasiment absentes en 1999. Dans ce contexte, l'emploi des spécialités à base de phénylamides doit rester limité (1 à 2 traitements par an) et préventif (note nationale 2009).

REMERCIEMENTS

Nous remercions les collègues des SRPV, des FREDON et des organismes professionnels qui ont participé à ces plans de surveillance en réalisant les prélèvements d'échantillons.

BIBLIOGRAPHIE

LEROUX P., CLERJEAU M., 1985 - Resistance of *Botrytis cinerea* Pers and *Plasmopara viticola* (Berk & Curt) Berl and de Toni to fungicides in French vineyards – Crop Protection , 4 (2), 137-160.

Groupe national résistance aux fongicides de la vigne (DGAL-SDQPV, INRA, IFV, APCA, CIVC), 2009 – Note nationale résistance du mildiou de la vigne.