

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**LA RESISTANCE DE *PLASMOPARA VITICOLA* AUX FONGICIDES
Résultats des plans de surveillance de la DGAL- SDQPV de 2012 à 2014
A. MICOUD¹, F. REMUSON¹, M. LE GUELLEC¹, J. GROSMAN²**

¹ *Anses- Laboratoire de Lyon – Unité Résistance aux Produits Phytosanitaires- France*

² *Sous Direction de la Qualité, de la Santé et de la Protection des Végétaux - France*

RÉSUMÉ

Le suivi des résistances du mildiou de la vigne vis-à-vis des familles de fongicides de type CAA (Carboxyl Acid Amine), Qil (Quinone inside Inhibitors) et Qol-D (Quinone outside Inhibitors, en position distale) a été réalisé annuellement dans le cadre du plan de surveillance de la DGAL, entre 2012 et 2014. Au total, 109 prélèvements issus de différents vignobles ont été analysés par tests biologiques vis-à-vis des CAA et 187 vis-à-vis des Qil et des Qol-D.

Pour la famille des CAA, les résultats montrent une forte évolution de la situation au cours des dernières années, avec généralisation des souches résistantes à l'ensemble des vignobles français.

Concernant les Qil et les Qol-D, les données recueillies montrent, dans un certain nombre de populations, l'existence de souches résistantes vis-à-vis de chacune de ces deux familles. Dans les deux cas, la résistance semble être liée à un mécanisme de respiration alternative, non lié à la cible. La surveillance de ces populations sera maintenue et les mécanismes en jeu étudiés.

Mots-clés : mildiou de la vigne, résistance, CAA, Qil, Qol-D, test *in-vitro*.

ABSTRACT

GRAPEVINE DOWNY MILDEW RESISTANCE TO FUNGICIDES – RESULTS OF THE MONITORING DIRECTED BY THE FRENCH PLANT PROTECTION ORGANIZATION BETWEEN 2012 AND 2014

The resistance to CAA (Carboxyl Acid Amine), Qil (Quinone inside Inhibitors) and Qol-D (Quinone outside Inhibitors, distal position) has been monitored each year, under the direction of the Ministry of Agriculture (DGAL-SDQSPV), between 2012 and 2014. 109 samples from different vineyards were analysed using bioassays for the resistance to CAAs and 187 for the resistance to Qils and Qol-D. For the CAA fungicides, the last years have seen an increase and a spread of resistant strains across the whole French vineyard. For the Qil and Qol-D fungicides, strains exhibiting resistance to both modes of action were found in some populations. It seems that, for both fungicides families, a non target mechanism is involved, with an enhanced activity of the alternative respiration. Monitoring of the pesticides resistance of downy mildew populations will be maintained and study on the mechanism of resistance will be undertaken.

Keywords: Grapevine downy mildew, resistance, CAA, Qil, Qol-D, *in vitro*-test.

INTRODUCTION

Cette communication rapporte les résultats des plans de surveillance relatifs au mildiou de la vigne acquis sur la période 2012-2014. Elle s'inscrit dans la continuité de celle présentée à la 10^{ème} Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes de 2012 qui présentait les résultats de la surveillance de la résistance du mildiou de la vigne aux fongicides sur la période 2009-2011 (Magnien *et al*, 2012). Le plan national de surveillance des phénomènes de résistance, organisé annuellement par le Ministère en charge de l'Agriculture (Sous-Direction de la Qualité, de la Santé et de la Protection des Végétaux de la Direction Générale de l'Alimentation) est mis en œuvre dans le cadre des suivis des effets non intentionnels des produits phytosanitaires (Plan Ecophyto, axe 5) et dont les résultats seront prochainement intégrés au dispositif de phytopharmacovigilance prévu par la Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (Loi 2014-1170 du 13 octobre 2014). Il a pour objet de recueillir des informations sur d'éventuelles dérives de sensibilité des bio-agresseurs aux produits de protection des plantes. Selon les résultats, des investigations complémentaires renseigneront sur les pertes d'efficacité susceptibles d'être engendrées par le développement de la résistance. L'analyse de toutes ces données peut conduire à prendre des mesures de gestion des phénomènes de résistance allant de recommandations dans les notes techniques diffusées annuellement à des modifications des conditions d'applications des produits phytosanitaires concernés. Les données issues de ces plans de surveillance peuvent ainsi participer aux conclusions des évaluations de la Direction de l'évaluation des produits réglementés de l'Anses. Il est à signaler que, dans le contexte réglementaire actuel (R(CE) 1107/2009), le maintien d'un nombre suffisant de modes d'action peut s'avérer nécessaire. Dans ce cadre, un état des lieux de la résistance pourra alimenter l'évaluation comparative prévue dans le règlement.

Les données présentées concernent trois familles de fongicides « anti-mildiou » : les CAA (Carboxylic Acid Amides), les Qil (Quinone inside Inhibitors) et les Qol-D (Quinone outside Inhibitors-distant de l'hème bl), nommés encore QoSI (pour Quinone outside Stigmatellin Inhibitors). Le choix de ces trois familles pour une surveillance spécifique relève de motifs différents. Pour la famille des CAA (diméthomorphe, iprovalicarbe, benthiavalicarbe, mandipropamid, valifénalate), l'objectif consistait à suivre la progression de la résistance observée depuis de nombreuses années et en passe de généralisation. Pour les familles des Qil et des Qol-D, s'agissant de fongicides mis plus récemment sur le marché, déjà très utilisés et jugés à risque vis-à-vis de la résistance, le suivi avait pour but de surveiller une éventuelle émergence de souches résistantes. Pour ces deux dernières familles, les substances actives contenues dans les produits possédant actuellement une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) pour l'usage mildiou de la vigne sont les suivantes : cyazofamide et amisulbrom pour les Qil, amétoctradine pour les Qol-D. Toutes sont des inhibiteurs respiratoires du complexe mitochondrial III et agissent en perturbant l'interaction entre le coenzyme Q et le cytochrome b. Mais dernièrement, les modalités de fixation de l'amétoctradine sur le cytochrome b ont été élucidées (Fehr, 2015) et, contrairement à ce qui était initialement suspecté, ce site de fixation la différencie des fongicides de type Qil et l'apparente à ceux de type Qol, tout en n'ayant pas exactement le même site de fixation que ces derniers. Les sites de fixation se différencient en effet par leur distance (proche vs distante) de l'hème bl du cytochrome b. L'amétoctradine est désormais classée dans le groupe des Qol-D, pour la distinguer des Qol-P (azoxystrobine, pyraclostrobine, famoxadone) (Leroux et Walker, 2015). Ainsi, une mutation de la cible induisant une résistance à l'un de ces deux groupes n'induit *a priori* pas de résistance croisée positive avec l'autre groupe de Qol.

MATERIEL ET MÉTHODE

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 à 20°C à l'obscurité et obtention d'une nouvelle sporulation des taches sous 24 heures,
- repiquage de l'inoculum obtenu sur feuilles saines, maintenues en survie sur Water-Agar-Kinéline, avec nouvelle sporulation au bout de 8 jours.

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

FONGICIDES : pour les analyses, une substance active est choisie pour représenter chacune des familles de fongicides testées : l'iprovalicarbe pour la famille des CAA, l'amisulbrom pour celle des Qil et l'amétoctadine pour les Qol-D.

Les tests sont réalisés avec une gamme de doses de fongicide appropriée à chaque famille chimique :
CAA (iprovalicarbe) : 0 – 3 – 10 et 100 mg/L.

Qil et Qol-D (amisulbrom et amétoctadine) : 0 - 0,01 – 0,1 – 1 – 10 – 50 - 100 mg/L.

Pour ces deux dernières familles (Qil et Qol-D), des tests complémentaires ont été réalisés avec une gamme de 3 doses (10, 50 et 100 mg/L) en présence de 80 mg/L de Sham (Salicylhydroxamic acid). Cet inhibiteur spécifique d'une oxydase alternative (AOX) permet de vérifier la mise en place, ou non, d'un éventuel mécanisme de respiration alternative chez les souches avec dérive de sensibilité.

MATERIEL VEGETAL SUPPORT : des disques de 10 mm de diamètre sont découpés dans des feuilles de vigne saines et maintenus en survie en boîtes de Petri gélosées.

MODE D'APPLICATION ET INOCULATION : les solutions fongicides / suspension de spores, en mélange volume à volume (1 volume de fongicide + 1 volume de suspension de spores à 200 000 spores/mL) sont appliquées sur les disques foliaires sains par dépôt de gouttes de 15 µL.

NOMBRE DE REPETITIONS : 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), soit 30 gouttes par dose.

NOTATION : les boîtes inoculées sont placées en enceinte climatique à l'obscurité à 20°C pendant 48 heures. Les gouttes sont alors aspirées et les boîtes remises à l'étuve à 20°C avec une photopériode de 16 heures de jour et 8 heures de nuit pendant 4 jours.

Une notation visuelle de la sporulation est faite 7 jours après l'inoculation, selon une échelle allant de 0 (sporulation nulle) à 4 (sporulation intense).

La 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 ces trois familles chimiques testées avec une gamme de doses, ces notes permettent d'évaluer la CI 50 (concentration qui inhibe 50% de la sporulation par rapport au témoin) et la CMI (concentration minimale d'inhibition) qui est la concentration qui inhibe 100 % de la sporulation.

ECHANTILLONNAGE

Pour la famille des CAA, suivie régulièrement depuis 2005, les plans de surveillance réalisés entre 2005 et 2010 ont ciblé l'ensemble des régions viticoles puis, au vu des résultats 2009 et 2010, les prélèvements des années 2011 à 2013 ont été restreints aux seules régions Bourgogne, Champagne et Rhône-Alpes considérées, sur la base des résultats, comme étant suffisamment représentatives de l'ensemble des vignobles. En 2014, devant la progression de la résistance dans ces trois régions, un plan d'échantillonnage plus large a été retenu et a concerné un plus grand nombre de régions (Cf tableau I). Quant au choix des parcelles à prélever, comme la résistance aux CAA pouvait être considérée comme présente sur l'ensemble des vignobles, aucune consigne particulière n'a été donnée vis-à-vis de l'historique des traitements réalisés¹.

Pour les Qil et Qol-D, l'objectif étant de repérer les premières émergences, les prélèvements ont concerné tous les vignobles et ont été orientés vers les parcelles ayant subi une pression de sélection vis-à-vis de ces modes d'action¹, c'est-à-dire ayant reçu des spécialités à base de l'une ou l'autre de ces familles de fongicides.

¹ Un nouveau document technique de la Commission des Essais Biologiques (DT 23) donne, pour la vigne, des recommandations en matière d'échantillonnage et de protocole à appliquer en fonction de l'état de la résistance.

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. Il est accompagné d'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 est parfois difficile de se les procurer même après la campagne.

Tableau I : Liste des prélèvements reçus de 2012 à 2014

Samples 2012 to 2014

ANNEE	REGIONS	Nombre échantillons demandés	Nombre total échantillons reçus	Nombre échantillons analysés CAA	Nombre échantillons analysés Qil / Qoi-D
2012	Alsace	5	4	0	4
	Aquitaine	15	15	0	15
	Bourgogne	15	15	16	15
	Centre	5	2	0	2
	Champagne	15	15	12	15
	Franche-comté	5	5	0	5
	Languedoc-Roussillon	5	2	0	2
	Midi-Pyrénées	10	7	0	7
	Pays de la Loire	10	8	0	8
	Poitou-Charentes	10	9	0	9
	PACA	5	2	0	2
	Rhône-Alpes	10	10	8	10
TOTAL 2012		110	94	36	94
2013	Aquitaine	5	6	0	5
	Bourgogne	20	18	8	10
	Champagne	20	20	11	10
	Franche-comté	5	6	0	5
	Languedoc-Roussillon	0	2	0	2
	Midi-Pyrénées	5	0	0	0
	Pays de la Loire	5	1	0	1
	Poitou-Charentes	5	5	0	5
	PACA	5	1	0	1
	Rhône-Alpes	10	10	4	5
TOTAL 2013		80	69	23	44
2014	Aquitaine	5	6	2	1
	Bourgogne	20	18	10	10
	Centre	0	0	6	6
	Champagne	20	20	10	10
	Franche-comté	5	6	9	9
	Languedoc-Roussillon	0	2	0	0
	Midi-Pyrénées	5	0	4	4
	Pays de la Loire	5	1	5	5
	Poitou-Charentes	5	5	4	4
	PACA	5	1	0	0
	Rhône-Alpes	10	10	0	0
TOTAL 2014		80	69	50	49
TOTAL 2012 - 2014		270	232	109	187

RESULTATS ET DISCUSSION

FAMILLE DES CAA

Entre 2012 et 2014, 109 populations ont été testées vis-à-vis de cette famille de fongicides.

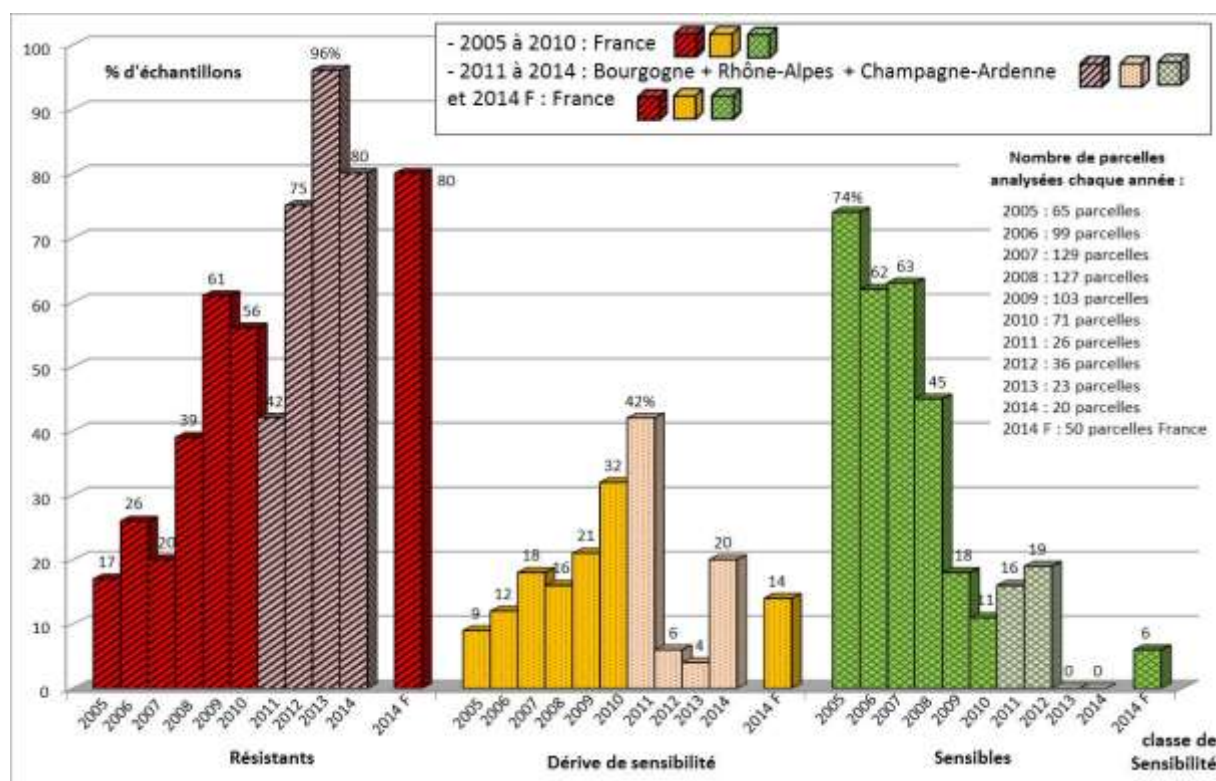
Chaque échantillon analysé est classé selon trois catégories : *Sensible* (CI 50 de < 0,3 à 3 mg/L et CMI ≤ 10 mg/L), *dérive de sensibilité* (CI 50 située dans la gamme des sensibles et CMI > 10 mg/L) et *Résistant* (CI 50 > 3mg/L et CMI > 10 mg/L).

La figure 1 présente la synthèse des données obtenues entre 2012 et 2014. Pour chaque année, ces résultats sont exprimés en pourcentage de parcelles appartenant à chacune des trois classes de sensibilité du mildiou aux CAA définies ci-dessus (résistants, dérive de sensibilité et sensibles). L'année 2014 est représentée par deux histogrammes différents : l'un concerne l'ensemble des vignobles échantillonnés (2014 F), l'autre uniquement les régions Bourgogne, Champagne et Rhône-Alpes, afin de pouvoir comparer ces résultats 2014 avec ceux de 2012 et 2013 qui ne concernaient que ces trois régions.

Outre ces résultats récents, cette figure présente également les données acquises depuis 2005 afin d'avoir une vision globale de la situation sur la période 2005-2014.

Figure 1 : Evolution de la résistance du mildiou aux CAA de 2005 à 2014

CAA resistance progression of downy mildew - 2005 to 2014



Les résultats obtenus montrent que la situation a beaucoup évolué au cours de ces dernières années pour parvenir, en 2014, à 80% de parcelles *résistantes*. Cette proportion est identique, que l'on considère les trois régions Bourgogne, Champagne et Rhône-Alpes (avec 20 parcelles analysées) ou l'ensemble des vignobles (avec 30 parcelles supplémentaires). Pour les parcelles en *dérive de sensibilité*, les chiffres diffèrent légèrement entre l'échantillonnage France entière et les trois régions citées, sans pour autant diverger largement (20% des parcelles dans les trois régions ciblées vs 14% sur l'ensemble des vignobles). Cette légère différence se retrouve dans les pourcentages de parcelles *sensibles* avec 3 parcelles de la région Centre (soit 6%).

Ces données témoignent de la présence de souches résistantes dans la quasi-totalité des situations.

FAMILLE DES Qil

Au cours des années 2012 à 2014, au total 187 échantillons ont été analysés vis-à-vis de la famille des Qil (substance active testée : amisulbrom).

La plupart des populations (82%) présente des valeurs de CMI inférieures ou égales à 1 mg/L (Tableau II et Figure 2 ; années 2012 à 2014). Les autres échantillons révèlent des CMI supérieures, voire largement supérieures : 3 populations soit 2%, avec CMI comprises entre 1 et 10 mg/L et 30 populations soit 16%, avec des CMI entre 10 et 100 mg/L.

Tableau II : Amisulbrom – Répartition des populations en classes de CMI (analyses 2012 à 2014)

Amisulbrom - Distribution of populations according to CMI group (tests 2012 to 2014)

Régions	Total parcelles	Nbre Populations avec CMI > 100 mg/L	Nbre Populations avec CMI]10 - 100] mg/L	Nbre Populations avec CMI]1 - 10] mg/L	Nbre Populations avec CMI ≤ 1 mg/L
Alsace	4	0	0	0	4
Aquitaine	21	0	1	0	20
Bourgogne	35	0	12	0	23
Centre	8	0	0	0	8
Champagne	35	0	8	1	26
Franche-Comté	19	0	5	0	14
Languedoc-Roussillon	4	0	0	0	4
Midi-Pyrénées	11	0	0	0	11
PACA	3	0	0	0	3
Pays de la Loire	14	0	1	0	13
Poitou-Charentes	18	0	1	2	15
Rhône-Alpes	15	0	2	0	13
Total	187	0	30 (16%)	3 (2%)	154 (82%)

Ces résultats confortent ceux obtenus au cours des années 2010 et 2011 pour lesquelles la substance active choisie pour la famille des Qil était la cyazofamide (Tableau III et Figure 2 ; années 2010 – 2011). Les CMI observées pour cette autre substance active sont proches de celles de l'amisulbrom : 90% des populations analysées révèlent une CMI ≤ 1 mg/L (sur 128 populations testées en 2 ans) vs 82% pour l'amisulbrom (187 populations testées sur 3 ans). Au-delà de 1 mg/L, la répartition des populations entre les différentes classes de CMI se différencie légèrement entre les deux substances actives avec, notamment pour la cyazofamide, 6 populations (soit 5%) montrant une CMI > 100 mg/L (classe non pourvue avec les tests amisulbrom).

Quant aux CI 50 des populations sans dérive de sensibilité observée (CMI ≤ 1 mg/L), celles-ci présentent, pour l'amisulbrom, une distribution de type unimodal avec une valeur médiane de 0,027 mg/L et des valeurs minimale et maximale de 0,001 et 0,045 mg/L respectivement (Tableau IV). Pour la cyazofamide, la distribution des CI 50 s'avère totalement identique : type unimodal avec une valeur médiane de 0,01 mg/L et des valeurs minimale et maximale respectivement de 0,001 et 0,05 mg/L.

Tableau III : Cyazofamide - Répartition des populations en classes de CMI (analyses 2010 et 2011)
Cyazofamide - Distribution of populations according to CMI group (tests 2010 to 2011)

Régions	Total parcelles	Nbre Populations avec CMI > 100 mg/L	Nbre Populations avec CMI]10 - 100] mg/L	Nbre Populations avec CMI]1 - 10] mg/L	Nbre Populations avec CMI ≤ 1 mg/L
Alsace	0	0	0	0	0
Aquitaine	23	1	1	0	21
Auvergne	3	0	0	0	3
Bourgogne	19	1	0	2	16
Centre	1	0	0	0	1
Champagne	20	0	1	0	19
Franche-Comté	8	2	1	0	5
Languedoc-Roussillon	0	0	0	0	0
Midi-Pyrénées	15	1	1	0	13
PACA	2	0	0	0	2
Pays de la Loire	6	0	0	1	5
Poitou-Charentes	11	0	0	0	11
Rhône-Alpes	20	1	0	0	19
Total	128	6 (5%)	4 (3%)	3 (2%)	115 (90%)

Tableau IV : CI 50 (en mg/L) des populations sensibles (sans dérive de sensibilité : CMI < 1 mg/L)
CI 50 (mg/L) of sensitive populations (no sensitivity shift : CMI < 1 mg/L)

	Années	Nb populations sensibles / nb analysées	CI 50 médiane	CI 50 [min-max]
Amisulbrom	2012 - 2014	154/187	0,027	[0,001 – 0,045]
Cyazofamide	2010 - 2011	115/128	0,01	[0,001 – 0,05]

Enfin, si l'on considère l'origine géographique des populations à dérive de sensibilité pour les deux substances actives, trois régions se trouvent plus spécialement concernées : Bourgogne, Champagne, Franche-Comté, et dans une moindre mesure, cinq autres : Aquitaine, Midi-Pyrénées, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes. Si pour la Bourgogne et la Champagne, le nombre de populations analysées est beaucoup plus important que pour les autres régions (ce qui pourrait expliquer la proportion importante de populations à dérive de sensibilité observées), il n'en va pas de même pour la Franche-Comté, dont l'échantillonnage est approximativement deux fois plus faible et qui compte néanmoins parmi les régions les plus concernées.

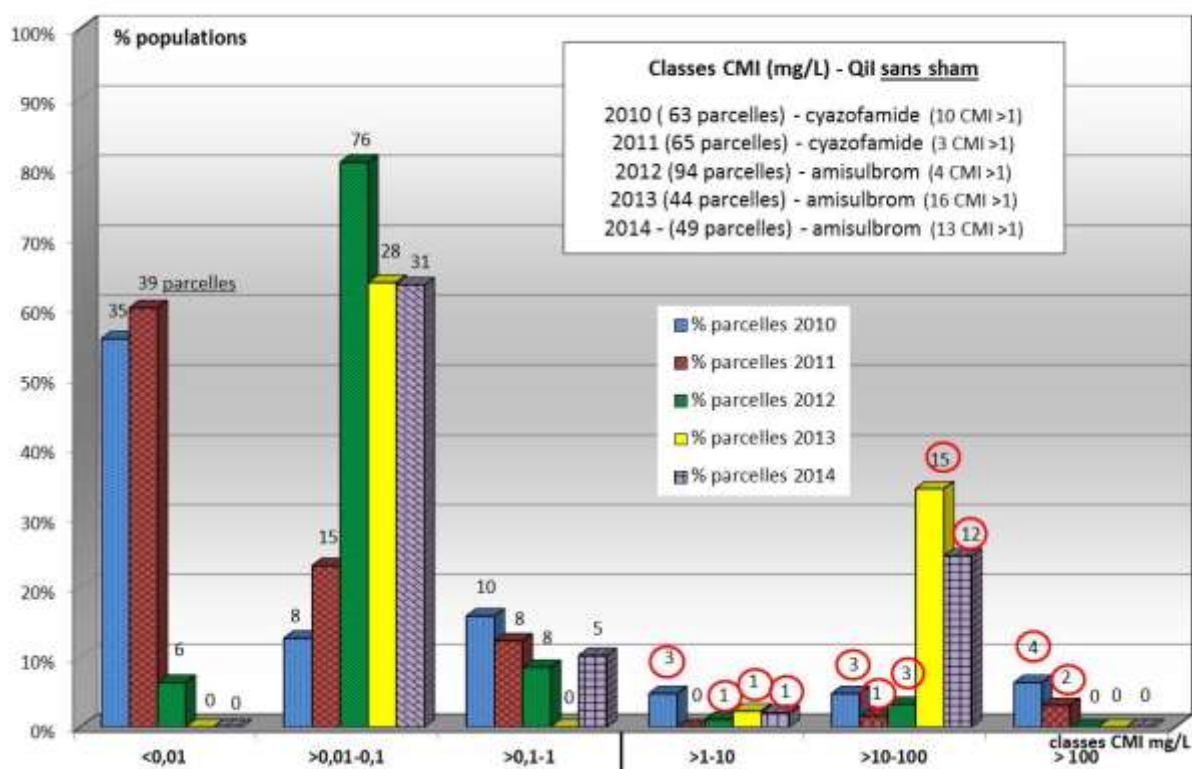
Ainsi, pour les deux substances actives de la famille des Qil utilisées, le constat est identique : il témoigne de l'existence, dans les populations analysées, d'un certain nombre de souches présentant des dérives de sensibilité souvent importantes.

Des tests biologiques complémentaires ont été mis en oeuvre pour tenter de définir le mécanisme de résistance mis en jeu. L'AOX (oxydase alternative)(Wood, 2003) est une enzyme permettant la synthèse d'ATP par la mitochondrie, indépendamment de la chaîne respiratoire. Contrairement à la résistance spécifique déterminée par l'amutation de cible, ce mécanisme induit une résistance croisée entre tous les inhibiteurs du cytochrome b. Chacun des échantillons pour lesquels la présence de souches avec dérive de sensibilité a été détectée a donc été soumis à un nouveau test fongicide en présence de Sham (inhibiteur de l'AOX).

Toutes les populations ayant initialement présenté des dérives de sensibilité et soumises à ce test se sont avérées *sensibles*, ce qui laisse suspecter la mise en place d'un mécanisme de respiration alternative chez les souches ciblées comme résistantes.

Figure 2 : Famille des Qil - Distribution des CMI de 2010 à 2014

Qil – MIC distribution – 2010 to 2014



FAMILLE DES QOI-D

En 2014, les échantillons testés avec les Qil ont aussi été analysés vis-à-vis de la famille des Qoi-D.

Une majorité des populations (67%) présente des valeurs de CMI inférieures ou égales à 1 mg/L (Tableau V et Figure 3). Les autres échantillons révèlent des CMI très supérieures (33 %, soit 16 populations, avec CMI > 100 mg/L).

Comme pour la famille des Qil (mais avec des effectifs d'échantillonnage par région beaucoup plus faibles), les populations avec souches à dérive de sensibilité sont toutes détectées dans les trois mêmes régions : Bourgogne, Champagne, Franche Comté.

En parallèle, les valeurs de CI 50 des populations à CMI <1 mg/L présentent une distribution de type unimodal avec une valeur médiane de 0,031 mg/L et des valeurs minimale et maximale de < 0,01 et 0,035 mg/L respectivement (figure 4). Par contre, parmi les 16 populations à CMI > 100 mg/L, 8 d'entre elles présentent des CI 50 > 100 mg/L et une autre, une CI 50 de l'ordre de 20 mg/L. Les sept dernières présentent des CI 50 analogues à celles des populations sensibles.

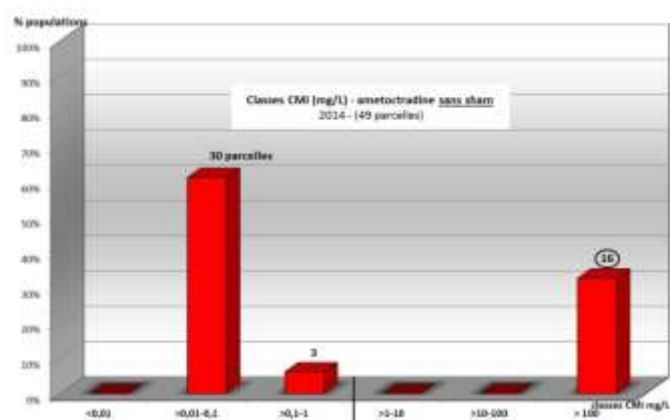
Tableau V : Amétoctradine - Répartition des populations en classes de CMI (analyses 2014)

Amétoctradine - Distribution of populations according to CMI group (tests 2014)

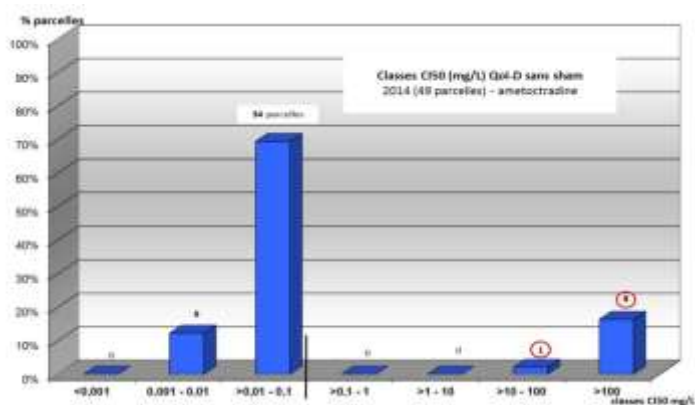
Régions	Total parcelles	Nbre Populations avec CMI > 100 mg/L	Nbre Populations avec CMI]10 - 100] mg/L	Nbre Populations avec CMI]1 - 10] mg/L	Nbre Populations avec CMI ≤ 1 mg/L
Alsace	0	0	0	0	0
Aquitaine	1	0	0	0	1
Auvergne	0	0	0	0	0
Bourgogne	10	5	0	0	5
Centre	6	0	0	0	6
Champagne	10	8	0	0	2
Franche-Comté	9	3	0	0	6
Languedoc-Roussillon	0	0	0	0	0
Midi-Pyrénées	4	0	0	0	4
PACA	0	0	0	0	0
Pays de la Loire	5	0	0	0	5
Poitou-Charentes	4	0	0	0	4
Rhône-Alpes	0	0	0	0	0
Total	49	16 (33%)	0	0	33 (67%)

Figure 3 : Famille des QoI-D - Distribution des CMI – Année 2014

QoI-D – MIC distribution - 2014

**Figure 4 : Famille des QoI-D - Distribution des CI 50 – Année 2014**

QoI-D – CI 50 distribution - 2014



CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus grâce à la surveillance annuelle des résistances chez le mildiou de la vigne permet aujourd'hui de faire les constats suivants pour les familles de fongicides étudiées à ce jour :

Famille des CAA : les résultats obtenus en 2014 sur des échantillons provenant de toute la France montrent que la situation observée en 2012 et 2013 dans les vignobles du Nord Est est généralisée à l'ensemble des vignobles français. A ce stade, du fait de ce constat, il devient urgent de démontrer, par des essais de terrain, si les substances actives de cette famille de fongicides contribuent encore à l'efficacité des préparations auxquelles elles sont intégrées.

Familles des Qil et Qol-D : les données recueillies depuis 2010 pour la famille des Qil, et depuis 2014 pour celle des Qol-D, montrent qu'un certain nombre de populations possèdent des souches résistantes à des fréquences variables, vis-à-vis de ces deux familles. Dans les deux cas, la résistance semble être liée à un mécanisme de respiration alternative, non lié à la cible. Chez d'autres champignons, la résistance de type AOX a généralement peu d'incidence au champ mais ceci n'est pas encore démontré formellement dans le cas du mildiou de la vigne.

Aussi, du fait de la progression de l'utilisation de ces fongicides, la surveillance de ces populations doit être maintenue pour mieux appréhender leur prévalence, suivre leur évolution au vignoble sous pression de sélection et approfondir l'étude des mécanismes mis en jeu.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les correspondants des DRAAF-SRAL et des organisations professionnelles du réseau national de Surveillance Biologique du Territoire (SBT) pour la réalisation des prélèvements.

BIBLIOGRAPHIE

Association française de protection des plantes-Commission des essais biologiques, 2015 – DT 23 : Recommandations pour une surveillance de la résistance aux fongicides en vigne.

Fehr, M., Stammler A. and G., 2015 - Binding of the respiratory chain inhibitor ametoctradin to the mitochondrial bc1 complex. *Pest Management Science*, DOI 10.1002/ps.4031.

Magnien C., Remuson F., Le Guellec M., Micoud A., Grosman J., 2012 – La résistance de *Plasmopara viticola* aux fongicides. Résultats des plans de surveillance de la Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des végétaux de 2009 à 2011. *AFPP – Dixième conférence internationale sur les maladies des plantes. Tours - 3, 4, 5 décembre 2012.*

Leroux P. et Walker A-S, 2015 – Les inhibiteurs respiratoires du complexe III résisteront-ils tous ? *Phytoma*, n°684, 37 - 44.

Wood, P. M. and D. W. Hollomon, 2003 - "A critical evaluation of the role of alternative oxidase in the performance of strobilurin and related fungicides acting at the Q(o) site of Complex III." *Pest Management Science* 59(5), 499-511.

Notes techniques communes : *Maladies de la vigne* (publication annuelle) – disponibles sur www.afpp.net (rubrique Commissions/Maladies des plantes).