

**LA RESISTANCE DE *VENTURIA INAEQUALIS* AUX INHIBITEURS DE LA 14 α -DEMETHYLASE (IDM)
Résultats des plans de surveillance de la DGAL-SDQPV en 2013 et 2014**

F. REMUSON¹, M. LE GUELLEC¹, A. MICOUD¹ et B. BOURGOUIN²

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

² DGAL – Sous Direction de la Qualité, de la Santé et de la Production des Végétaux - France

RÉSUMÉ

Le suivi des résistances de la tavelure du pommier vis-à-vis de la famille des Inhibiteurs de la 14 α -Déméthylase (IDM) a été réalisé en 2013 et 2014 dans le cadre du plan de surveillance DGAL afin de refaire un point sur la résistance à deux des substances actives de cette famille : tébuconazole et difénoconazole. Au total, 31 vergers ont été échantillonnés dans cinq régions arboricoles. Les analyses ont été réalisées par test biologique en croissance mycélienne. La plupart des populations de tavelure analysées présentent des proportions plus ou moins importantes de spores ayant acquis des niveaux de résistance élevés au tébuconazole et au difénoconazole. Leurs profils de résistance diffèrent néanmoins entre les deux substances actives, la fréquence des spores résistantes à très résistantes étant généralement plus faible pour le difénoconazole. En tout état de cause, les données obtenues laissent présumer l'existence d'une résistance en pratique avec insuffisance d'efficacité de ces substances actives dans de nombreux vergers.

Mots-clés : tavelure du pommier, *Venturia inaequalis*, résistance, Inhibiteurs de la 14 α -Déméthylase (IDM), test *in vitro*.

ABSTRACT

APPLE SCAB (*VENTURIA INAEQUALIS*) RESISTANCE TO DEMETHYLASE INHIBITORS (DMI). RESULTS OF THE ANNUAL MONITORING OF DGAL-SDQPV 2013-2014

The resistance to 14 α -DeMethylation Inhibitors (DMI) was monitored in 2013 and 2014 in the French apple scab populations. This study is part of the survey established in France by the Ministry of Agriculture (DGAL). The aim was to update our knowledge on the extent of the resistance of this fungal pathogen in field populations. Two different active substances were tested: tebuconazole and difenoconazole. A total of 31 orchards were sampled in 5 arboreal regions. The analyzes were performed using bioassay. Spores with high levels of resistance to both molecules were found in most of the analysed populations at a significant frequency. Nevertheless, the patterns of resistance to the two active substances differ, and the frequency of resistant-to-highly resistant spores is generally lower for difenoconazole. These results preclude the existence of practical resistance in the field, with a sharp decrease of efficiency of these active substances in many orchards.

Keywords: apple scab, *Venturia inaequalis*, résistance, Demethylase Inhibitors (IDM), *in vitro*-test.

INTRODUCTION

La tavelure du pommier, provoquée par le champignon ascomycète *Venturia inaequalis* Cook, constitue l'une des préoccupations majeures des arboriculteurs. Les stratégies de traitement utilisées pour lutter contre ce parasite impliquent, outre des mesures prophylactiques et agronomiques, l'emploi fréquent d'inhibiteurs de la Biosynthèse des Stérols (I.B.S.) et, plus spécifiquement, d'inhibiteurs de la 14 α -Déméthylase (I.D.M.) du groupe des triazoles. Ces fongicides provoquent l'inhibition d'enzymes impliquées dans la synthèse des stérols, entraînant une perturbation du fonctionnement et de la formation des membranes cellulaires des champignons. Ils possèdent une action curative permettant d'intervenir après une pluie contaminatrice. Ils ont donc été intensément utilisés dès leur mise sur le marché, ce qui a rapidement conduit à la sélection de souches résistantes (Parisi *et al*, 1991 ; Remuson *et al*, 2003). Mais la résistance des souches semblait alors associée à une réduction importante de fitness (la fitness étant définie comme la capacité des souches résistantes à se reproduire et à entrer en compétition avec les autres). La progression des souches résistantes a pu, par conséquent, être contenue en limitant l'usage de ce type de fongicides à 2 ou 3 applications par saison. On observe toutefois aujourd'hui de plus en plus de problèmes d'efficacité de traitements qui pourraient être la conséquence d'un accroissement de la fréquence des souches résistantes au sein des populations de *V. inaequalis*.

Un plan de suivi, piloté par le Ministère en charge de l'agriculture (Direction Générale de l'Alimentation, Sous-direction de la Qualité, de la Santé et de la Protection des Végétaux) a donc été mis en place en 2013 et en 2014 avec pour objectif de refaire le point en matière de résistance de la tavelure vis-à-vis de ce groupe de fongicides.

MATERIEL ET METHODE

1- ECHANTILLONNAGE

Conformément aux demandes du plan de surveillance, des prélèvements de jeunes feuilles (30 à 50 feuilles) avec de jeunes taches sporulantes ont été réalisés, durant les printemps 2013 et 2014.

En 2013, 3 régions différentes (Centre, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur) ont été ciblées et 13 vergers de pommier ont été échantillonnés. Le nombre de prélèvements a ainsi été largement supérieur au plan initial en raison d'une forte demande d'analyses sur ce thème. En 2014, ce nombre a encore été augmenté, le même type de prélèvement ayant été réalisé dans 18 vergers de 5 régions différentes (Tableau I). Les prélèvements se sont effectués selon un mode orienté, dans des parcelles à fort historique IDM, dans lesquelles de fortes suspicions de résistance étaient observées. Dans un certain nombre de parcelles, la suspicion de résistance IDM était même précisée grâce au « modèle tavelure » permettant de valider que l'apparition des taches de tavelure était, au plan épidémiologique, à mettre en relation avec l'utilisation d'une spécialité commerciale à base spécifique d'IDM.

Tableau I : Prélèvements reçus en 2013 et 2014

Samples - Years 2013 - 2014

ANNEE	REGIONS	Nombre échantillons reçus
2013	CENTRE	1
	MIDI PYRENEES	7
	PACA	5
<i>TOTAL 2013</i>		<i>13</i>
2014	CENTRE	3
	MIDI PYRENEES	5
	PAYS DE LOIRE	1
	PACA	6
	RHONE-ALPES	3
<i>TOTAL 2014</i>		<i>18</i>
TOTAL 2013 - 2014		31

2- SOUCHES DE REFERENCE SENSIBLES

Le comportement des différents échantillons provenant de vergers commerciaux a été comparé à celui de plusieurs souches de tavelure constituant des références sensibles aux IDM. Ces souches de référence, collectées en 2013, avaient pour origine : un verger de la Loire pour 9 d'entre elles et un verger de l'Isère pour 8 autres. Ces deux vergers sont des vergers non traités et éloignés (de plusieurs dizaines, voire d'une centaine de kilomètres) de toute zone de traitements fongicides.

3- FONGICIDES

Deux substances actives de la famille des IDM ont été testées (sous forme de produit technique) pour les prélèvements réalisés en 2014 : tébuconazole et difénoconazole. Pour les prélèvements de 2013, seul le tébuconazole a été testé.

4- METHODE D'ANALYSE

Cette étude a été conduite *in vitro*, par des tests en croissance mycélienne à partir de cultures monospores. La première étape consiste à réaliser l'isolement de monospores. Pour chaque échantillon provenant des vergers commerciaux, une suspension de spores a été réalisée (à une concentration moyenne d'environ 10 000 spores/mL), puis placée sur un milieu malt-agar-chloramphénicol sans fongicide. La germination des conidies a été observée 48 h plus tard et les spores ayant germé ont alors été mises en culture individuellement sur un milieu Potato Dextrose Agar (PDA). Pour chaque échantillon, 100 monospores ont ainsi été réalisées, ce qui a permis d'obtenir entre 0 à 40 monospores viables et utilisables pour les tests de croissance mycélienne.

La seconde étape permet de tester l'effet des substances actives. Les différentes souches monospores sont confrontées à une gamme de concentrations des substances actives testées. Pour cela des implants mycéliens (diamètre calibré de 8 mm) de chacune des cultures monospores ont été prélevés à la marge du mycélium en croissance active et déposés au centre de boîtes de Petri sur milieu PDA amendé en fongicide. Les souches de référence ont été incluses dans ce dispositif afin de servir de contrôle.

Les gammes de concentrations étaient différentes pour chaque substance active. La gamme de concentrations retenue pour le tébuconazole a été définie à partir des travaux réalisés à l'INRA d'Angers (Parisi *et al.*, 1994 ; Schnabel et Parisi, 1997). Elle est ici exprimée en mg de substance active par litre de milieu :

0 - 0,003 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 mg/L.

La même gamme de concentrations a été utilisée pour le difénoconazole à laquelle 3 doses plus faibles ont été ajoutées :

0 - 0,0001 - 0,0003 - 0,001 - 0,003 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 mg/L.

Les boîtes de milieu ont été mises en incubation à environ 22°C et à 16 h /8 h de photopériode. Les croissances mycéliennes ont été contrôlées régulièrement ; la notation finale a été réalisée 42 jours après le début du test, par mesure du diamètre moyen de la culture mycélienne. Les valeurs de cette notation ont été exprimées en **pourcentage de croissance par rapport au témoin**.

L'estimation des Concentrations d'Inhibition 50% (CI 50) de chaque culture monospore a été réalisée à partir des courbes représentant le pourcentage de croissance par rapport au témoin, en fonction du logarithme (\log_{10}) des concentrations testées.

Pour compléter cette donnée, la Concentration Minimale d'Inhibition (CMI) a également été déterminée.

RESULTATS

1- SOUCHES SENSIBLES DE REFERENCE

Les données de CI 50 et de CMI des souches de référence vis-à-vis des deux substances actives ont été regroupées dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II : Souches de Référence – CI 50 et CMI pour tébuconazole et difénoconazole (en mg/L)
 EC 50 and MIC (mg a.i./L) values, found in Sensitive reference strains for tebuconazole and difenoconazole

VERGERS	tébuconazole				difénoconazole			
	Nombre souches testées	CI 50 [min-max]	CI 50 moyenne	CMI max	Nombre souches testées	CI 50 [min-max]	CI 50 moyenne	CMI max
LOIRE	7	[0,009-0,062]	0,015	30	9	[0,009-0,062]	0,0016	30
ISERE	6	[0,028-0,079]	0,042	3	8	[0,009-0,062]	0,0025	30
Moyenne CI 50 Souches sensibles			0,037		17		0,0020	

Sur l'ensemble des valeurs obtenues, la valeur moyenne de CI 50 correspond à :

- 0,037 mg/L pour le tébuconazole, avec comme valeurs extrêmes : [0,009 – 0,08]
- 0,002 mg/L pour le difénoconazole, avec comme valeurs extrêmes : [0,0003 – 0,006]

Ces valeurs moyennes comparées à celles obtenues antérieurement (2003) avec des souches de référence sensibles (dont une souche de l'INRA d'Angers référencée INRA 736), donnent les Facteurs de Résistance ($FR = CI\ 50\ souches\ sensibles\ 2013 / CI\ 50\ souches\ sensibles\ 2003$) suivants :

- pour tébuconazole : **FR = 1,12 (0,037/0,033)**
- pour difénoconazole : **FR = 0,28 (0,002/0,007)**

Ces FR étant proches de la valeur de 1 pour le tébuconazole et inférieurs à 1 pour le difénoconazole, il est possible de conclure que les valeurs obtenues en 2013-2014 **ne mettent pas en lumière de dérive de sensibilité par comparaison aux valeurs observées dix ans plus tôt**, sur des souches issues strictement des mêmes vergers (toujours cultivés sans aucune pression de sélection).

2- DONNEES OBTENUES POUR LES VERGERS COMMERCIAUX

Préambule : le détail des données obtenues avec les monospores des différents vergers commerciaux est regroupé en Annexe 1 (substance active : difénoconazole) et Annexe 2 (substance active : tébuconazole).

La synthèse des résultats est présentée au travers des figures 1 à 3. Ces figures ont été construites sur la base des FR calculés pour chaque monospore ($FR = CI\ 50\ monospore\ étudiée / CI\ 50\ moyenne\ souches\ Référence\ sensibles$). Ces graphes représentent, au travers d'un histogramme par verger, la proportion de monospores appartenant à chacune des classes de FR allant du groupe de souches sensibles (Groupe S avec un FR strictement inférieur à 10) au groupe de souche le plus résistant (Groupe R3 avec un FR supérieur ou égal à 100) :

Groupe S (FR < 10) ≤ Groupe R1 (10 < FR < 50) ≤ Groupe R2 (50 < FR < 100) ≤ Groupe R3 (FR > 100)

Ces graphes constituent pour chaque verger le profil de résistance de la population de spores analysées. Il faut néanmoins noter que le nombre de monospores analysées par verger s'avère extrêmement variable selon les sites. Cette variabilité est essentiellement liée à la plus ou moins grande proportion de spores viables (en moyenne, 10 à 20%) composant l'inoculum dans les prélèvements réalisés au verger. Ainsi, dans un grand nombre de cas (14 vergers / 31), le nombre moyen de monospores analysées est de l'ordre de 15 à 20, le nombre optimum de 25 à 30 monospores n'ayant pu être atteint que sur un nombre restreint de vergers. Pour certains vergers, le nombre de monospores analysées est resté faible à très faible (< à 10 monospores isolées). Il est par conséquent très difficile de conclure quant au profil de résistance de leurs populations de spores.

2.1 - Tébuconazole

En région **Midi Pyrénées**, en **2013**, la situation paraissait alarmante dans tous les vergers soumis à l'analyse : de faibles pourcentages de souches sensibles ont seulement été détectés dans deux vergers (vergers n° 13-82-05 et 13-82-07 avec respectivement 5 et 13% de spores à FR <10). Tous les autres vergers présentent de fortes proportions de spores très résistantes (24 à 56% de spores avec des FR ≥ 100) ou résistantes (de 25 à 60% avec des FR compris entre 50 et 100). Ce constat ne peut être tempéré que pour un seul verger (n° 13-82-04) pour lequel une part plus importante des monospores (42%) ont des FR plus faibles (classe $10 \leq \text{FR} < 50$).

Dans cette même région Midi-Pyrénées, les prélèvements réalisés en **2014**, toujours dans le département du Tarn et Garonne mais dans des vergers différents de ceux prélevés en 2013, présentent des résultats tout à fait analogues et tout aussi alarmants vis-à-vis du tébuconazole .

En **PACA**, sur des vergers issus de départements différents, la situation **2013**, bien que préoccupante, semblait un peu moins problématique qu'en Midi Pyrénées, avec un seul verger présentant des monospores très résistantes (sur un faible nombre de monospores testées). Toutefois, là encore, seuls deux vergers avaient encore un faible pourcentage de monospores sensibles (respectivement 16 et 7 % dans les vergers n° 13-04-01 et 13-13-01).

En **2014**, les nouveaux vergers échantillonnés montrent des populations de spores ayant des profils de résistance assez semblables entre eux (tout au moins pour ceux dont le nombre de monospores testées est supérieur à 10) mais leur situation apparaît comme beaucoup plus dégradée qu'en 2013. Tous présentent un pourcentage variable (6 à 16%) de monospores très résistantes (FR ≥ 100) avec souvent 30 à 40 % de spores à FR compris entre 50 et 100 et une petite majorité de spores à FR entre 10 et 50.

En région **Centre**, le seul verger échantillonné en **2013** présentait une situation plus proche des vergers de Midi Pyrénées que de PACA avec absence de spores sensibles et forte fréquence de spores à FR élevé (compris entre 50 et 100), voire très élevé (FR ≥ 100). En **2014**, les trois autres vergers analysés présentent une situation encore plus alarmante avec des populations de spores composées à plus de 50% par des spores à FR très élevés.

Deux autres régions, **Pays de Loire** et **Rhône-Alpes**, ont également participé à ce plan de surveillance en **2014**, à hauteur d'un verger en Pays de Loire et de trois en Rhône-Alpes. Dans ces deux régions, pour les trois vergers ayant pu être analysés avec un nombre de monospores supérieur à 10, les profils de résistance de leurs populations sont très proches : large majorité (> 70%) de monospores à FR très élevés (FR ≥ 100) et aucune spore sensible observée.

2.2 – Difénoconazole

En région **Midi Pyrénées**, trois des vergers soumis à l'analyse en **2014** présentent des populations de spores dont une proportion faible (vergers n° 14-82-01 et 14-82-02) mais parfois plus importante (verger n° 14-82-05) reste sensible au difénoconazole. Sur l'ensemble des cinq vergers concernés, les proportions de monospores avec des FR élevés à très élevés apparaissent comme nettement moins fortes vis-à-vis de cette substance active que vis-à-vis du tébuconazole.

Cette remarque est également valable pour le verger de **Pays de Loire** et les trois vergers de la région **Centre**. Pour cette région, un des vergers (n° 14-37-02) montre cependant une population à profil de résistance très contrasté : 33% des monospores analysées s'avèrent très résistantes au difénoconazole tandis que 20% restent sensibles à cette substance active.

Pour **PACA**, la situation apparaît comme très diverse en fonction du verger concerné. Ainsi, les deux vergers du département des Alpes de Haute-Provence se différencient par la présence beaucoup plus importante de spores sensibles dans la population du verger n°14-04-02 (19% vs 0% pour le verger 14-04-01) mais montrent un pourcentage de spores très résistantes à peu près équivalent.

Il faut également noter que le verger 14-04-01 présente pratiquement le même profil de résistance pour le difénoconazole que pour le tébuconazole (au total, 46% de spores à FR élevé et très élevé) tandis que le verger n° 14-04-02 présente 1/5 de spores sensibles au difénoconazole (contre 4% au tébuconazole) et très nettement moins de résistantes à FR entre 50 et 100 (19% vs 33% pour le

tébuconazole); cependant, il possède approximativement le même pourcentage de spores fortement résistantes aux deux substances actives (11 - 12 %).

Dans le département des Hautes-Alpes, les deux vergers concernés présentent également des situations très différentes : la population du verger n°14-05-02 possède pratiquement 1/3 de spores sensibles (vs 3% pour le verger n°14-05-01) mais aussi des spores très résistantes (12%) non présentes dans le verger n°14-05-01 dont la population paraît essentiellement composée de spores à FR compris entre 10 et 50. Enfin, pour chacun de ces deux vergers, les profils de résistance au tébuconazole et au difénoconazole sont différents, notamment pour le verger n°14-05-01 dont la population de spores paraît nettement plus sensible au difénoconazole.

Quant aux deux vergers des Bouches du Rhône, il est difficile de conclure compte tenu du faible nombre de monospores analysées (4 monospores au total pour ces deux vergers).

Pour la région **Rhône-Alpes**, même si pour les trois vergers (issus de trois départements différents), il y a détection de spores sensibles au difénoconazole (ce qui n'était pas le cas pour tébuconazole), il n'en reste pas moins que, au moins pour les deux vergers avec un nombre de monospores supérieur à 10, le pourcentage de spores très résistantes est élevé (50%).

Figure 1 : Profil de résistance des populations de monospores - tébuconazole – 2013

Resistance pattern of monospores populations – tebuconazole – 2013

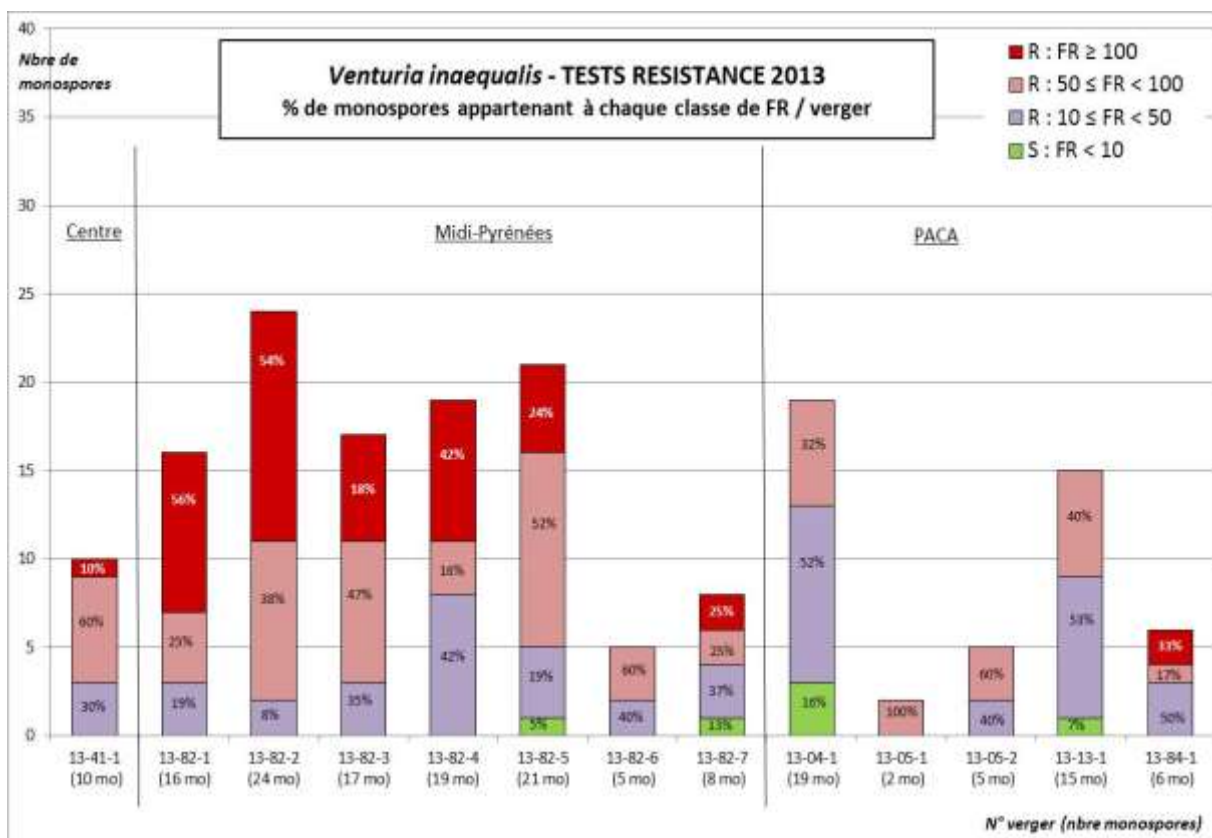


Figure 2 : Profil de résistance des populations de monospores - tébuconazole – 2014

Resistance pattern of monospores populations – tebuconazole – 2014

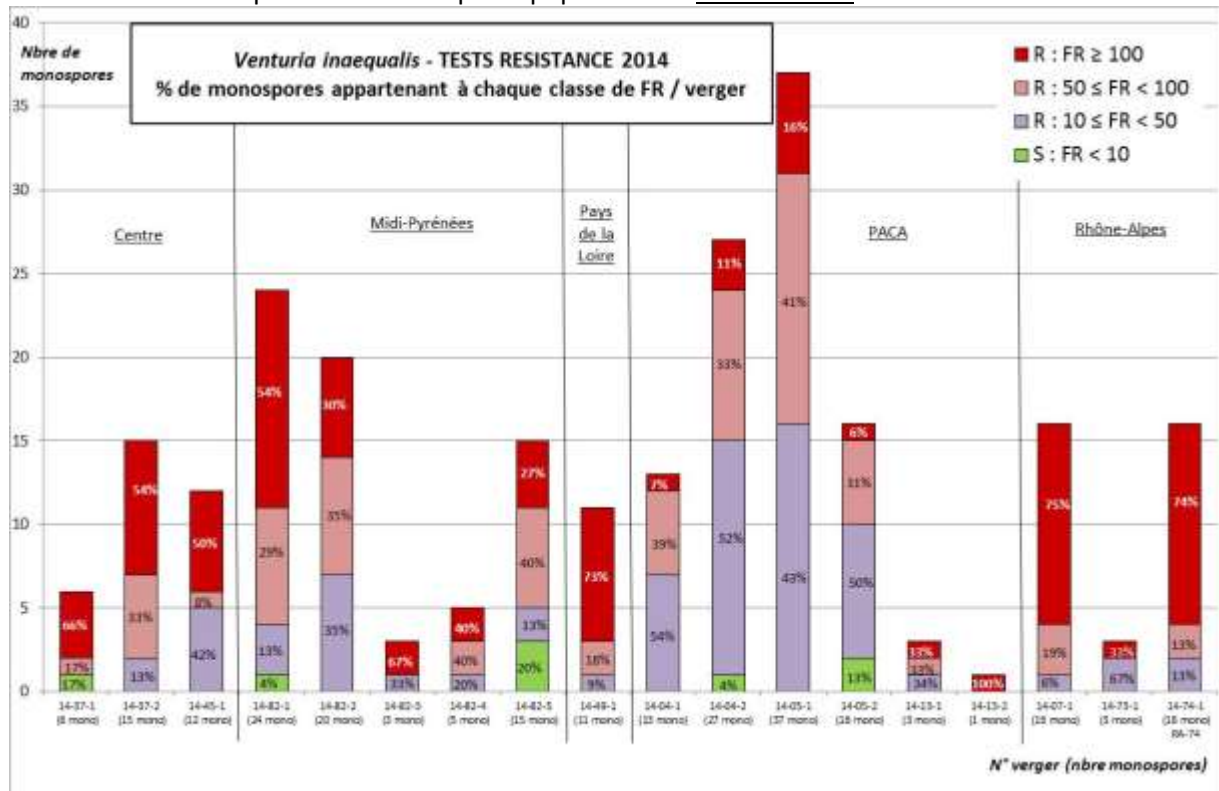
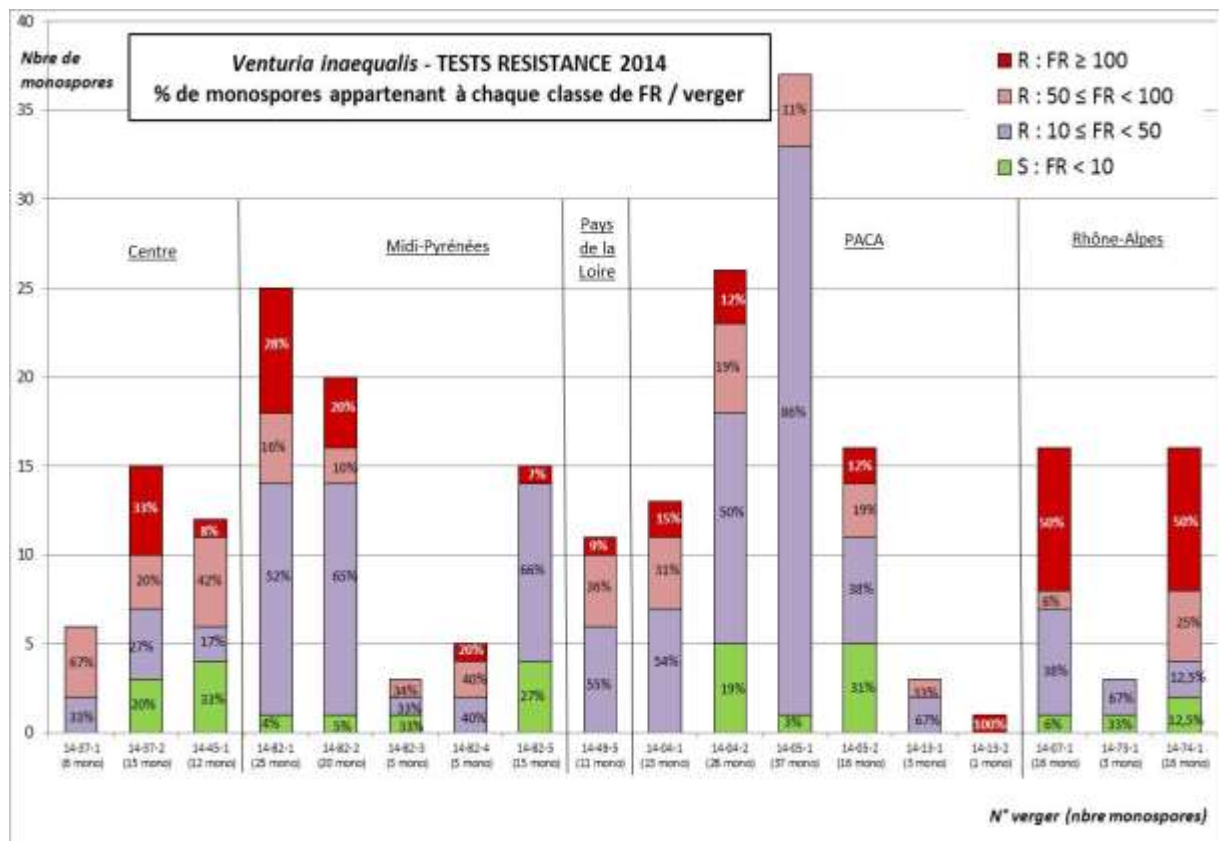


Figure 3 : Profil de résistance des populations de monospores - difénoconazole – 2014

Resistance pattern of monospores populations – difenoconazole – 2014



DISCUSSION

Au travers de ces données, la perte de sensibilité des populations de *Venturia inaequalis* dans les vergers analysés semble importante notamment vis-à-vis du **tébuconazole** et particulièrement dans les régions Centre, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes. En effet, dans ces régions, les populations de spores d'une majorité des vergers étudiés se sont révélées composées d'une proportion importante de spores résistantes à fortement résistantes. Pour les deux autres régions concernées par le plan de surveillance, le seul verger analysé en Pays de Loire montre une situation tout aussi inquiétante tandis qu'en PACA, si les vergers analysés en 2013 semblaient un peu moins concernés par la résistance au tébuconazole, il n'en est pas de même pour ceux de 2014.

Concernant le **difénoconazole**, bien que testé uniquement sur les prélèvements de 2014, la situation paraît un peu moins alarmante, la plupart des vergers présentant encore un pourcentage variable de spores sensibles à cette substance active. La situation reste toutefois alarmante pour certains vergers dans lesquels une forte proportion des monospores (de 30 à 50 %) peuvent être classées comme très résistantes. Ceci est notamment vrai en régions Rhône-Alpes, Centre et Midi-Pyrénées.

Pour les vergers analysés en 2014, il est possible de mettre en parallèle les profils de résistance de chacun de ces vergers vis-à-vis du tébuconazole et du difénoconazole. De cette comparaison, il ressort que, de toute évidence, il existe une résistance croisée entre les deux substances actives mais les niveaux de résistance à chacune de ces substances actives ne s'avèrent pas homogènes. Dans tous les vergers, excepté pour le n°14-04-01, les profils de résistance des populations ne sont pas identiques entre tébuconazole et difénoconazole. Les proportions de spores à haut niveau de résistance ($FR \geq 100$) sont nettement plus élevées vis-à-vis du tébuconazole, de même que celles à FR compris entre 50 et 100. Au final, **les populations** de spores de ces vergers s'avèrent donc **globalement moins résistantes au difénoconazole qu'au tébuconazole**. Ce dernier constat doit être tempéré par la situation observée dans les vergers de Rhône-Alpes pour lesquels les niveaux de résistances aux deux substances actives sont préoccupants.

En tout état de cause, l'ensemble des résultats obtenus suggère qu'il existe plusieurs phénotypes et génotypes de résistances exprimant des niveaux de résistance différents, typique d'une résistance quantitative (comme souvent observée avec les IDM), avec en corrolaire, une érosion progressive de l'efficacité.

CONCLUSION

Les plans de surveillance menés en 2013 et 2014 ont permis de refaire un point sur la résistance à deux des principales substances actives de la famille des IDM utilisées dans la lutte contre la tavelure. Même si les vergers étudiés concernent surtout deux régions (Midi-Pyrénées et PACA, les autres bassins arboricoles étant moins bien représentés), et en intégrant aussi le fait que les prélèvements d'échantillons ont été dirigés sur des parcelles à forte utilisation de cette famille de fongicides (voire sur des parcelles à suspicion de résistance), **les analyses réalisées** en conditions contrôlées au laboratoire **démontrent** que la **situation de beaucoup de ces vergers est inquiétante**. La plupart des populations de tavelure analysées présente, en effet, des proportions plus ou moins grandes de spores ayant acquis **des niveaux de résistance élevés au tébuconazole et au difénoconazole**. Les profils de résistance des populations diffèrent néanmoins quelque peu entre les deux substances actives, la fréquence des spores résistantes à très résistantes étant généralement plus faible pour le difénoconazole. Ces écarts sont peut-être à relier à l'historique des traitements des différents vergers. En tout état de cause, les données obtenues au travers de ces plans de surveillance laisse présumer l'existence d'une résistance en pratique avec insuffisance d'efficacité de ces substances actives dans de nombreux vergers. Ces éléments conclusifs au laboratoire sont largement confortés par le fait que de nombreux échantillons correspondent à des prélèvements au champ issus de contaminations spécifiquement protégées par des fongicides de la famille des IDM (utilisation rétrospective des modèles tavelure). Par ailleurs, sur ces mêmes bassins de production, dans les essais tavelure, le niveau d'efficacité des spécialités à base d'IDM n'est que de 50 % (source : Station Régionale d'Expérimentation Sud Ouest).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le réseau des DRAF-SRAL et des organisations professionnelles de la Surveillance Biologique du Territoire pour la réalisation des prélèvements.

BIBLIOGRAPHIE

- Parisi L., Guillaumes J., Wuster G., 1991 – Résistance de *Venturia inaequalis* aux fongicides inhibiteurs des stérols : détection et caractérisation des souches en 1989 et 1990. *ANPP – Troisième conférence internationale sur les maladies des plante. Bordeaux - 3, 4, 5 décembre 1991*, 853-862
- Parisi L., Guillaumes J., Wuster G., 1994 – Variabilité de la sensibilité au fénarimol de souches de *Venturia inaequalis* provenant de vergers. *Agronomie*, 14 387-394
- Remuson F., Breniaux D., Micoud A., 2003 – La tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*) : comportement aux inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS). *AFPP - Septième conférence internationale sur les maladies des plante. Tours - 3, 4, 5 décembre 2003*
- Schnabel G., Parisi L., 1997 – Sensibility of *Venturia inaequalis* to five DMI fungicides, including the new triazoles fluquinconazole, and to pyrimethanil. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Journal of Plant Diseases and Protection* 104 (1), 36-46.

ANNEXES

Annexe 1 : **Vergers commerciaux 2014 - CI50 et CMI pour difénoconazole** (exprimées en mg/L)
EC50 and MIC (mg a.i./L) values, found in orchards for difenoconazole (2014)

Département	N° VERGER (année-dép ^t - n°ordre)	Nombre de souches testées	CI50		CMI max	Commentaires
			moyenne	[min-max]		
CENTRE						
Indre et Loire	14-37-01	6	0,08	[0,02 – 0,12]	>30	0 souche sensible
	14-37-02	15	0,153	[0,016 – 0,45]	>30	0 souche sensible
Loiret	14-45-01	12	0,13	[0,006 – 0,74]	>30	4 Sensibles*
MIDI-PYRENEES						
Tarn et Garonne	14-82-01	25	0,18	[0,013 – 0,92]	>30	1 Sensible*
	14-82-02	20	0,15	[0,006 – 0,9]	>30	1 Sensible*
	14-82-03	3	0,068	[0,017 – 0,095]	>30	0 souche sensible
	14-82-04	5	0,25	[0,05 – 0,8]	>30	0 souche sensible
	14-82-05	15	0,051	[0,005 – 0,19]	>30	4 Sensibles*
PAYS de LOIRE						
Maine et Loire	14-49-05	11	0,112	[0,021 - 0,39]	>30	0 souche sensible
PACA						
Alpes Haute Provence	14-04-01	13	0,13	[0,02 – 0,47]	>30	0 souche sensible
	14-04-02	26	0,079	[0,005 – 0,31]	>30	5 Sensibles*
Hautes Alpes	14-05-01	37	0,053	[0,018 - 0,13]	>30	0 souche sensible
	14-05-02	16	0,076	[0,008 - 0,23]	>30	3 Sensibles*
Bouches du Rhône	14-13-01	3	0,096	[0,048 – 0,18]	>30	0 souche sensible
	14-13-02	1	0,31	0,31	>30	0 souche sensible
RHONE-ALPES						
Ardèche	14-07-01	16	0,223	[0,009 – 0,68]	>30	1 Sensible*
Savoie	14-73-01	3	0,046	[0,018 – 0,085]	>30	0 souche sensible
Haute-Savoie	14-74-01	16	0,319	[0,002 – 1,13]	>30	2 Sensibles*

*Sensible : FR < 10

Annexe 2: Vergers commerciaux 2013 et 2014 - CI50 et CMI pour tébuconazole (exprimées en mg/L)
EC50 and MIC (mg a.i./L) values, found in orchards for tebuconazole (2013 – 2014)

Département	N° VERGER (année-dép ^t - n°ordre)	Nombre de souches testées	CI50		CMI max	Commentaires
			moyenne	[min-max]		
CENTRE						
Loir et Cher	13-41-01	10	3,1	[1,8 – 5,5]	30	0 souche sensible
Indre et Loire	14-37-01	6	4,7	[0,12 - 10,2]	>30	1 Sensible*
	14-37-02	15	5	[0,98 – 12]	>30	0 souche sensible
Loiret	14-45-01	12	5	[0,65 – 12,1]	>30	0 souche sensible
MIDI-PYRENEES						
Tarn et Garonne	13-82-01	16	5,9	[1,7 - 15]	>30	0 souche sensible
	13-82-02	24	7,3	[0,82 - 15]	>30	0 souche sensible
	13-82-03	17	4,5	[1,8 - 11]	>30	0 souche sensible
	13-82-04	19	5	[0,8 - 16]	>30	0 souche sensible
	13-82-05	21	3,4	[0,15 – 7,5]	>30	1 Sensible*
	13-82-06	5	2,3	[1 – 3,2]	>30	0 souche sensible
	13-82-07	8	2,8	[0,11 - 5]	>30	1 Sensible*
	14-82-01	24	4,8	[0,3 – 18,8]	>30	1 Sensible*
	14-82-02	20	2,9	[0,44 – 9,5]	>30	0 souche sensible
	14-82-03	3	3,9	[1,5 – 5,3]	>30	0 souche sensible
	14-82-04	5	3,6	[1,5 – 5,3]	>30	0 souche sensible
14-82-05	15	2,5	[0,12 – 6,5]	>30	3 Sensibles*	
PACA						
Alpes Haute Provence	13-04-01	19	1,8	[0,03 – 3,8]	100	3 Sensibles*
	14-04-01	13	2,1	[0,61 – 4,4]	30	0 souche sensible
	14-04-02	27	2	[0,15 – 7,8]	>30	2 Sensibles*
Hautes Alpes	13-05-01	2	3,4	[3,3 – 3,5]	30	0 souche sensible
	13-05-02	5	2,6	[0,9 – 4,2]	>30	0 souche sensible
	14-05-01	37	2,3	[0,4 – 7,5]	>30	0 souche sensible
	14-05-02	16	1,8	[0,25 – 4,7]	30	2 Sensibles*
Bouches du Rhône	13-13-01	15	2	[0,18 – 4]	30	1 Sensible*
	14-13-01	3	2,6	[0,5 – 5]	>30	0 souche sensible
	14-13-02	1	4,8	4,8	>30	0 souche sensible
Vaucluse	13-84-01	6	2,8	[0,8 – 4,9]	30	0 souche sensible
PAYS de LOIRE						
Maine et Loire	14-49-05	11	6,4	[1,6 – 12]	>30	0 souche sensible
RHONE-ALPES						
Ardèche	14-07-01	16	7,1	[0,5 – 13,9]	>30	0 souche sensible
Savoie	14-73-01	3	5,9	[1,1 – 15]	>30	0 souche sensible
Haute-Savoie	14-74-01	16	6,7	[0,23 – 18,3]	>30	1 Sensible*

*Sensible : FR < 10