

BILAN : PLAN DE SURVEILLANCE 2010
Oïdium de la vigne (*Erysiphe necator*)
Recherche de résistances de cible aux
Inhibiteurs de la C14 - Stérol Déméthylase (IDMs) et aux Strobilurines

Depuis 2008, l'unité Résistance aux produits phytosanitaires (Rpp) est sollicitée dans le cadre du plan de surveillance national de la DGAL « résistance de l'oïdium de la vigne aux fongicides ». La programmation (répartition et protocoles de prélèvement des échantillons) est mise en œuvre par l'expert vigne et la personne ressource de la DGAL. La collecte des échantillons de feuilles ou de grappes oïdiées, réalisée par les SRAL, les FREDON ou des organismes professionnels, est centralisée par l'unité.

1 Contexte

Le champignon *E. necator*, parasite obligatoire, se développe difficilement en conditions de laboratoire et il est souvent délicat d'obtenir un inoculum suffisant pour réaliser des analyses de résistance. Les tests de sensibilité aux fongicides reposant sur des tests biologiques classiques (germination de spores *in vitro*) restent donc difficiles à mettre en œuvre. L'utilisation de techniques moléculaires pour détecter des résistances de cible est donc plus appropriée pour ce phytopathogène. Les analyses de résistance sont réalisées par PCR quantitative (qPCR) après extraction des ADN. En 2008 et 2009 les analyses de qPCR ont été réalisées à l'INRA de Bordeaux. En 2010, l'unité Résistance aux produits phytosanitaires a réalisé, après une formation par l'INRA de Bordeaux, l'ensemble des analyses à l'Anses-Lyon.

Les analyses ont pour objectif de détecter deux résistances de cible à deux familles de fongicides couramment utilisées dans les programmes de lutte contre les maladies cryptogamiques de la vigne : les inhibiteurs de la 14- α -déméthylase (IDM – Inhibiteurs de la Biosynthèse des Stéroïls de groupe I) et les inhibiteurs du complexe de la respiration cellulaire de la famille des QoIs (inhibiteurs de la face externe du centre d'oxydation du cytochrome b) tels que les strobilurines.

Concernant la résistance aux IDM, apparue depuis une trentaine d'années, elle reste limitée dans la majorité des vignobles grâce à une restriction du nombre de traitements à 3 IDMs par an depuis 1992 et à l'alternance des familles chimiques. Un des mécanismes de résistance majeur à cette famille a été identifié comme étant lié à une mutation ponctuelle du gène de la cible : la 14- α -stérol déméthylase. Une adénosine chez les isolats sensibles est remplacée par une thymine chez les isolats résistants ce qui entraîne, au niveau protéique, la substitution d'une phénylalanine par une tyrosine en position 136 (Y136F) (Délye *et al*, 1997). Les analyses de qPCR mises en œuvre permettent uniquement de détecter ce mécanisme de résistance. Les résultats de 2009, comparés à ceux de 2008, avaient mis en évidence un accroissement des cas de résistance de cible aux IDMs puisque cette résistance avait été détectée dans les 6 régions concernées par le monitoring (Aquitaine, Bourgogne, Champagne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes).

Pour les Strobilurines, molécules plus récentes, des résistances ont été détectées en France dans la région de l'Armagnac en 2008 (informations relayées sur le site du FRAC : Fungicide Resistance Action Committee). Le mode d'action de ces fongicides consiste en l'inhibition de la chaîne respiratoire cellulaire via un blocage du site d'oxydation du cytochrome b. De nombreux agents cryptogamiques (29) ont développé un ou des mécanismes de résistance à cette famille de produits phytosanitaires, susceptibles de compromettre leur efficacité au champ. Le mécanisme le plus fréquent réside dans une mutation ponctuelle du gène mitochondrial du cytochrome b. La substitution d'une guanine par une cytosine, entraîne au niveau protéique le changement d'une glycine en une alanine au niveau de l'acide aminé 143 (G143A). En 2009, cette résistance restait restreinte au département du Gers.

A la recherche des deux mécanismes de résistance de cible présentés ci-dessus s'ajoute une analyse pour le typage des souches d'*Erysiphe necator*. En effet, l'oïdium de la vigne présente la particularité d'être représenté sur le territoire français par deux biotypes (biotype A et B). Le biotype A est observé en France principalement dans les vignobles méditerranéens. Ces deux biotypes seraient distincts du fait de l'occupation de niches différentes dans le temps (les souches A prédomineraient en début d'épidémie) et de leur mode de conservation hivernale différent (en

France, les souches A se conservent sous forme asexuée (Délye *et al.*, 1998 ; Délye *et al.*, 1999 ; Costesi *et al.*, 2005 ; Armani *et al.*, 2006), les souches B se conservent par reproduction sexuée ou asexuée (Péros *et al.*, 2005). De plus, des travaux réalisés en laboratoire ont montré que le biotype A serait plus sensible à certains fongicides (triadiménol, penconazole, tébuconazole, strobilurine et quinoxyfen) (Corio-Costet *et al.* 2000). Enfin, une étude réalisée dans le sud de la France a mis en évidence un lien entre la gravité de l'épidémie et la présence de souches B en début de saison (Montarry *et al.*, 2009).

Le plan de surveillance 2010 avait donc trois objectifs : suivre l'évolution des résistances de cible aux IDMs et aux Qols ainsi que, pour certaines parcelles, un typage des souches d'*Erysiphe necator*.

2 Bilan des échantillons reçus

Neuf régions étaient principalement ciblées par le plan de surveillance 2010 (cf tableau 1). Au total 65 parcelles ont été reçues au laboratoire, avec des échantillons majoritairement sous forme de prélèvements de feuilles oïdiées (56%). Sur un échantillon, trop détérioré à la réception, le matériel fongique n'a pas pu être collecté (Aquitaine).

Pour quatorze de ces parcelles, nous avons reçu à la fois des feuilles et des grappes. Deux parcelles ont été échantillonnées à deux reprises au cours de la saison. Les 6 modalités d'une parcelle d'essai érosion d'efficacité, située en Midi Pyrénées, ont été également prélevées. Ce sont, au total, 86 échantillons qui ont été analysés.

Les prélèvements ont été assez tardifs puisque la majorité d'entre eux (67%) sont arrivés à partir du mois de septembre et jusqu'au mois de novembre.

Tableau 1 : Nombre des prélèvements demandés, reçus et nombre d'échantillons analysés selon les régions

Régions	Nombre de parcelles prévues	Nombre de parcelles reçues	Nombre d'échantillons (grappes et feuilles) analysés
Aquitaine	8	13*	14
Bourgogne	10	11	14
Champagne Ardenne	7	8	16
Franche Comté	0	1	1
Languedoc Roussillon	10	1	2
Midi Pyrénées	15	13**	18*
Pays de Loire	7	4	4
Poitou Charentes	7	6	6
Provence Alpes Côte d'Azur	10	2	2
Rhône Alpes	7	6	9
Totaux	81	65***	86

Légende : * : Pour 1 parcelle de la région Aquitaine, le matériel fongique n'a pas été exploité en raison de son état à l'arrivée au laboratoire ; ** : dont 1 parcelle d'essai. *** : 64 parcelles ont pu être analysées

3 Description succincte de la méthode

Chaque prélèvement reçu est constitué d'une trentaine de feuilles ou d'une dizaine de grappes oïdiées. Pour les prélèvements foliaires de chaque parcelle, un pool de 15 rondelles de feuilles oïdiées, issues de 15 feuilles, est constitué à l'aide d'un emporte-pièce. Pour les grappes, l'échantillonnage se fait par grattage des baies attaquées afin de collecter le mycélium d'*E. necator*. Les extractions d'ADN sont réalisées selon une méthode CTAB (bromure d'hexadécyltriméthylammonium).

Des outils de détection et de quantification de la variabilité des souches d'oïdium ont été développés par l'INRA de Bordeaux (U.M.R. en Santé Végétale) concernant la résistance aux IDMs tandis qu'une méthode concernant la résistance aux Qols a été publiée par Baudoin *et al.* (2007). Ces outils reposent sur des techniques de PCR quantitative. Ils permettent de quantifier la proportion d'une des mutations impliquées dans la résistance aux

IDMs ainsi que celle responsable de la résistance aux Qols, au sein des gènes d'une population. En complément, toujours basé sur ce même principe de quantification, une technique mise au point par l'INRA de Bordeaux permet de déterminer la distribution des deux groupes génétiques A et B d'oïdium dans le vignoble. A noter que, pour la résistance aux IDMs, la méthode employée ne permet pas de détecter l'ensemble des mécanismes de résistance à cette famille de fongicide, du fait de l'existence de mécanismes, autres que la mutation Y136F, non caractérisés susceptibles d'être impliqués dans cette résistance.

4 Résultats 2010

4.1 Bilan par région

Les résultats sont exprimés par région en pourcentages d'allèles d'oïdium de type A, d'allèles de résistance aux IDMs ou d'allèles de résistances aux Qols. Pour chacun de ces trois critères d'analyse et pour chaque région, les parcelles ont été regroupées par classe de pourcentage d'allèles détectés avec la caractéristique recherchée. Pour les parcelles où plusieurs échantillons (feuilles + grappes) ont été prélevés, seul l'échantillon ayant le résultat le plus élevé a été conservé pour être comptabilisé dans ce bilan.

4.1.1 Recherche de souches de biotype A

Le typage des souches d'oïdium, présenté dans le tableau II, a été réalisé pour une partie des parcelles seulement (45/64). En effet, pour certains échantillons (19/64), principalement prélevés en fin de saison, les quantités d'ADN extrait étaient insuffisantes pour effectuer les trois analyses (type A, résistant IDM et Qols). De plus, certaines parcelles analysées n'ont pas permis d'avoir des résultats exploitables (16%) pour cette analyse.

Pour la majorité des parcelles avec un résultat exploitable, aucun oïdium de type A n'a été détecté (78%). Des allèles d'oïdium de type A ont été détectés dans 8 parcelles réparties dans 3 régions : Bourgogne, Champagne Ardenne et Provence Alpes Côte d'Azur. Le biotype A avait déjà été observé en 2009 dans des parcelles de Bourgogne et Champagne Ardenne mais à des niveaux plus faibles (%A < 25% pour 4 parcelles en Bourgogne et 2 en Champagne Ardenne). Cette année, 4 parcelles sur 8 présentent plus de 75% d'allèle de type A et ces parcelles sont situées en Bourgogne (1) et Champagne Ardennes (3). Les trois quarts des échantillons, pour lesquels le biotype A est détecté, ont été collectés au mois de Juillet. Enfin, il faut noter que les deux tiers des échantillons (6) dans lesquels ce type d'oïdium a été détecté sont constitués de grappes.

Tableau II : Répartition des parcelles, par région, en fonction du pourcentage d'allèles d'*Erysiphe necator* appartenant au biotype A

Région	Nombre de parcelles analysées	Nombre de parcelles exploitables	% d'allèles de biotype A					
			Non détecté	Trace*	[2-25[[25-50[[50-75[>75
Aquitaine	3	2	2					
Bourgogne	11	9	6		1	1		1
Champagne Ardenne	8	8	4		1			3
Franche Comté	0	0						
Languedoc Roussillon	1	0						
Midi Pyrénées	7	6	6 (1)					
Pays de Loire	4	4	4					
Poitou Charentes	4	2	2					
Provence Alpes Côte d'Azur	2	1			1			
Rhône Alpes	5	5	5					
Nombre de parcelles toutes régions confondues	45	37	29	0	3	1	0	4

Légende : * Traces : résultat à la limite du seuil de détection de la méthode - présence possible de quelques souches avec la l'allèle recherché.

Note : (1) dont la modalité TNT de l'essai érosion d'efficacité.

4.1.2 Recherche de la résistance de cible aux IDMs (mutation Y136F) :

Comme pour le typage de souches, certaines des parcelles n'ont pas pu être exploitées (16%) pour la recherche de la résistance aux IDMs.

La mutation Y136F a été détectée dans un peu moins d'un tiers des parcelles analysées (Tableau III). Ces parcelles sont réparties dans sept régions sur dix concernées par le monitoring : Aquitaine, Bourgogne, Champagne Ardenne, Languedoc Roussillon, Midi Pyrénées, Pays de Loire et Rhône Alpes. A l'exception des Pays de Loire, non concernés par le monitoring en 2009, la résistance aux IDMs avait déjà été détectée dans les 6 autres régions. Le nombre de parcelles concernées par cette résistance apparaît légèrement moindre que l'année précédente puisque l'allèle de résistance a été détecté dans près de 40% des parcelles collectées. Cependant, si l'on considère uniquement les 16 parcelles résistantes, la proportion de parcelles ayant des fréquences d'allèle muté Y136F supérieures à 75%, est plus importante cette année (63% vs 33%). Enfin, la majorité des échantillons où l'allèle de résistance aux IDMs est présent, est constituée de prélèvements effectués à partir de grappes (70%). A noter que, sur les parcelles (hors essai) où les calendriers de traitements de 2010 sont disponibles (48/53 exploitables), le nombre de traitements IDMs est comparable entre les parcelles où l'allèle de résistance est présent et celles où il est absent (1,9 versus 1,8 traitements).

Tableau III : Répartition des parcelles, par région, en fonction du pourcentage d'allèles mutés Y136F d'Erysiphe necator résistantes aux IDMs

Région	Nombre de parcelles analysées	Nombre de parcelles exploitables	% d'allèles résistants aux IDMs (Y136F)					
			Non détecté	Trace*	[2-25[[25-50[[50-75[>75
Aquitaine	12	11	10				1	
Bourgogne	11	9	7		2			
Champagne Ardenne	8	8	4					4
Franche Comté	1	1	1					
Languedoc Roussillon	1	1						1
Midi Pyrénées	13	10	5 (1)			1		4
Pays de Loire	4	4	3		1			
Poitou Charentes	6	4	4					
Provence Alpes Côte d'Azur	2	1	1					
Rhône Alpes	6	5	3		1			1
Nombre de parcelles toutes régions confondues	64	54	38	0	4	1	1	10

Légende : * Traces : résultat à la limite du seuil de détection de la méthode - présence possible de quelques souches avec l'allèle de résistance recherché.

Note : (1) dont la modalité TNT de l'essai érosion d'efficacité.

4.1.3 Recherche de la résistance de cible aux Qols (mutation G143A)

Comme pour les analyses précédentes, certains échantillons n'ont pas donné de résultats exploitables (16%). La résistance aux Qols, détectée depuis 2008 en France en Midi Pyrénées, avait progressé en 2009 mais était restée cantonnée au département du Gers. En 2010, la situation se détériore puisque la résistance a été détectée dans 12 parcelles réparties dans 8 régions : Aquitaine, Bourgogne, Champagne Ardennes, Franche Comté, Languedoc Roussillon, Midi Pyrénées, Pays de Loire et Rhône Alpes (Tableau IV). Pour cinq de ces régions, au moins 1 parcelle présente une fréquence d'allèles résistants supérieure à 50% (Aquitaine, Bourgogne, Franche Comté, Midi Pyrénées et Rhône Alpes).

Sur les parcelles (hors essai) pour lesquelles les calendriers de traitements 2010 sont disponibles (48/54 exploitables), les parcelles avec des allèles résistants ont reçu 1,5 traitements Qols en moyenne (vs 1,1 pour les parcelles sans souches résistantes).

Une parcelle n'ayant reçu aucune application de Qols depuis 5 ans présente néanmoins près de 50% d'allèles résistants à cette famille chimique. Ce résultat pourrait s'expliquer par la situation géographique de cette parcelle,

située en Midi Pyrénées dans le vignoble du Madiran, donc à proximité du Gers, département initialement concerné par la résistance.

Tableau IV : Répartition des parcelles, par région, en fonction du pourcentage d'allèles mutés G143A d'*Erysiphe necator* résistantes aux QoI

Région	Nombre de parcelles analysées	Nombre de parcelles exploitables	% d'allèles résistants aux QoI (G143A)					
			Non détecté	Trace*	[2-25[[25-50[[50-75[>75
Aquitaine	13	10	9				1	
Bourgogne	11	11	8		2			1
Champagne Ardenne	8	8	7		1			
Franche Comté	1	1						1
Languedoc Roussillon	1	1			1			
Midi Pyrénées	12	7	4			1		2 (1)
Pays de Loire	4	4	3	1				
Poitou Charentes	6	5	5					
Provence Alpes Côte d'Azur	2	1	1					
Rhône Alpes	6	6	5					1
Nombre de parcelles toutes régions confondues	64	54	42	1	4	1	1	5

Légende : * Traces : résultat à la limite du seuil de détection de la méthode - présence possible de quelques souches l'allèle de résistance recherché.

Note : (1) dont la modalité TNT de l'essai érosion d'efficacité.

4.2 Parcelles avec les deux résistances de cible

Dans 10% des parcelles (hors essai) analysées, des allèles de résistances aux IDMs et aux QoI ont été détectés simultanément (Tableau V). Ces parcelles sont réparties dans 5 régions : Bourgogne, Languedoc Roussillon, Midi Pyrénées, Pays de Loire et Rhône Alpes. Trois de ces parcelles (Midi Pyrénées : 10-290 et 10-429 ; Rhône Alpes : 10-200) présentent des situations où l'on peut s'interroger sur l'intérêt de l'alternance de ces familles et où la lutte pourrait s'avérer délicate puisque les fréquences observées pour les deux allèles de résistance sont élevées (> 45%).

Tableau V : Répartition par région des parcelles où les deux résistances de cible sont présentes

Région	Dépt	Référence Laboratoire	Organes prélevés	% d'allèles résistants aux IDM	% d'allèles résistants aux QoI
Bourgogne	71	10-102b	Grappes	15	>75
	21	10-104b	Grappes	11	3
Languedoc Roussillon	30	10-50b	Grappes	100	13
Midi Pyrénées	32	10-290	Grappes	47	>75
	65	10-429	Feuilles	100	48
Pays de Loire	44	10-107	Grappes	7	trace
Rhône Alpes	69	10-200	Grappes	100	>75

4.3 La parcelle d'essai

Un essai « érosion d'efficacité » situé en Midi Pyrénées a fait l'objet d'une série de prélèvements pour toutes les modalités. Les prélèvements ont été réalisés le 20 septembre sur feuilles (tableau VI). Cette parcelle d'essai avait déjà été échantillonnée et analysée en 2009.

Tableau VI : résultats des analyses sur la parcelle d'essai

Réf Expéditeur	Traitement Agri ?	quinoxyfène	métraféronne	IDM (nb IDM de 2006 à 2009)	QoI (nb de QoI de 2006 à 2009)	autres	% d'allèle de type A (résultat 2009)	% allèle R 136 IDM (résultat 2009)	% allèle R 143 QoI (résultat 2009)	Fréquence de la maladie	Intensité de la maladie
MP-32-Oi-témoin		1	0	0 (6)	0 (5)	0	0 (5,77%)	0 (0%)	>75 (Trace)	30	15
MP-32-Oi-modalité1		1	0	0 (6)	3 (8)	3	0 (0%)	0 (Trace)	>75 (>75)	10	3
MP-32-Oi-modalité2		1	0	0 (6)	1 (6)	4	0 (0%)	0 (100%)	>75 (24%)	10	3
MP-32-Oi-modalité3		1	0	3 (9)	0 (5)	3	inexploitable (Trace)	inexploitable (Trace)	inexploitable (100%)	15	5
MP-32-Oi-modalité4		1	0	3 (9)	0 (5)	3	0 (0)	100 (0)	>75 (Trace)	15	5
MP-32-Oi-modalité5		3	1	0 (6)	0 (5)	3	non testé	0 (12,4%)	>75 (16%)	10	3

Traces : résultat à la limite du seuil de détection de la méthode - présence possible de quelques souches les allèles de résistance recherchés.

Inexploitable : pour cette analyse, la qPCR n'a pas permis l'amplification de l'ADN de l'échantillon.

A l'exception de l'échantillon de la modalité 3, tous les prélèvements ont pu être exploités pour les trois types d'analyses.

La résistance de cible aux IDM n'a été détectée que dans une seule modalité (n°4), où 3 applications d'IDMs ont été réalisées cette année. Pour cette modalité, 100% des allèles détectés sont résistants. Contrairement à 2009, cette résistance n'est plus détectée dans les modalités 1, 2 et 5 qui avaient un historique de traitements à base d'IDMs avec 2 traitements par an de 2006 à 2008. Les deux années consécutives sans IDM (2009 et 2010) sur ces modalités sont-elles les seules causes de l'absence d'allèle de résistance, en 2010 ?

Concernant la résistance aux QoI, l'allèle de résistance est détecté, comme en 2009, dans toutes les modalités mais à des fréquences beaucoup plus élevées puisque toutes les modalités analysées présentent plus de 75% d'allèles mutés G143A.

En terme d'efficacité, l'attaque dans le témoin non traité (notée le 17 Août 2011 : fréquence 61% et intensité 12.3%) est trop faible et surtout trop hétérogène pour permettre l'exploitation des résultats mesurés sur le terrain.

5 Conclusion

Les analyses réalisées cette année sur l'oïdium de la vigne complètent et sont dans la continuité des monitorings de 2008 et 2009.

Elles offrent une esquisse de l'état et de l'évolution des résistances de cible aux IDM et QoI dans les régions viticoles prospectées ainsi qu'une typologie des biotypes d'oïdium présents dans les parcelles étudiées.

Ainsi, les résultats de 2010 montrent une relative stabilité des cas de résistance de cible aux IDM (spécifique à la mutation Y136F). En effet, cette résistance, qui paraissait en progression en 2009, a été détectée dans une proportion un peu plus faible de parcelles. Par contre, dans les parcelles qui restent concernées par cette résistance, la fréquence moyenne d'allèles résistants est beaucoup plus élevée (74% de fréquence moyenne en 2010 vs 46% en 2009).

Quant à la résistance de cible aux QoI, non détectée avant 2008 et restreinte au Gers jusqu'en 2009, elle a progressé de façon significative cette année. En effet, la résistance a été détectée dans 8 régions sur les 10 prospectées et à des fréquences très élevées puisque 58% des parcelles concernées par la résistance présentent des populations avec plus de 50% d'allèles mutés G143A. Ces résultats ont justifié, dans la Note Nationale 2011, des

recommandations de limitation du nombre d'applications pour l'ensemble des vignobles français (avec une plus grande restriction à destination des parcelles du Gers).

Enfin, les allèles de résistance aux IDMs et aux QoIs ont été détectés simultanément dans plus de un dixième des parcelles du monitoring. Ces parcelles sont réparties dans 5 régions. Cette observation apparaît comme assez inquiétante puisque la lutte contre l'oïdium pourrait s'avérer plus complexe dans ces vignobles où sont détectées au sein d'une population donnée, soit, conjointement des souches résistantes aux IDM et aux QoIs, et/ou soit des souches qui pourraient cumuler les deux mécanismes de résistance de cible.

6 Partenaires scientifiques et techniques

INRA de Bordeaux (UMR Santé Végétale)

Ce projet est fait en lien avec l'INRA de Bordeaux pour la mise en œuvre de la méthode moléculaire. (Cf : Marie-Cécile Dufour, Séverine Fontaine, Josselin Montarry, Marie-France Corio-Costet Assessment of fungicide resistance and pathogen diversity in *Erysiphe necator* using quantitative real-time PCR assays. *Pest Management Science* 67 ; 60-69).

Expert référent vigne de la DGAL

M. Jacques Grosman – DRAAF-SRAL Rhône Alpes – 165 rue Garibaldi – BP 3202 – 69401 Lyon cedex 03 – France.

Personne Ressource DGAL Maladies Cryptogamiques de la Vigne

M. Claude Magnien – DRAFF-SRAL Bourgogne – 8 rue Jacques Germain - BP177 – 21205 Beaune Cedex - France

Réseau des DRAAF-SRAL et des organisations professionnelles de la Surveillance Biologique du Territoire pour la participation aux prélèvements.

7 Références Bibliographiques

Amrani L., Corio-Costet M-F. (2006) Single nucleotide polymorphism (SNP) in beta-tubulin gene distinguishes two genotypes of *E. necator* : PCR assays from different symptoms in the vineyard, *Plant Pathology* 55, 505-512.

Baudoin, A., Olaya, G., Delmotte, F., Colcol, J. F., & Sierotzki, H. (2008). QoI resistance of *Plasmopara viticola* and *Erysiphe necator* in the mid-Atlantic United States. *Plant Health Progress*, doi:10.1094/PHP-2008-0211-02-RS

Corio-Costet M.-F., Douence L., Richart- Cervera S. ; Délye C., Barreau C., Moroy S. (2000). Fungicide resistance and sensitivity of grappe powdery mildew : involving of biodiversity. 6^{ème} Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes. CD rom, p 763-770.

Cortesi, P., Ottaviani M.-P., & Milgroom M. G. (2004). Spatial and genetic analysis of flag shoot subpopulation of *Erysiphe necator* in Italy. *Phytopathology*, 94, 544–550.

Délye C., Laigret F. and Corio-Costet M.F. (1997). A mutation in the 14 α -demethylase gene of *Uncinula necator* that correlates with resistance to a sterol biosynthesis inhibitor, *Applied and Environmental Microbiology* 63, pp. 2966–2970.

Délye C. & Corio-Costet M.-F. (1998). Origin of primary infections of grape by *Uncinula necator* : RAPD analysis discriminates two biotypes. *Mycological Research* 102, 283-288.

Délye C., Ronchi V., Laigret F. & Corio-Costet M.-F. (1999). Nested allele-specific PCR distinguish genetic groups of *Uncinula necator*. *Applied and Environmental Microbiology* 65, 3950-3954.

Montarry J., Cartolaro P., Delmotte F., Jolivet J. and Willocquet L. (2008). Genetic structure and aggressiveness of *Erysiphe necator* populations during grapevine powdery mildew epidemics. *Applied and Environmental Microbiology* 74: 6327-6332.

Montarry J., Cartolaro P., Richard-Cervera S. and Delmotte F. (2009). Spatio-temporal distribution of *Erysiphe necator* genetic groups and their relationship with disease level in vineyards. *European Journal of Plant Pathology* 123: 61-70.

Péros, J. P., C. Troulet, M. Guerriero, C. Michel-Romiti, and J. L. Notteghem. 2005. Genetic variation and population structure of the grape powdery mildew fungus, *Erysiphe necator*, in southern France. *Eur. J. Plant Pathol.* 113: 407-416.

Note Nationale Gestion de la Résistance Mildiou et Oïdium de la Vigne 2011 : http://draaf.rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/article.php3?id_article=1143