

Epidémiologie de *Botrytis cinerea* et stratégies de lutte

Olivier VIRET, Bernard BLOESCH, Pierre-Henri DUBUIS, Katia GINDRO,
 Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), CP 1012, 1260 Nyon 1
 Renseignements: Olivier Viret, e-mail: olivier.viret@acw.admin.ch, tél. (+41) 22 363 43 82

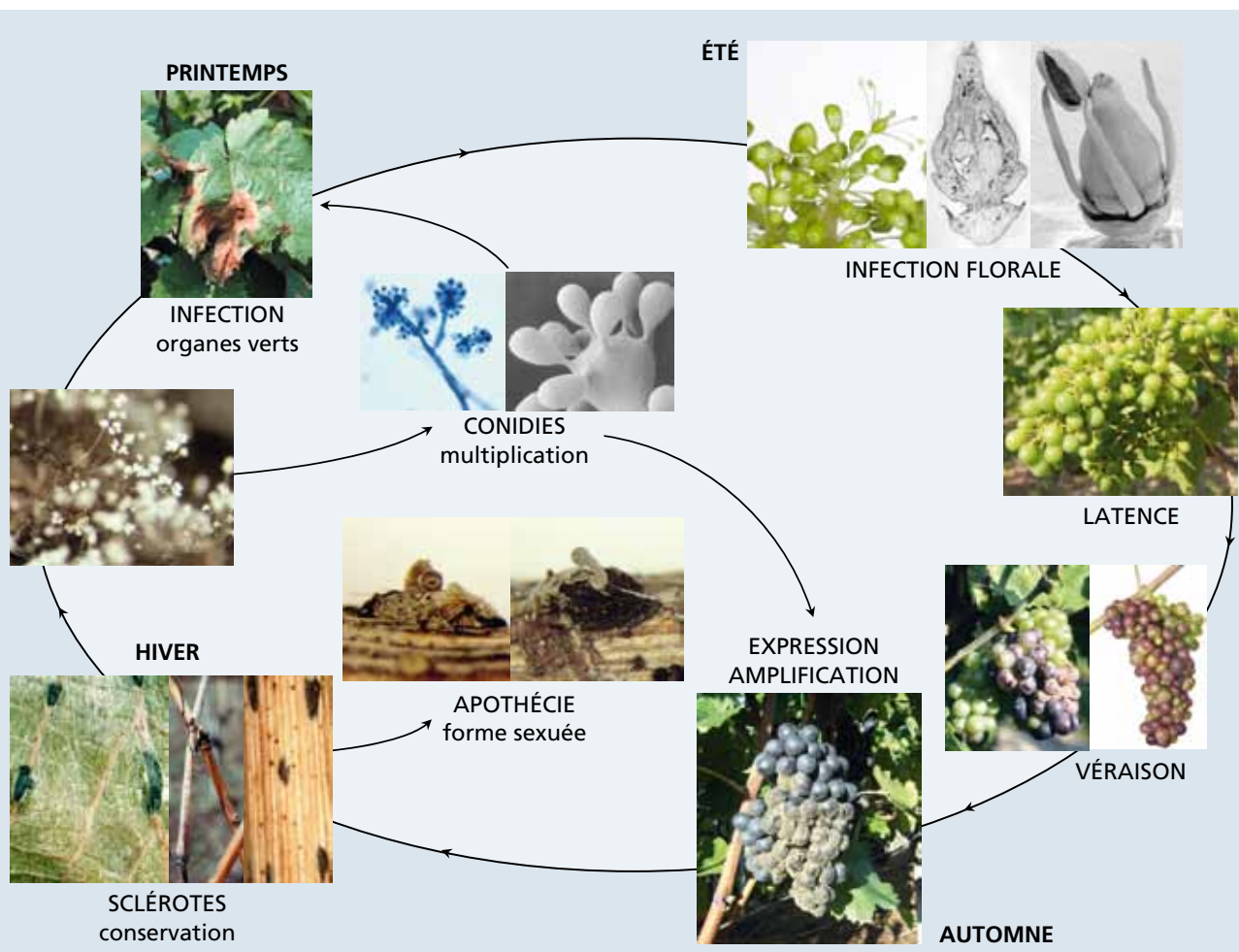


Figure 1 | Cycle de développement de *B. cinerea* en relation avec l'apparition des symptômes sur les différents organes de la vigne au cours des saisons.

Introduction

Botrytis cinerea Pers.: Fr. est un champignon pathogène ubiquiste responsable de pourritures sur un grand nombre de plantes hôtes d'importance économique en agriculture et en horticulture. En viticulture, *B. cinerea* fait partie de la microflore des vignobles. Les infections des grappes débutent généralement à la floraison, suivies d'une période de latence sans symp-

tôme, durant laquelle le pathogène est présent à l'intérieur des baies. La pourriture devient visible à partir de la véraison, pouvant causer d'importants dommages quantitatifs et qualitatifs (McClellan et Hewitt 1973; Pezet et Pont 1986; Nair *et al.* 1995; Keller *et al.* 2003; Viret *et al.* 2004). L'expression de la pourriture durant la maturation des grappes est favorisée par des conditions humides et chaudes qui peuvent être à l'origine d'importantes pertes économiques durant les se-

maines précédant la récolte. *B. cinerea* participe activement à la dégradation des tissus végétaux en phase de sénescence. La maturation des baies de raisin est un phénomène de vieillissement naturel des tissus végétaux (Hale 1968) qui a pour but de libérer les pépins de raisins en vue de la multiplication de l'espèce. Une importante dégradation des parois cellulaires de l'épiderme, accompagnée de modifications structurales et biochimiques, ont lieu dans les baies. A partir de la véraison, la couche de cires épicuticulaires et l'épaisseur de l'épiderme diminuent progressivement (Coménil *et al.* 1997). Il est également connu que, chez les végétaux, la sénescence est accentuée par les précipitations (De Luca d'Oro et Trippi 1987). Les baies de raisin sont recouvertes de lenticelles, minuscules ouvertures naturelles permettant les échanges gazeux, la transpiration et l'absorption d'eau par osmose. Durant la maturation, le volume des baies augmente, ce qui peut, en cas de précipitations, mener à la formation de craquelures; d'abord invisibles, ces dernières évoluent en fissures plus importantes, permettant l'établissement de la pourriture. A partir de la véraison, les baies ne synthétisent plus de phytoalexines, composés induits par la présence du champignon, localisés dans les cellules de l'épiderme et toxiques pour *B. cinerea* (Pezet *et al.* 2003). Le Gamaret, résistant à la pourriture, contient autant de *Botrytis* latent issu des infections florales que le Gamay. Malgré cela, la maladie ne s'exprime pas durant la maturation, en relation avec le degré moyen de polymérisation des pro-anthocyanidines (Pezet *et al.* 2003).

La lutte contre la pourriture grise est particulièrement difficile car le champignon s'adapte très facilement aux matières actives spécifiques et devient résistant. La lutte est généralement recommandée à la fin de la floraison à l'aide d'une matière active à efficacité partielle ou secondaire, avant la fermeture des grappes et à la véraison avec des fongicides spécifiques. Les traitements contre la pourriture grise ne sont pas toujours indispensables ou peuvent être minimisés en fonction des cépages, des clones, de la situation des parcelles, de la gestion du feuillage et des conditions climatiques. En Suisse, la date limite pour l'application des fongicides anti-botrytis est fixée par l'homologation à mi-août, et à fin août pour le cuivre qui n'a qu'une efficacité partielle. Le risque de résidus dans les raisins et le vin doit également être considéré dans l'évolution des stratégies de lutte, comme l'ont montré Edder *et al.* (2009).

Cet article résume l'efficacité obtenue dans les essais mis en place de 1997 à 2008 en fonction des connaissances épidémiologiques du développement

Résumé

La lutte contre la pourriture grise peut être difficile, surtout lorsque les conditions climatiques sont favorables à *Botrytis cinerea* durant la maturation des raisins.

Des essais de lutte conduits durant dix ans dans la pratique avec un mélange de fludioxonil et de cyprodinil ont confirmé que la lutte contre la première phase d'infection à la floraison atteint une efficacité d'environ 30%. L'efficacité moyenne d'une seule application à la fermeture des grappes est de 52%, celle d'une seule application à la véraison de 56%. L'application de deux traitements spécifiques à la fermeture des grappes et à la véraison augmente généralement l'efficacité lorsque la pression de la maladie est élevée, sans que la différence soit significative. En moyenne sur dix ans, un deuxième traitement permet d'améliorer l'efficacité de la lutte de 10 à 15%. De manière générale, l'efficacité de la lutte varie fortement en fonction des conditions climatiques et de la pression de la maladie.

de *B. cinerea*. Pour des raisons d'objectivité, seul les résultats obtenus avec un mélange fludioxonil et cyprodinil sont présentés en comparaison aux témoins non-traités.

Matériel et méthodes

Essais de lutte de Valeyres-sous-Rances (1997–2001)

Les essais ont été réalisés au Domaine du Manoir à Valeyres-sous-Rances (VD) au lieu-dit «en Bru», sur le cépage Gamay greffé sur 3309, conduit en Guyot mi-haute (2,2 x 0,8m, superficie des parcelles élémentaires: 145m², trois répétitions par variantes disposées en blocs randomisés). Les fongicides ont été appliqués selon les mêmes modalités que celles décrites ci-dessous pour l'essai de Changins.

Essais de lutte de Changins (2004–2008)

Les essais ont été conduits à Agroscope ACW sur du Gamay (clone 5-44) greffés sur 3309 et conduits en cordon permanent (parcelles élémentaires: 70m²). Le mélange fludioxonil + cyprodinil (Switch, 0,1%, 1,2kg/ha) a été appliqué à la fin de la floraison (A), avant la fermeture des grappes (B) ou au début de la véraison (C). Les autres matières actives présentées dans le tableau 1

(carbendazime+diéthophencarbe, Sumico; pyriméthanol, Scala; fenhexamide, Teldor; boscalid, Cantus) ont été appliquées uniquement aux stades B et C aux doses homologuées (Delabays *et al.* 2009). Les traitements ont été effectués à l'aide d'un turbodiffuseur (Fischer) monté sur une chenillette, calibré selon la méthode Caliset (Viret et Siegfried 2009). Les traitements B et C ont été concentrés dans la zone des grappes avec un volume de bouillie de 300 l/ha, le traitement A sur tout le feuillage à 250 l/ha. La lutte contre le mildiou et l'oïdium a été réalisée de manière homogène dans toutes les parcelles (folpet, cymoxanil, fosétyl-Al, iprovalicarbe, contre le mildiou et soufre mouillable, difénocnazol et spiroxamine contre l'oïdium).

Contrôles de la pourriture

Les jours précédant les vendanges, la pourriture visible a été contrôlée sur 3 x 50 grappes par variante, en estimant la surface lésée de chaque grappe (0, 1/10, 1/4, 1/2, 3/4, 100 %), ce qui a permis de calculer le % moyen de grappes atteintes et l'intensité moyenne de la pourriture. L'efficacité de la lutte a été calculée pour chaque variante par rapport au pourcentage de grappes infectées et à l'intensité de l'infection dans les témoins non-traités.

Résultats et discussion

Le bilan des essais de lutte contre la pourriture grise, réalisés de 1997 à 2008 sur le cépage Gamay, sensible à *B. cinerea*, met en évidence la difficulté de lutte contre ce pathogène. La pression de la maladie varie considérablement d'une année à l'autre (fig. 2 et 3) en fonction des conditions climatiques durant la période de maturation des raisins. Les années 1999, 2001, 2006 et 2008 ont été particulièrement favorables à *B. cinerea*, avec des taux de pourriture dans les témoins non traités pouvant atteindre 100% des grappes, avec des intensités de près de 60%. En 2006, des conditions chaudes et humides à la veille des vendanges ont pratiquement anéanti la récolte en une semaine (Viret et Gindro 2007). L'efficacité de la lutte est directement corrélée à la pression de la maladie. L'application du mélange fludioxonil + cyprodinil une seule fois à la floraison réduit le nombre de grappes atteintes de 26% en moyenne sur les dix ans, et l'intensité des infections de 33% (tabl. 2). Ce résultat confirme ceux obtenus par Keller *et al.* (2003) qui ont montré que les inflorescences infectées artificiellement à la pleine floraison ont augmenté la pourriture visible aux vendanges d'environ 30%. Ces résultats, ainsi que les travaux d'histologie de

Tableau 1 | Efficacité de la lutte de 1997 à 2008, par rapport aux témoins non-traités, en appliquant une seule fois le mélange fludioxonil + cyprodinil à la fermeture des grappes ou à la véraison, comparé à l'application de deux traitements spécifiques (% de grappes atteintes et intensité)

	Un traitement fludioxonil + cyprodinil fermeture grappes		Un traitement fludioxonil + cyprodinil véraison		Deux traitements spécifiques fermeture et véraison		Différence par rapport à un traitement à la fermeture des grappes		Différence par rapport à un traitement à la véraison		Fermeture grappes	Véraison
	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)		
1997	59,6	73,8	76,5	78,4	83,6	89,6	24,0	15,8	7,1	11,2	Switch	Switch
1998	63,8	63,2	77,8	79,3	87,0	91,8	23,2	28,6	9,2	12,5	Sumico	Teldor
1998	63,8	63,2	77,8	79,3	72,2	60,7	8,4	-2,5	-5,6	-18,6	Sumico	Scala
1999	46,1	55,1	14,3	9,7	56,1	73,5	10,0	18,4	41,8	63,8	Switch	Teldor
2001	11,4	29,0	24,4	48,6	46,4	59,3	35,0	30,3	22,0	10,7	Switch	Teldor
2001	11,4	29,0	24,4	48,6	57,8	73,9	46,4	44,9	33,4	25,3	Scala	Teldor
2004	43,0	56,8	53,4	64,1	38,6	52,5	-4,4	-4,3	-14,8	-11,6	Switch	Cantus
2005	23,2	39,6	12,5	38,5	31,4	40,3	8,2	0,7	18,9	1,8	Sumico	Switch
2006	54,0	80,3	34,2	59,9	48,4	73,7	-5,6	-6,6	14,2	13,8	Teldor	Switch
2007	6,4	38,8	31,3	56,8	32,9	59,5	26,5	20,7	1,6	2,7	Sumico	Scala
2008	22,0	46,1	28,1	60,1	22,2	42,3	0,2	-3,8	-5,9	-17,8	Teldor	Switch
Moyenne	36,8	52,3	41,3	56,6	52,4	65,2	15,6	12,9	11,1	8,5		
Ecart-type	20,1	20,0	21,4	21,5	18,9	15,9	20,5	19,6	20,4	26,8		

Viret *et al.* (2004), confirment le rôle des infections florales, qui mènent à une phase de latence du pathogène jusqu'à la véraison, puis à l'expression de la pourriture durant la maturation des raisins (fig. 1). Les infections florales ne requièrent généralement pas l'application de matières actives spécifiques qu'il est préférable d'engager plus tard dans la saison, pour des questions d'efficacité et pour limiter le nombre d'interventions, en vue d'une bonne gestion des risques de résistance. A la floraison, les fongicides contre le mildiou disposant d'une efficacité secondaire ou partielle contre la pourriture grise sont généralement suffisants.

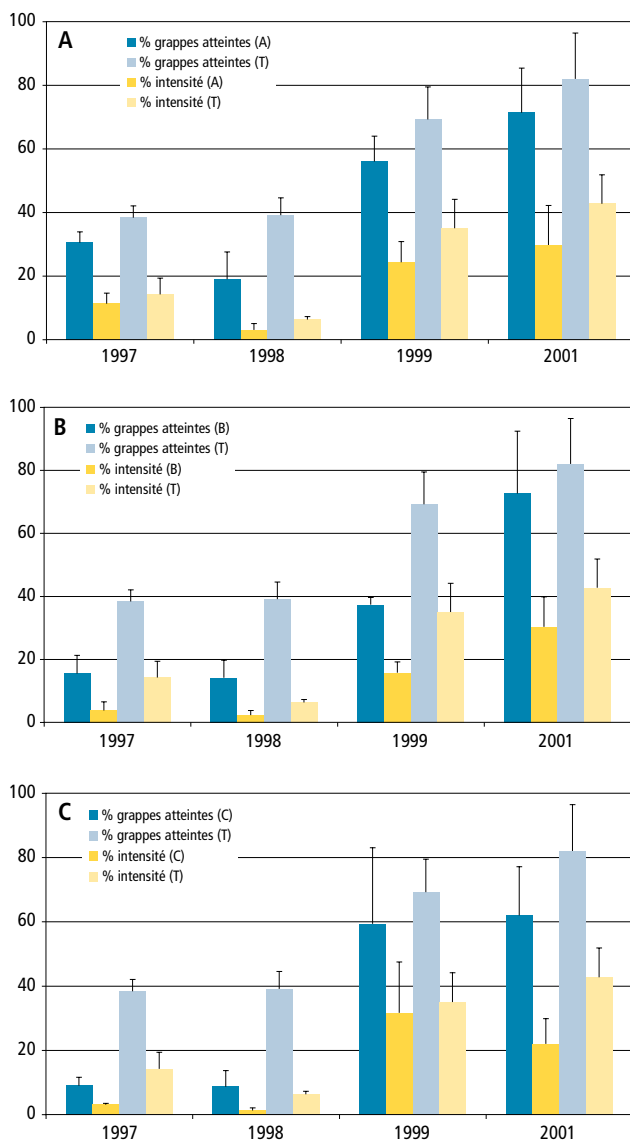


Figure 2 | Traitement anti-*botrytis* sur Gamay, à la fin de la floraison (A), à la fermeture des grappes (B) et à la véraison (C), de 1997 à 1999, à Valeyres-sous-Rances (VD). Les poutres représentent le % de grappes atteintes et l'intensité de l'infection (%), moyennes et écart-types de 3 x 50 grappes par variante traitées au fludioxonil + cyprodinil, comparé aux témoins non-traités (T).

La lutte contre *B. cinerea* pratiquée avant la fermeture des grappes (fig. 2B, 3A) ou au début de la véraison (fig. 2C, 3B) est de première importance avec des efficacités moyennes, toutes années confondues, de 52,3 à 55,8% (tabl. 2). Ces résultats montrent que l'efficacité est directement corrélée à la pression de la pourriture et aux conditions climatiques durant la période post-véraison. Lorsque la fin de l'été est pluvieuse et

Tableau 2 | Efficacités moyennes et écart-types (entre parenthèses) obtenus à Valeyres-sous-Rances et à Changins par rapport aux témoins non traités, en appliquant le mélange fludioxonil + cyprodinil une seule fois aux stades A (fin floraison), B (avant la fermeture grappes) ou C (début véraison)

Stade	Valeyres-sous-Rances (1997–2001)		Changins (2004–2008)	
	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)	Grappes atteintes (%)	Intensité (%)
A	26,1 (± 17,3)	33,2 (± 13,1)	n.d	n.d
B	45,2 (± 23,7)	55,3 (± 19,2)	29,8 (± 18,8)	52,3 (± 17,3)
C	48,3 (± 33,7)	54 (± 32,8)	31,9 (± 14,7)	55,8 (± 10,1)

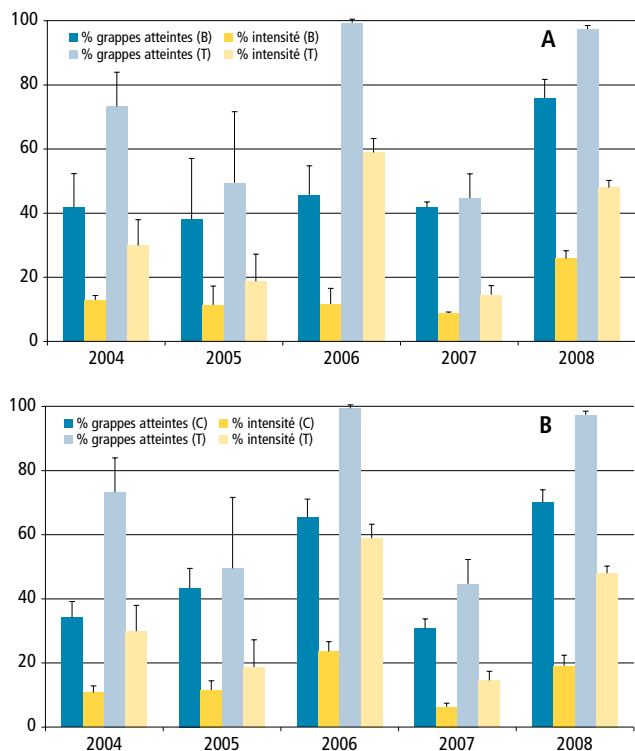


Figure 3 | Traitement anti-*botrytis* sur Gamay (clone 5-44), à la fermeture des grappes (A) et à la véraison (B), de 2004 à 2008, à Changins (VD). Les poutres représentent le % de grappes atteintes et l'intensité de l'infection (%), moyennes et écart-types de 3 x 50 grappes par variante traitées au fludioxonil + cyprodinil, comparé aux témoins non-traités (T).

douce, comme en 1999, 2001, 2006 ou 2008, l'efficacité de la lutte est limitée, que le mélange fludioxonil + cyprodinil soit appliqué à la fermeture des grappes ou à la véraison (tabl. 1). Ce résultat s'explique par le fait que l'ensemble des mécanismes de défense des baies diminue durant la maturation (Pezet et al. 2003). Il n'y a pas de différence statistiquement significative d'efficacité, que le traitement ait lieu à la fermeture des grappes ou à la véraison (tabl. 2). L'application de deux fongicides spécifiques à la fermeture des grappes et à la véraison, indépendamment des matières actives engagées, entraîne une amélioration moyenne de l'efficacité pouvant atteindre 15% (tabl. 1). Cette amélioration statistiquement non significative (Test de Student $p = 0,05$) varie en fonction de la pression du pathogène et peut même être négative dans certaines conditions, notamment lorsque les conditions sont défavorables à *B. cinerea*, comme en 2004.

Dans les conditions de la Suisse romande, l'application d'un deuxième traitement ne devrait pas être systématique. Il est recommandé de le réserver aux situations de forte pression de la pourriture, en fonction du cépage, de la situation de la parcelle et des mesures de lutte prophylactique engagées (fumure azotée et vigueur équilibrée, effeuille de la zone des grappes, enherbement).

Conclusions

- La lutte contre la pourriture grise est très complexe, en raison du cycle de développement du pathogène, influencé par les conditions climatiques durant la maturation des raisins.
- Le bilan de dix années d'expérimentation ne montre pas de différences significatives entre le traitement à la véraison et le traitement à la fermeture des grappes.
- L'application de deux traitements spécifiques à la fermeture des grappes et à la véraison augmente l'efficacité de la lutte d'environ 10 à 15%. Cette différence est toutefois difficilement perceptible sans contrôle phytosanitaire rigoureux.
- La lutte contre la pourriture grise doit prioriser les mesures prophylactiques et intégrer la sensibilité des cépages, la situation de la parcelle, la vigueur de la vigne, la gestion de l'enherbement, de la fumure azotée et du feuillage. ■

Bibliographie

- Comménil P., Brunet L. & Audran J.-C., 1997. The development of the grape berry cuticle in relation to susceptibility to bunch rot disease. *J. Exp. Bot.* **48**, 1599–1607.
- Delabays N., Linder Ch., Höhn H., Viret O. & Naef A., 2009. Index phytosanitaire pour la viticulture 2009. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **41** (1), supplément 1–16.
- De Luca d'Oro G. M. & Trippi V. S., 1987. Effect of stress conditions induced by temperature, water and rain on senescence development. *Plant Cell Physiol.* **28** (8), 1389–1396.
- Edder P., Orтели D., Viret O., Cognard E., De Montmollin A. & Zali O., 2009. Control strategies against grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) and corresponding fungicide residues in grapes and wines. *Food additives and contaminants* **26** (5), 719–725.
- Hale C. R., 1968. Growth and senescence of the grape berry. *Aust. J. agric. Res.* **19**, 939–945.
- Keller M., Viret O. & Cole F. M., 2003. *Botrytis cinerea* infection in grape flowers: defense reaction, latency, and disease expression. *Phytopathology* **93** (3), 316–322.
- McClellan W. D. & Hewitt W. B., 1973. Early *Botrytis* rot of grapes: time of infection and latency of *Botrytis cinerea* Pers. in *Vitis vinifera* L. *Phytopathology* **63**, 1151–1157.
- Nair N. G., Guilbaud-Oulton S., Barchia I. & Emmett R., 1995. Significance and carryover inoculum, flower infection and latency on the incidence of *Botrytis cinerea* in berries of grapevines at harvest in New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.* **35**, 1177–1180.
- Pezet R. & Pont V., 1986. Infection florale et latence de *Botrytis cinerea* dans les grappes de *Vitis vinifera* (var. Gamay). *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **18**, 317–322.

Summary

Epidemiology and control strategies against grey mould (*Botrytis cinerea*)

Control of grey mould can be very difficult, particularly when weather conditions are favourable for *B. cinerea* during ripening. Control strategies have been experimented during ten years in the French part of Switzerland with the mixture fludioxonil + cyprodinil. One single application at the end of bloom reaches an average value over the years of 30% efficacy compared with unsprayed plots. A single application at bunch closure reaches 52% efficacy, and a single spray at véraison 56%. When both sprays were applied, the efficacy was improved, particularly in years with high disease pressure. However the difference of 10 to 15% was not statistically significant. The results varied considerably from year to year depending on the climatic conditions and on the disease pressure.

Key words: grey mould, *Botrytis cinerea*, cyprodinil, fludioxonil, control strategies, grapevine.

Zusammenfassung

Epidemiologie der Graufäule (*Botrytis cinerea*) und Bekämpfungsstrategien

Die Bekämpfung der Graufäule kann schwierig sein, besonders bei günstigen Wetterbedingungen für *B. cinerea* während der Traubenreifung. Praxisversuche wurden während zehn Jahren in der Westschweiz mit der Mischung Fludioxonil + Cyprodinil durchgeführt. Die Wirkung einer einzigen Applikation bei abgehender Blüte führt zu einer durchschnittlichen Wirkung von 30%. Die Wirkung einer Spritzung beim Traubenschluss liegt bei 52% und beim Farbumschlag bei 56%. Wenn beide Applikationen durchgeführt werden erhöht sich die Wirkung, besonders bei hohem Befallsdruck um 10 bis 15%, ohne dass die Unterschiede statistisch signifikant sind. Generell betrachtet schwankt die Wirkung stark von Jahr zu Jahr, in Abhängigkeit der Wetterbedingungen.

Riassunto

Epidemiologia del marciume grigio (*Botrytis cinerea*) e strategie di lotta

La lotta contro il marciume grigio può essere difficile, soprattutto quando le condizioni climatiche, durante la maturazione, sono favorevoli alla botrite. Delle prove pratiche, condotte durante dieci anni con la miscela fludioxonil-cyprodinil, hanno confermato che la lotta contro la prima fase d'infezione alla fine della fioritura raggiunge un'efficacia del 30% circa. L'efficacia media di una sola applicazione alla chiusura dei grappoli è del 52% e quella di un trattamento unico all'invaiaitura è del 56%. L'applicazione di due trattamenti specifici alla chiusura dei grappoli e all'invaiaitura aumenta, generalmente, l'efficacia quando la pressione della malattia è elevata senza che questa differenza sia significativa. Sulla media di dieci anni un secondo trattamento permette di migliorare l'efficacia della lotta del 10–15%. In generale, l'efficacia della lotta varia notevolmente a seconda delle condizioni meteorologiche e della pressione della malattia.

- Pezet R., Viret O., Perret C., Tabacchi R., 2003. Latency of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. and biochemical studies during growth and ripening of two grape berry cultivars, respectively susceptible and resistant to grey mould. *J. Phytopath.* **151**, 208–214.
- Viret O., Keller M., Jaudzems V. G. & Cole F. M., 2004. *Botrytis cinerea* infection of grape flowers: light and electron microscopical studies of infection sites. *Phytopathology* **94** (8), 850–857.
- Viret O. & Gindro K., 2007. La pourriture grise en 2006. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **39** (1), 61–63.
- Viret O. & Siegfried W., 2009. Réglage du pulvérisateur: la méthode Caliset. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **41** (1), 26–27.

Remerciements

Nous remercions vivement M. Michel Hofstetter, responsable du domaine du Manoir à Valeyres-sous-Rances pour la mise à disposition de parcelles expérimentales et pour sa participation active aux essais, ainsi que Jean Tailens et Anne-Lise Fabre pour leur assistance tout au long de ces essais.