

Le mildiou est capable d'effectuer son cycle sexuel sur des cépages de vigne résistants

Article prenant sa source de l'article de recherche "Evidence for sexual reproduction and fertile oospore production by *Plasmopara viticola* on the leaves of partially resistant grapevine varieties" (ACTA Horticulturae, 2019)¹.

>>> Des études antérieures ont montré que les nouveaux cépages de vigne résistants limitent les épidémies causées par la reproduction asexuée du mildiou. Cependant, jusqu'à présent, on manquait de connaissances sur la phase sexuée de l'agent pathogène. Cette étude démontre que la résistance de la vigne a peu d'effet sur le cycle sexuel du mildiou. Ainsi, l'agent pathogène peut compléter son cycle de vie (phases asexuée et sexuée) sur des variétés de vigne partiellement résistantes. La persistance des populations d'agents pathogènes sur les variétés partiellement résistantes d'une année sur l'autre représente un défi majeur pour la durabilité de la résistance génétique de la vigne. <<<

Les cépages de *Vitis vinifera* sont très sensibles au mildiou². Les traitements fongicides sont actuellement la seule méthode disponible pour lutter contre cet agent pathogène³. Toutefois, leur utilisation systématique entraîne des effets négatifs, notamment des impacts possibles sur l'environnement, ainsi que l'apparition de résistances aux fongicides⁴ qui réduisent l'efficacité d'un nombre croissant de produits³. L'utilisation de la résistance génétique des plantes est une alternative efficace aux fongicides. Elle permet de limiter, de retarder ou de prévenir le cycle d'infection de l'agent pathogène. La sélection de la résistance génétique est au cœur de plusieurs programmes d'amélioration variétale de la vigne en Europe, que ce soit en France, en Allemagne, en Suisse ou en Italie.

Des variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium, avec des caractéristiques organoleptiques adaptées à la production de vins de qualité, ont été récemment créées par croisement. Ces variétés sont porteuses de facteurs de résistance dérivés de *Vitis* sauvages d'origine américaine et asiatique. Récemment enregistrées en France, ces variétés présentent une résistance partielle au mildiou de la vigne, ce qui limite la croissance et la sporulation du mycélium, réduisant ainsi les épidémies dues à la phase de multiplication asexuée de l'agent pathogène en cours de saison. Jusqu'à présent, l'effet de la résistance de l'hôte n'a pas été évalué sur la phase sexuée du cycle du mildiou de la vigne (Fig. 1). En effet, *Plasmopara viticola* a un système de reproduction mixte basé sur plusieurs cycles de reproduction asexuée et une seule génération sexuelle chaque année qui a lieu à l'automne (Fig. 2)⁵. Pour répondre à cette question, pendant deux ans, cette étude a évalué la production d'œufs d'hiver ("oospores") et le succès des infections ultérieures ("infections primaires"), sur des variétés résistantes, pendant la génération sexuelle. Les variétés résistantes portant deux types de facteurs (**Rpv1** et **Rpv3**), seules ou en combinaison, ont été étudiées.

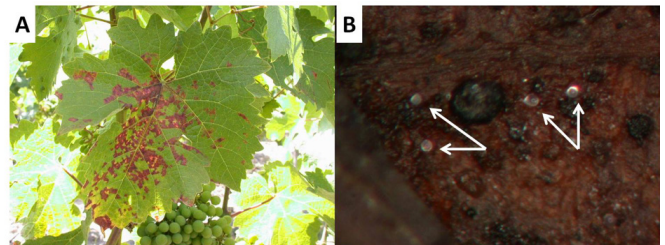


Figure 1. Reproduction sexuée sur feuille du mildiou de la vigne : A) forme mosaïque, B) germination de macrosporangies au printemps (Photographies : Delbac & Rolle, INRAE).

■ L'approche utilisée

Le matériel végétal étudié est issu des descendants d'un croisement entre *Mtp3082-1-42* et *Regent*, ainsi que du Merlot qui a servi de témoin sensible. Le parent *Mtp3082-1-42* a transmis le facteur de résistance **Rpv1** et le parent *Regent* a transmis le facteur **Rpv3**. **Rpv1** et **Rpv3** ont une résistance partielle à élevée⁶. Ce croisement est à l'origine des premières variétés résistantes du programme INRAE-ResDur, récemment commercialisées en France. La procédure de manipulation et d'évaluation de la présence des oospores et du contrôle de leur germination a été adaptée d'une méthode précédemment publiée par l'INRAE⁷. Quatre combinaisons possibles de facteurs de résistance ont été étudiées : **Rpv1**, **Rpv3**, **Rpv1/Rpv3** et absence de résistance. Pour chaque génotype étudié, le plan d'expérience est le suivant :

(A) collecte de feuilles présentant des symptômes de "mosaïque" à l'automne (Fig. 1A). Nous avons évalué la présence d'oospores dans la partie nécrotique du limbe de la feuille, puis nous avons collecté des disques foliaires que nous avons stockés dans des tubes de plâtre

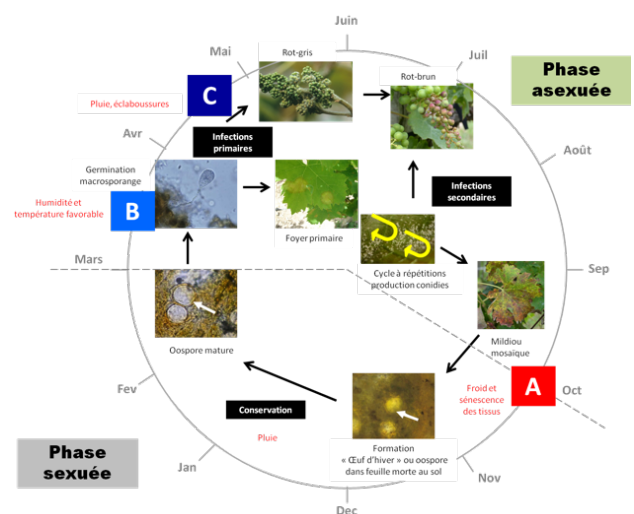


Figure 2. Cycle du mildiou de la vigne et position des étapes expérimentales réalisées (Photographies : Blancard, Bugaret, Delbac & Mazet, INRAE).

à modéliser enterrés en conditions climatiques naturelles d'octobre (année n-1) à avril (année n).

(B) évaluation du nombre de macrospores formées au printemps, en avril (année n) (Fig. 1B).

(C) inoculation de feuilles de Cabernet Sauvignon (variété sensible), par les macrospores formées afin d'obtenir des infections primaires de l'agent pathogène.

Ces protocoles sont détaillés dans les figures 2 et 3.

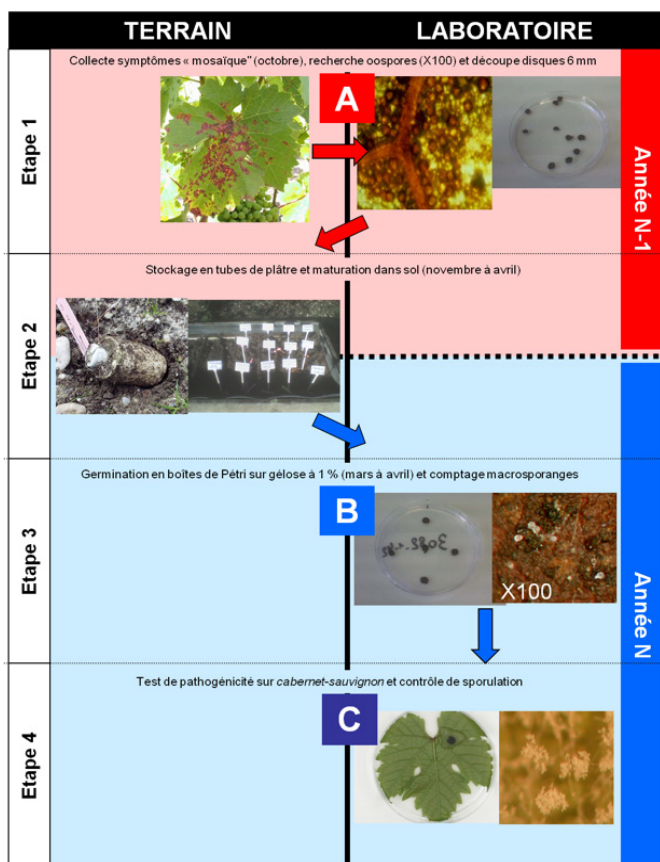


Figure 3. Étapes expérimentales pour le suivi de la phase sexuée du mildiou de la vigne (Photographies : Delbac, Rolle & Tran Mahn Sung, INRAE).

■ Oospores du cycle sexué sur les variétés résistantes

Le mildiou de la vigne produit des œufs d'hiver sur les variétés résistantes à l'automne. La production d'oospores est plus élevée sur les variétés sensibles que sur les variétés résistantes. **Rpv1** et **Rpv3** réduisent la production d'oospores de l'agent pathogène, mais ne l'empêchent pas.

Les oospores germent au printemps suivant. Les variétés portant le facteur **Rpv1** ont montré un taux de production élevé de macrospores. Pour tous les génotypes, nous avons constaté une grande variabilité de la production de macrospores en fonction de la date d'observation, c'est-à-dire que davantage de macrospores sont produites au début du printemps.

Les macrospores produisent des infections primaires qui sont observées pour toutes les combinaisons de facteurs de résistance. Toutefois, des différences significatives sont observées entre les variétés ; l'un des génotypes portant la combinaison **Rpv1/Rpv3** ayant un taux de réussite élevé des infections primaires, contrairement à **Rpv3**.

■ Que faut-il retenir ?

Les variétés résistantes limitent la capacité du mildiou de la vigne à se multiplier pendant les cycles asexués, ce qui permet de contrôler partiellement la maladie pendant la saison culturale. Les données de l'observatoire national OSCAR montrent que la culture de variétés résistantes

peut réduire l'utilisation de fongicides dans les parcelles de plus de 80 %⁸.

D'un point de vue évolutif, il existe un risque d'apparition de souches de mildiou capables de contourner la résistance de la vigne. C'est un phénomène classique lorsque les gènes de résistance sont déployés à grande échelle. Normalement, bien que le nombre de spores du mildiou de la vigne arrivant sur un cep soit important, on suppose que le début du déploiement de ces variétés résistantes dans le vignoble réduit les chances de fixer une mutation favorable au cours des cycles de multiplication asexuée de l'agent pathogène. Cependant, les résultats de cette étude montrent que la résistance de la vigne ne bloque pas la phase de reproduction sexuée de l'agent pathogène. L'accomplissement du cycle sexuel offre donc au pathogène la possibilité de recombinaison des mutations favorables qui pourraient éventuellement lui permettre de contourner la résistance plus rapidement.

Des stratégies complémentaires de gestion des épidémies peuvent être mises en place pour limiter l'émergence de souches virulentes de mildiou de la vigne. Ces stratégies peuvent inclure la surveillance à long terme de la virulence de l'agent pathogène (par exemple, l'observatoire national OSCAR)⁸, l'application d'un nombre limité de traitements fongicides (par exemple, 1 ou 2 applications de fongicides autour de la floraison, ce qui permet en même temps de contrôler les attaques d'autres agents pathogènes non ciblés par des gènes de résistance tels que l'antracnose et le black-rot⁸), l'utilisation de stimulateurs de défense des plantes ou la mise en œuvre de mesures prophylactiques (par exemple, le retrait des feuilles sénescentes à l'automne)¹. Dans tous les cas, c'est la diversité des méthodes de lutte qui permettra de créer des systèmes viticoles plus résilients aux maladies. Ainsi, l'utilisation de la résistance variétale contre le mildiou de la vigne doit être considérée comme un outil supplémentaire pour construire des systèmes viticoles plus économes en produits phytosanitaires. ■

Lionel Delbac¹, Laurent Delière^{1, 2}, Christophe Schneider³, François Delmotte¹

¹ SAVE, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, ISVV, Villenave d'Ornon, France

² UE Vigne Bordeaux Grande-Ferrade, INRAE, ISVV, Villenave d'Ornon, France

³ SVQV, INRAE, Université de Strasbourg, Colmar, France

1 Delbac, L., Delière, L., Schneider, C. & Delmotte, F. Evidence for sexual reproduction and fertile oospore production by *Plasmopara viticola* on the leaves of partially resistant grapevine varieties. *Acta Hort.* 1248, 607-619 (2019).

2 Yin, L. et al. Genome sequence of *Plasmopara viticola* and insight into the pathogenic mechanism. *Sci. Rep.* 7, (2017).

3 Gessler, C., Pertot, I. & Perazzolli, M. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathol. Mediterr.* 50, 3-44 (2011).

4 Delmas, C. E., Dussert, Y., Delière, L., Couture, C., Mazet, I. D., Richart Cervera, S., & Delmotte, F. (2017). Soft selective sweeps in fungicide resistance evolution: recurrent mutations without fitness costs in grapevine downy mildew. *Molecular ecology*, 26(7), 1936-1951. <https://doi.org/10.1111/mec.14006>

5 Dubos, B. Maladies cryptogamiques de la vigne. Champignons parasites des organes herbacés et du bois de la vigne. *Edts Féret* (1999).

6 Merdinoglu, D., Schneider, C., Prado, E., Wiedemann-Merdinoglu, S., & Mestre, P. (2018). Breeding for durable resistance to downy and powdery mildew in grapevine. *OENO One*, 52(3), 203-209. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.3.2116>

7 Ronzon-Tran Manh Sung, C. & Clerjeau, M. Techniques for formation, maturation and germination of *Plasmopara viticola* oospores under control conditions. *Plant Dis.* 72, 938-941 (1988).

8 Guimier, S. et al. OSCAR, a national observatory to support the durable deployment of disease-resistant grapevine varieties. *Acta Hort.* 1248, (21-33), (2019).