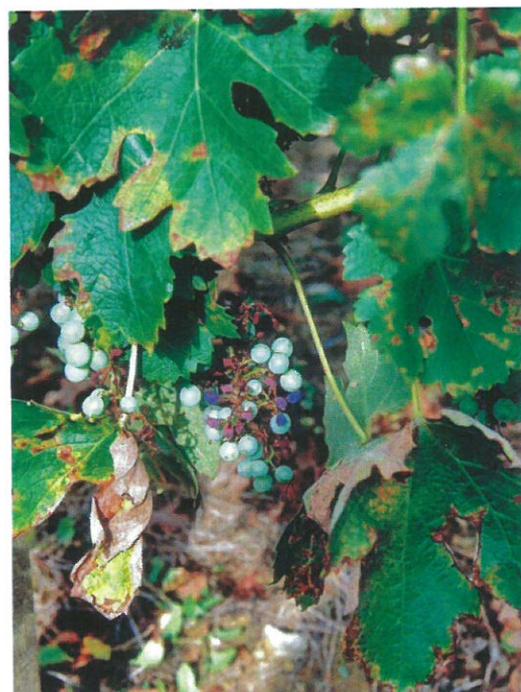


Les variétés de vignes résistantes limitent la capacité du mildiou à se multiplier

L'utilisation des gènes de résistance des plantes permet de lutter naturellement contre l'installation d'un agent pathogène. Pour la vigne, des variétés résistantes à l'oïdium et au mildiou issues des *Vitis* sauvages d'origine américaine et asiatique ont été créées depuis peu. Récemment autorisées en France, ces variétés présentent une résistance partielle au mildiou, qui limite la croissance du mycélium et la sporulation, diminuant ainsi les épidémies dues à la phase de multiplication asexuée du mildiou en cours de saison. Jusqu'à présent, l'effet de la résistance de l'hôte n'avait jamais été évalué sur la phase sexuée du cycle du mildiou qui a lieu à l'automne.



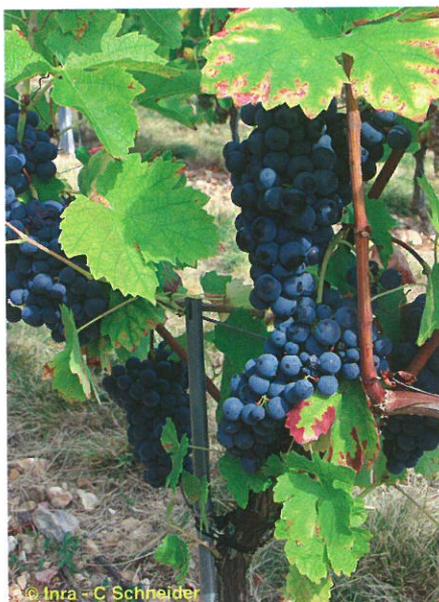
Attaque de mildiou sur vigne

Nous présentons ici les résultats d'une expérience de deux ans au cours de laquelle nous avons évalué la production des œufs d'hiver (ou oospores) et le succès des infections ultérieures sur des variétés résistantes. Nous avons étudié des variétés résistantes portant deux types de facteurs (Rpv1 et Rpv3) seuls ou en combinaison (cf. encadrés pour un rappel du cycle biologique du mildiou et pour la méthodologie utilisée).

Les variétés résistantes étudiées

Le matériel végétal étudié est issu des descendants d'un croisement entre *Mtp3082-1-42* et *Regent*. Ce croisement est à l'origine de quatre variétés résistantes issues du programme Inra-ResDur : Artaban, Floréal, Vidoc et Voltis (Schneider *et al.*, 2018), récemment autorisées en France (JORF. n° 0061, 14 mars 2018).

Mtp3082-1-42 est un génotype dérivé d'un croisement entre *Vitis rotundifolia* et *Vitis vinifera* suivi de quatre rétro-croisements avec *V. vinifera* (Bouquet, 2009 ; Merdinoglu *et al.*, 2003). *Regent* est issu d'un croisement entre Chambourcin (12.417 SV x 7 053 Seibel) et Diana (Sylvaner x Müller Thurgau). Le parent



Artaban



Voltis

Floréal

Cépages résistants



Cycle biologique du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*)

Plasmopara viticola, l'agent causal du mildiou de la vigne, est un oomycète biotrophe obligatoire qui attaque la vigne, *Vitis vinifera* (Burruano, 2000 ; Lafon et Clerjeau, 1988 ; Luis et al, 2013 ; Viennot-Bourgin, 1949). Tous les principaux cultivars de *Vitis vinifera* sont très sensibles à ce pathogène (Yin et al., 2017). Il a été introduit en Europe à partir de l'Amérique du Nord dans les années 1870 (Millardet, 1881), puis disséminé dans toutes les grandes régions viticoles du monde (Galet, 1977 ; Gessler et al., 2011 ; Lafon et Clerjeau, 1988). Les populations européennes du mildiou ont un faible niveau de diversité génétique, ce qui correspond à la présence d'un goulot d'étranglement au moment de l'introduction (Fontaine et al., 2013).

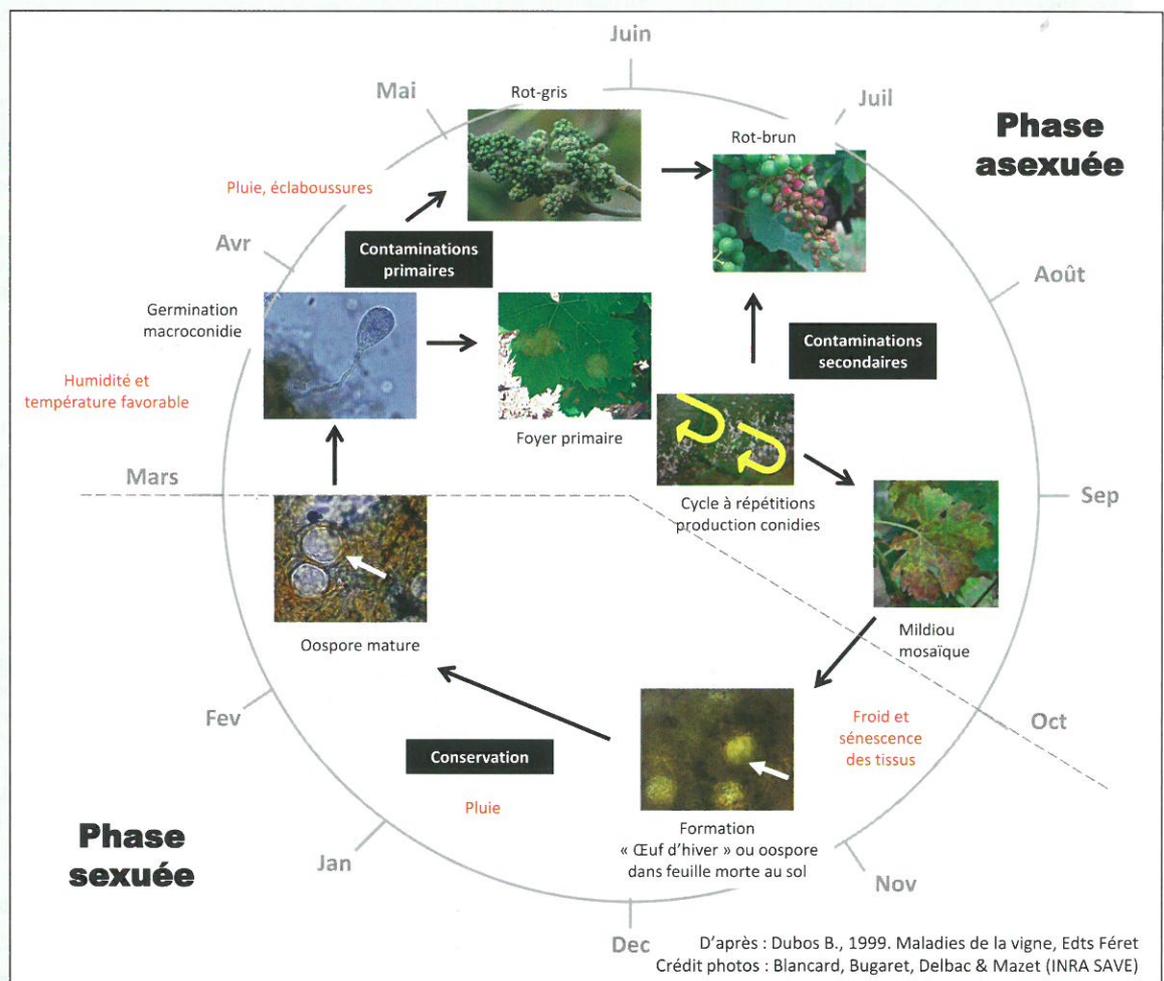
Plasmopara viticola a un système de reproduction mixte basé sur plusieurs cycles de reproduction asexuée et une seule génération sexuelle chaque année. Ce pathogène est une espèce hétérothallique (Wong et al., 2002) qui doit subir une reproduction sexuée pour compléter son cycle de vie annuel. La reproduction sexuée commence à la fin de l'été avec le croisement des souches sur les feuilles de vigne. Les oospores sont produites par la fusion d'un anthéridium et d'un oogonium (Lafon et Clerjeau, 1988 ; Gessler et al., 2011). Ces oospores germent en présence d'eau libre au printemps suivant (Lafon et Clerjeau, 1988 ; Rossi et Caffi, 2012), donnant naissance à une ou parfois deux macrospores ou macroconidies, qui contiennent les zoospores servant de stade infectieux du parasite (Burruano, 2000 ; Lafon et Clerjeau, 1988 ; Vercesi et

al., 1999). En climat tempéré, les oospores résultant de la reproduction sexuée sont le seul stade du parasite capable de survivre à l'hiver et constituent la source initiale d'inoculum pour la prochaine saison de croissance (Burruano, 2000 ; Lafond et Bullit, 1981). Des taux de germination élevés en laboratoire sont positivement corrélés avec l'apparition de nombreuses infections primaires dans le vignoble (Pertot et Zulini, 2003). Des études de génétique des populations ont démontré que les épidémies de mildiou de la vigne résultent principalement de la germination des oospores, également appelées " inoculum primaire " (Gobbin et al., 2005 ; mais voir Gobbin et al., 2007).

Le mildiou a des effets quantitatifs directs (Fermaud et al., 2016 ; Savary et al., 2009) et

qualitatifs (Pons et al., 2018) sur le rendement de la vigne. Les traitements fongicides ont été jusqu'à récemment la seule méthode disponible pour lutter contre ce pathogène sur *V. vinifera* (Caffi et al., 2010 ; Gessler et al., 2011).

Cependant, l'utilisation systématique de produits chimiques a entraîné une résistance à certains de ces fongicides dans les populations du mildiou (Chen et al., 2007 ; Delmas et al., 2017), réduisant ainsi l'efficacité d'un nombre croissant de produits (Gessler et al., 2011). La résistance génétique des variétés de vigne apparaît alors comme une alternative efficace. Elle est au cœur de la sélection variétale actuelle en France et à l'étranger pour limiter, retarder ou empêcher le déroulement du cycle infectieux de l'agent pathogène.



Travaux publics et agricoles

- Travaux de l'arrachage à la replantation
- Tous travaux mécaniques viticoles
- Travaux équipement et retraitement effluents viticoles et vinicoles

SAS STVE - Le Bragard - B.P. 94 - 33330 Saint-Emilion
Tél. : 05 57 24 65 34 - Fax : 05 57 24 66 48 - www.stve.fr



Mtp3082-1-42 a transmis le facteur de résistance **Rpv1** et le parent *Regent* a transmis le facteur **Rpv3** (Fischer et al., 2004). **Rpv1** et **Rpv3** offrent une résistance moyenne à modérée (diminution de la sporulation d'environ 75 % en laboratoire), **Rpv1** étant plus efficace que **Rpv3** (Guimier et al., 2018).

Nous avons analysé la germination des oospores pour les deux parents (*Regent*, Mtp3082-1-42), pour sept génotypes de la population ainsi que pour le Merlot qui a servi de témoin sensible (Calonnec et al., 2008). Nous avons travaillé sur les quatre combinaisons possibles des facteurs de résistance : en effet, les sept descendants comprenaient un génotype sans facteur de résistance, un génotype avec le facteur **Rpv3**, un génotype avec facteur **Rpv1** et quatre génotypes avec à la fois **Rpv1** et **Rpv3**. Tous ces génotypes ont été plantés sur le site expérimental de l'INRA à Latresne en 2004, selon un plan expérimental randomisé avec quatre cepes de vigne consécutifs pour chaque génotype. Les plantes n'ont pas été traitées pendant les deux années de l'étude au cours desquelles nous avons observé des infestations naturelles du mildiou de la vigne (2007, 2008).

Le cycle sexué sur des variétés résistantes

Le mildiou produit des œufs d'hiver à l'automne sur les variétés résistantes. La production d'oospores est plus élevée sur les vignes sensibles que sur les variétés résistantes. **Rpv1** et **Rpv3** réduisent la production d'œufs de mildiou, sans l'empêcher.

Les oospores germent au printemps suivant. Les variétés porteuses des facteurs **Rpv1** ont montré un taux de production élevé de macroconidies. Pour l'ensemble des génotypes, nous avons constaté une forte variabilité liée à la date d'observation, c'est-à-dire qu'un plus grand nombre de macroconidies sont produites au début du printemps.

Les macroconidies produisent des contaminations primaires. Les contaminations primaires sont observées pour toutes les combinaisons de facteurs de résistance.

On observe néanmoins des différences significatives entre variétés, avec notamment un des génotypes portant la combinaison de **Rpv1/Rpv3** qui présente un taux de réussite élevé des contaminations primaires contrairement au **Rpv3**.

Ce qu'il faut en retenir

Les variétés de vigne résistantes à l'oïdium et au mildiou limitent fortement la capacité du pathogène à se multiplier pendant les cycles asexués ce qui permet de lutter efficacement contre la maladie pendant la saison. Les données issues de l'observatoire national OSCAR (cf. encadré) montrent que l'utilisation de variétés résistantes permet de diminuer de plus de 80 % l'utilisation des fongicides au vignoble (Guimier et al., 2019).

D'un point de vue évolutif, le risque réside dans l'apparition de souches capables de contourner la résistance de la vigne. Il s'agit d'un phénomène classique lorsque l'on déploie des gènes de résistance à grande échelle. A priori, bien que le nuage de spores de mildiou arrivant sur la plante soit certainement important, on suppose que la petite taille des populations qui se développent sur les variétés résistantes pendant les cycles asexués de multiplication du pathogène (soit durant la phase de développement de la vigne) réduit les chances de fixer une mutation favorable. Cependant, nos résultats montrent que la résistance de la vigne ne bloque pas la phase de reproduction sexuée du mildiou. La reproduction offre donc au pathogène la possibilité de recom-

biner des mutations favorables qui pourrait à terme lui permettre de contourner plus rapidement la résistance.

Des stratégies complémentaires de gestion des épidémies peuvent aussi être mises en place pour limiter l'apparition de souches de mildiou virulentes. Ces stratégies peuvent comprendre un nombre limité de traitements fongicides, l'utilisation de stimulateurs de défense des plantes, ou la mise en place de mesures prophylactiques (ex. : enlèvement des feuilles sénescentes en cours d'étude dans le cadre de l'UMT INRA-IFV SEVEN). 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 et l'oïdium doit être considérée comme un levier complémentaire permettant de construire des systèmes viticoles plus économes en produits phytosanitaires.

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

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

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

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

Références

La liste bibliographique est disponible sur demande auprès des auteurs.

OSCAR : La durabilité de la résistance est un enjeu majeur pour le déploiement des variétés de vigne résistantes au mildiou et à l'oïdium. L'INRA et l'IFV ont mis en place l'observatoire national du déploiement des cépages résistants (Delière et al., 2017 ; Delmotte et al., 2018) qui est basé sur le suivi des parcelles en situation de production plantées avec ces nouvelles variétés. OSCAR permet la col-

lecte et le partage de données épidémiologiques et agronomiques sur ces variétés. L'observatoire assure aussi la surveillance de l'évolution des populations de mildiou et d'oïdium de la vigne face aux nouvelles résistances de la vigne. De nombreuses informations sont disponibles sur le site internet :

<http://observatoire-cepages-resistants.fr>

**DECOUPE
BETON ...**

33700 MERIGNAC
Tél. 05 56 476 676
Fax. 05 56 34 33 99

Email : info@decoupebeton.fr
www.decoupebeton.fr

DEMOLITION DE CUVIERS BETON



SCIAGE • CAROTTAGE • DECOUPE AU CÂBLE

**Déconstruction contrôlée à l'aide de robots électriques
Sans vibration, pas de brise-roche ni gaz d'échappement**

Méthodologie de suivi de la phase sexuée du mildiou

Le mode opératoire de manipulation et d'évaluation de la présence des oospores et du contrôle de leur germination a été adapté d'une méthode publiée préalablement par l'INRA (Ronzon-Tran Manh Sung et Clerjeau, 1988).

A Pour chaque génotype étudié, nous avons collecté 20 feuilles présentant les symptômes " mosaïques " à l'automne 2008 et 2009. Nous avons évalué, à la loupe binoculaire avec un grossissement de 50 à 100, la présence d'oospores dans la partie nécrotique du limbe. Sur les zones présentant des oospores, nous avons découpé au moins 50 disques foliaires de 6 mm de diamètre. Les disques de feuilles ont été stockés dans des

tubes en plâtre de modelage fermés avec un bouchon en silicone. Chaque tube a été enterré à une profondeur de 5 cm dans un sol graveleux sur le domaine expérimental viticole de l'INRA de la Grande-Ferrade à Villenave d'Ornon. Les oospores ont mûri dans les conditions climatiques naturelles d'octobre (année n) à avril (année n +1).

B Le contrôle de la germination des oospores a été évalué à deux dates au printemps en 2009 et en 2010. À chacune des dates et pour chaque génotype, 15 disques foliaires ont été retirés des tubes de plâtre et ramenés au laboratoire pour être placés dans des boîtes de Pétri sur milieu gélosé, et mis en chambre de culture dans l'obscurité.

Deux fois par semaine pendant 14 jours, le nombre de macroconidies formées a été compté sur chaque disque sous une loupe binoculaire avec un grossissement de 50 à 100.

C Les disques, à partir desquels des macroconidies ont été observées, ont été utilisés pour l'inoculation de feuilles de Cabernet sauvignon, variété sensible produite en continu sous serre à l'INRA. Les inoculations ont été effectuées dans l'obscurité et en présence d'eau. Les boîtes de Pétri ont été ensuite placées dans une chambre de culture pendant 14 jours au maximum jusqu'à l'obtention d'une fructification du pathogène.

