



Cépages résistants : la vigne contre-attaque !

Face au mildiou et à l'oïdium, la résistance de la vigne européenne *Vitis vinifera* ne va pas de soi. Elle est en train de devenir une réalité, au prix d'un travail acharné.

LAURENT DELIÈRE*, **CHRISTOPHE SCHNEIDER****, **LAURENT AUDEGUIN*****, **LOÏC LE CUNFF*****, **REMY CAILLIATTE******, **EMILCE PRADO****, **CHRISTINE ONIMUS****, **ISABELLE DEMAUX***, **SOIZIC GUIMIER***, **FRÉDÉRIC FABRE*** ET **FRANÇOIS DELMOTTE***

*Inra, UMR Save - Villenave-d'Ornon. **Inra, université de Strasbourg, UMR SvqV-A 1131 - Colmar. ***IFV, Pôle national matériel végétal, domaine de l'Espiguette Le-Grau-du-Roi. ****Inra, UR 1053 GAFL F-84143 - Montfavet.

La vigne européenne n'est pas capable d'autodéfense face à ses principales maladies du feuillage, à savoir le mildiou et l'oïdium. Et ses « gardes du corps » fongicides sont de plus en plus mal acceptés socialement... Comment faire pour rendre la vigne résistante ?

Pourquoi la résistance variétale ?

Une nécessité

Mildiou, oïdium, black-rot : ces graves maladies auxquelles doivent faire face les cépages actuellement cultivés en Europe ont été introduites d'Amérique du Nord au XIX^e siècle. De ce fait, la vigne européenne n'a pas spontanément les capacités à se défendre. Alors que la poursuite de la réduction des intrants phytosanitaires est un des enjeux majeurs de la filière viticole, l'innovation visant à sélectionner le matériel végétal résistant aux maladies est certainement une des plus prometteuses.

Une pratique âgée de plus d'un siècle, mais une histoire à rebondissements

Les travaux d'innovation variétale de la vigne en matière de résistance à des stress biotiques ne datent pas d'hier. Au début



Photo : L. Delière

▲ La variété « IJ-134 » dans l'essai système de Bordeaux. Issue du programme ResDur – lui-même utilisant les « génotypes Bouquet » –, elle porte deux gènes de résistance au mildiou et autant à l'oïdium. Son inscription au catalogue est prévue début 2018.

du XX^e siècle, des hybrideurs français, au nombre d'une vingtaine, poursuivaient déjà cet objectif. Ils ont réalisé un travail considérable de création variétale, en utilisant les espèces américaines du genre *Vitis* comme sources de résistance.

Le principe du classement instauré en 1955 ne retint que vingt cépages « hybrides » par-

mi plusieurs centaines encore diffusées à l'époque. Leur utilisation fut limitée à la production de vin de table, principalement en raison de la qualité insuffisante des vins, à l'exception notable du baco blanc utilisé pour la production d'eaux-de-vie en Armagnac. S'en est suivie une élimination progressive de ces hybrides de l'encépagement français : ils en représentent moins de 1 % aujourd'hui.

Pour autant, les travaux de sélection se sont poursuivis en Europe. Ils ont désormais abouti à la création de cépages résistants aux maladies possédant des qualités agronomiques et organoleptiques compatibles avec les objectifs de production actuels.

Rupture avec les conduites actuelles

Aujourd'hui le mouvement s'accélère en France. Depuis l'arrêté de classement du 27 avril 2017, les premiers cépages résistants sont disponibles. Ils sont issus de programmes de sélection allemands, suisses, français ou italiens. D'autres variétés viendront enrichir l'offre dans les années à venir. La résistance variétale est ainsi en voie de devenir une nouvelle composante des systèmes viticoles. Son utilisation va permettre l'émergence d'une viticulture en rupture avec les pratiques actuelles.

Les travaux réalisés par l'Inra montrent que les cépages issus du programme français permettent une réduction de 80 à 90 % de l'IFT total. Ceci laisse envisager un impact potentiellement important sur la réduction de l'usage des produits phytosanitaires à l'échelle nationale.

Sélection de résistances de la vigne : le travail réalisé 1974 à 2000, vers les « Bouquet »

En France, l'amélioration de la vigne pour la résistance au mildiou et à l'oïdium est conduite par l'Inra en partenariat avec l'IFV depuis 2012... Mais c'est en 1974 que l'Inra

RÉSUMÉ

† **CONTEXTE** - La volonté actuelle de réduire les traitements phytosanitaires remet en avant l'utilisation de la résistance variétale aux maladies de la vigne gourmandes en fongicides.

† **HISTORIQUE** - Après les hybrides *Vitis vinifera/Vitis* spp. américaines, quasi abandonnées vu leurs qualités organoleptiques discutables, la recherche de cépages résistants au mildiou et

à l'oïdium a repris en France en 1974 et a abouti à la création des génotypes « Bouquet ».

Les résistances de ces derniers au mildiou et à l'oïdium s'étant révélées monogéniques, le programme ResDur de création de variétés à résistances polygéniques par pyramidage de gènes a été lancé. Il vise la durabilité des résistances, fait la part belle aux partenariats et organise la surveillance préventive de l'érosion des résistances

et de l'évolution des maladies secondaires.

† **RÉSULTAT** - Quatre variétés devaient être inscrites au catalogue début 2018, une dizaine en 2021 et d'autres pour 2023.

De plus, douze cépages européens résistants inscrits sont déjà classés en France.

† **MOTS-CLÉS** - Vigne, cépage, résistance variétale, mildiou, oïdium.



avait lancé un programme visant, par voie conventionnelle, à incorporer dans la vigne européenne (*Vitis vinifera*) des facteurs de résistance originaux portés par *Vitis rotundifolia* (Bouquet, 1980, 1983). Cette espèce sauvage et cultivée dans le sud-est des États-Unis fut retenue à cause de sa résistance très élevée, voire totale à l'oïdium et au mildiou, et ce, malgré les difficultés à la croiser avec d'autres espèces de *Vitis*.

Ce programme a abouti, après vingt-cinq années d'effort, à une série de génotypes communément appelés « Bouquet ».

Les analyses génétiques de l'Inra ont établi que le matériel ainsi obtenu porte un gène de résistance totale à l'oïdium (Run1, Pauquet *et al.*, 2001) et un gène de résistance partielle au mildiou (Rpv1, Merdinoglu *et al.*, 2003). Tous deux sont situés sur un même segment chromosomique.

Depuis l'an 2000, pyramidage ResDur

À partir de 2000, l'Inra de Colmar a engagé le programme de création variétale « ResDur ». Il est axé sur le couplage des résistances portées par les génotypes « Bouquet » les plus avancés avec celles de variétés inscrites au catalogue allemand, telles regent ou bronner. Ces dernières portent des facteurs de résistance complémentaires, issus d'autres vignes sauvages, les américaines *V. rupestris* et *V. aestivalis* (Rpv3, Ren3, Ren3.2) et l'asiatique *V. amurensis* (Rpv10). Le couplage de résistances, qualifié de pyramidage, a été réalisé par voie de croisements. Il a pour but de conforter la durabilité des résistances (Bouquet, 2000 ; Merdinoglu *et al.*, 2009 ; Merdinoglu et Caranta, 2013).

La sélection assistée par marqueurs a permis de trier rapidement et de façon fiable les descendances ainsi créées, et de retenir près d'un millier de génotypes pyramidés pour une deuxième phase de sélection. Celle-ci, réalisée dans les unités expérimentales viticoles de l'Inra, a évalué les résistances aux maladies secondaires ainsi que les caractères culturaux et œnologiques.

Trois séries échelonnées

À l'issue de ce stade 2, les génotypes les plus prometteurs (une cinquantaine environ) sont installés en dispositif VATE (valeur agronomique technologique et environnementale) pour la sélection finale, incluant des vinifications et dégustations, avant d'inscrire et classer les variétés.

Trois séries de croisements ont été réalisées, afin de créer des descendances avec deux, puis trois gènes de résistance pour le mildiou et pour l'oïdium (Schneider *et al.*, 2014) :

– première série (pyramidage des gènes Rpv1, Rpv3 / Run1, Ren3) ; quatre variétés, deux rouges (IJ 58, IJ 134) et deux blancs (Col-2007G, Col-2011G) possèdent un classement temporaire ; elles devraient être inscrites au catalogue début 2018 ;

– deuxième série (pyramidage des gènes Rpv1, Rpv10/Run1, Ren3.2), 36 variétés candidates sont en sélection finale dans le réseau VATE ; vingt-cinq d'entre elles sont déposées pour présentation au CTPS prévue à partir de 2020 ;

– pour la troisième série (pyramidage des gènes Rpv1, Rpv3, Rpv10/Run1, Ren3, Ren3.2), la sélection intermédiaire est en cours dans le réseau Inra ; leur inscription au catalogue est prévue à partir de 2023.

Cépages adaptés aux terroirs

Diversité de l'offre variétale

Si les cépages créés présentent tous de bonnes aptitudes agronomiques et organoleptiques, la question de leur usage et de leur appropriation par les viticulteurs reste posée. Seule la diversité de l'offre variétale permettra de disposer de cépages adaptés aux différents types de production.

Depuis 2013, à l'initiative des grandes régions viticoles, des partenariats Inra-IFV-interprofessions ont débuté. Ils concernent

à ce jour les vignobles de Cognac, Champagne, Bourgogne, vallée du Rhône, Alsace et également le pourtour méditerranéen pour la production de vins rosés.

Des « parents » emblématiques

La stratégie est d'utiliser dans chaque programme un ou plusieurs cépages historiques et emblématiques comme parent.

Le choix de ces cépages n'est pas innocent. Il est dicté par leur adaptation historique aux différents vignobles, la qualité des vins obtenus et leur notoriété. Leur phénologie et, pour certains, leur moindre sensibilité aux maladies du bois ont également été déterminants, ceci afin d'essayer de répondre aussi à deux problématiques majeures : le changement clima-

tique et le dépérissement du vignoble. Ces cépages sont alors croisés avec des géniteurs porteurs de résistance, sélectionnés en amont par l'Inra de Colmar et par l'UMT Génio-Vigne à Montpellier.

Durant tout ce processus, les professionnels accompagnent les travaux et s'assurent que les génotypes sélectionnés se rapprochent le plus possible du cahier des charges et de l'idéotype. *In fine*, ce sont, pour chaque région, de trois à cinq nouvelles variétés résistantes et adaptées aux terroirs qui sont espérées à l'horizon 2030.

La vigne sous surveillance

Mildiou et oïdium : anticiper le contournement

Si l'utilisation des gènes de résistance est un moyen efficace pour contrôler les maladies, il est fréquent d'assister au cours du temps à une perte d'efficacité, plus ou moins rapide. Cette perte d'efficacité, dite également « contournement » ou « érosion » des résistances, est liée à la sélection

de souches d'agents pathogènes capables d'infecter les cultivars initialement résistants. Dans le cas de la vigne, la crainte d'une adaptation des populations de mildiou et d'oïdium visée par la résistance semble justifiée.

Malgré une diffusion très restreinte des variétés résistantes, l'évolution est déjà en cours. Pour le mildiou, Perressoti *et al.* (2010) ont décrit un premier contournement de résistance sur la variété Bianca.

De plus, deux études réalisées à l'Inra de Bordeaux ont

mis en évidence l'érosion des résistances de Regent, Prior et Bronner, trois variétés résistantes déployées en Allemagne (Delmotte *et al.*, 2014 ; Delmas *et al.*, 2016). Du côté de l'oïdium, des données non publiées de l'Inra de Bordeaux montrent que

À l'horizon 2030, trois à cinq nouvelles variétés résistantes françaises sont espérées pour chaque région.

1 – Le Panorama européen

Concernant la résistance au mildiou et à l'oïdium, des travaux ont été initiés en Europe par des équipes allemandes et tchèques dès les années 1960.

Dans cette « première génération » de cépages, on peut citer les variétés bianca, solaris, bronner, voire regent.

Depuis les années 1990 jusqu'à nos jours, les recherches sont conduites en Allemagne par le JKI (Julius Kuhn Institut), le WBI (Staatliche Weinbauinstitut), en Suisse par l'Agroscope Changins et un sélectionneur privé Valentin Blattner et en Italie par l'IGA (Istituto di Genomica Applicata).

D'ailleurs, depuis le mois d'avril 2017, douze variétés issues de travaux d'organismes européens sont désormais officiellement classées définitivement en France : muscaris, souvignier gris, monarch, prior, bronner, johanniter, solaris, saphira, pinotin, cabernet blanc, cabernet cortis et soréli.



2 – Réglementation : distinguer l'inscription et le classement

Le déploiement des variétés résistantes dans les bassins de production français intervient dans le contexte d'évolution du dispositif réglementaire mis en œuvre dans le cadre de l'organisation commune des marchés⁽¹⁾.

Ces évolutions conduisent à substituer aux droits de plantation le régime des autorisations de plantation. Cette substitution est le résultat de la création du catalogue européen des variétés de vigne. Jusqu'en 2013, seuls pouvaient être plantés les bois et plants inscrits au catalogue français, catalogue et classement étant indissociables.

Avec l'arrivée du catalogue UE, pour éviter que des variétés de vigne inscrites en UE soient plantées sans évaluation préalable de leurs caractéristiques en France, les procédures d'inscription et de classement ont été séparées.

Pour être plantés, les bois et plants doivent appartenir à une variété classée en France.

Pour être classée en France, une variété doit :

- être inscrite au catalogue (français ou européen) ;
- mais aussi respecter des critères cumulatifs listés dans l'arrêté du 9 mai 2016⁽²⁾, donc présenter un intérêt agronomique, technologique ou

environnemental ; cet intérêt peut être évalué dans le cadre d'un régime dérogatoire, le classement temporaire.

Celui-ci permet aux bassins de tester le potentiel de développement de nouvelles variétés en conditions de production. Ce régime est associé à un contingentement des surfaces et à des mesures de suivi.

Pour l'Inra et l'IFV, le classement temporaire permet de déployer un dispositif expérimental de grande envergure dans l'objectif d'acquiescer des références agronomiques et épidémiologiques associées au déploiement des variétés

résistantes dans des contextes diversifiés. L'Inra et l'IFV mettent ainsi à disposition des producteurs, les nouvelles variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium, dans le cadre d'une expérimentation participative intégrée dans l'observatoire Oscar. Cette mise à disposition concerne l'ensemble de l'offre variétale et fait l'objet d'un engagement réciproque entre Inra et producteur.

(1) Règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil portant organisation commune des marchés des produits agricoles, article 81.

(2) Arrêté du 9 mai 2016 établissant les modalités de classement des variétés de vignes à raisins de cuve.

les populations érodent la résistance Ren3 présente dans certaines variétés allemandes (regent, solaris).

Ces résultats ne sont pas très surprenants. En effet, dans leur bassin d'origine (Amérique du Nord), l'oïdium et le mildiou sont tous deux capables d'infecter une large gamme d'espèces de *Vitis* spp. (Brewer *et al.*, 2010 ; Rouxel *et al.*, 2013) dont certaines ont servi de source pour l'introgression des résistances dans les nouveaux cépages.

Gare aux maladies « secondaires »

La réduction drastique de l'utilisation des fongicides va également entraîner une modification des profils parasitaires auxquels seront confrontés les viticulteurs.

Les premiers résultats obtenus dans les conditions de la pratique montrent l'apparition ou la recrudescence de certains bioagresseurs dits « secondaires » (anthracnose, érinose, phylloxera gallicole), entraînant actuellement des dégâts mineurs. Le développement de maladies plus importantes (ex. : black-rot) peut entraîner des pertes de récolte significatives s'il n'est pas contrôlé. Par ailleurs, si la résistance au mildiou reste efficace, on observe souvent une progression de symptômes sur feuillage en fin de saison les années favorables à la maladie.

Nouvelle réflexion

Les objectifs de protection devront être adaptés à ces nouvelles contraintes. Il s'agira :

- de maîtriser les bioagresseurs non ciblés par les gènes de résistance, y compris des maladies actuellement contrôlées par les fongicides visant le mildiou ou l'oïdium ;
- de compléter l'efficacité des gènes de résistance dans le cas de résistances partielles

pour atteindre les objectifs de production en toutes situations ;

- de favoriser la durabilité des résistances en limitant les tailles de populations de mildiou et d'oïdium.

Ces nouveaux objectifs impliquent potentiellement le maintien de quelques traitements phytosanitaires. Ils nécessitent surtout une nouvelle réflexion quant aux stratégies de protection et aux outils d'évaluation des risques à mettre en œuvre. Par exemple, ils reposent la question de la place des méthodes de protection à efficacité partielle (stimulateur de défense des plantes, biocontrôle, méthodes agronomiques) dans ces systèmes.

Enfin, comme pour tout nouveau cépage, de nombreux paramètres agronomiques restent à évaluer au vignoble : sensibilité aux carences, port, aptitude à la mécanisation, etc. Pour répondre à ces enjeux, l'Inra et l'IFV ont mis récemment en place plusieurs actions. Elles comprennent des travaux de recherches théoriques mais également des approches participatives incluant de nombreux partenaires professionnels.

Étudier le niveau d'érosion

L'Inra de Bordeaux travaille à accroître les connaissances sur la durabilité des systèmes viticoles basés sur les cépages résistants. Il s'agit de quantifier le niveau d'érosion des résistances ainsi que les traits responsables de cette adaptation.

Un monitoring à large échelle des populations de mildiou a été mis en place en s'appuyant sur un dispositif *ad hoc*. Chaque année, des isolats sont collectés sur les parcelles et conservés au laboratoire pour la réalisation de tests d'agressivité.

En parallèle, ces phénomènes d'érosion des résistances partielles sont étudiés au laboratoire par approche d'évolution expérimentale. En partant d'isolats de mildiou « non adaptés », l'Inra étudie comment différents ratios de plantes sensibles/résistants, représentant autant de paysages variétaux, affectent la dynamique d'évolution des principaux traits d'histoire de vie composant le cycle infectieux du mildiou. Si la démarche s'avère pertinente, elle pourra jeter les bases d'une méthode expérimentale pour tester au laboratoire l'effet du déploiement de nouvelles variétés dans les paysages viticoles.

Analyser des centaines d'isolats par an : appel à la génomique

Par ailleurs, l'Inra de Bordeaux a rendu publique la première version du génome du mildiou de la vigne (Dussert *et al.*, 2016). L'Inra de Colmar a récemment publié des données transcriptomiques (Mestre *et al.*, 2016). Ces avancées permettent d'envisager des approches de génomique des populations afin de détecter les facteurs génétiques impliqués dans l'érosion des résistances partielles.

L'identification de ces régions génomiques servira à la mise au point de marqueurs génétiques utilisables pour détecter et suivre l'émergence et l'évolution de l'érosion des résistances au vignoble. Il s'agit de lever un verrou majeur lié au monitoring des populations de mildiou en permettant d'analyser plusieurs centaines d'isolats par année. Cela va se substituer aux techniques de phénotypage classiques actuelles.

Enfin, afin de raisonner au mieux le déploiement des variétés de vigne résistantes, l'Inra cherche à comprendre comment les



dynamiques épidémiologiques d'érosion des résistances sont affectées par les stratégies de déploiement de ces résistances (proportion, répartition dans le paysage) et par les caractéristiques du paysage (notamment connectivité entre parcelles) dans lesquelles elles sont déployées. Pour cela, les chercheurs développent des modèles théoriques utilisés en épidémiologie évolutive.

Réseau expérimental et observatoire Oscar

Un autre volet de recherche concerne la conception des itinéraires techniques permettant d'accompagner le déploiement des cépages résistants. Il s'agit d'acquies des connaissances, dans les conditions de la pratique, sur le comportement des cépages, les dynamiques épidémiques des bioagresseurs et plus globalement les performances de ces systèmes. Ces travaux s'appuient sur des dispositifs originaux, de longue durée et mis en place à l'échelle nationale :

- un réseau d'expérimentations systèmes, permettant de concevoir et mettre en œuvre des systèmes de culture combinant, dans une approche agroécologique, l'usage de la résistance variétale, les régulations naturelles, la gestion du sol sans herbicide et des traitements seulement en dernier recours ; il comprend des dispositifs à Bordeaux et Colmar et sera bientôt complété par un autre dispositif à Montpellier ; grâce à de nombreuses observations et mesures portant sur divers paramètres de l'agroécosystème (climat, plante, sol, communautés d'organismes et pratiques culturales), ce réseau permettra

de caractériser le fonctionnement et les performances de ces systèmes visant une rupture majeure de l'usage des produits phytosanitaires ;

- un Observatoire national du déploiement des cépages résistants (Oscar).

La création de cet observatoire résulte d'un partenariat entre l'Inra et l'IFV, en collaboration avec de nombreux organismes de développement. En s'appuyant sur les premiers déploiements de cépages résistants en France, il poursuit plusieurs objectifs :

- recueillir des données sur l'évolution des populations des agents pathogènes ciblés par les gènes de résistances, grâce à la collecte régulière d'isolats de mildiou et d'oïdium sur le dispositif, puis aux tests en laboratoire de virulence et d'agressivité des populations ;
- surveiller en grandes parcelles le comportement des cépages résistants face aux divers pathogènes dans des situations agroclimatiques variées ; détecter toute apparition de nouvelles problématiques sanitaires ;
- capitaliser des retours d'expériences sur la conduite de ces variétés en conditions de production (comportement agronomique, potentialités de mécanisation, facilité de conduite, etc.).

Un dispositif ambitieux

L'observatoire englobe tous les cépages possédant un classement temporaire ou définitif (obtenctions françaises ou étrangères). Les parcelles suivies ont une taille compatible avec les conditions de production des exploitations (mécanisables, permettant une vinification en vraie grandeur, etc.).

L'objectif est d'avoir un grand nombre de parcelles dans des situations agroclimatiques variées. De très nombreuses données sont collectées à l'aide des protocoles standardisés : caractéristiques des parcelles et de leur environnement, itinéraire technique, suivi des maladies et ravageurs, comportement agronomique et retours d'expérience sur la conduite. Ce dispositif a pour ambition d'être un outil à triple vocation : recherche, surveillance, démonstration/partage d'expériences.

Conclusion

La conception et le déploiement de systèmes de culture basés sur les cépages résistants relève de multiples disciplines, allant de la génétique à l'écologie en passant par les sciences économiques et sociales. Ils exigent la co-construction avec la profession viticole afin de prendre en compte les contraintes de la filière et favoriser le transfert de bonnes pratiques auprès des utilisateurs. □



POUR EN SAVOIR PLUS

CONTACTS : vous souhaitez planter des variétés résistantes françaises ?
Contacts : pascal.bloy@vignevin.com
remy.cailliatte@inra.fr

Vous souhaitez rejoindre l'Observatoire du déploiement des cépages résistants ? Contact : oscar@inra.fr

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

BIBLIOGRAPHIE : toute la bibliographie est disponible sur le site d'Oscar (lien ci-dessus).

REMERCIEMENTS Les auteurs remercient l'Unité expérimentale viticole de Bordeaux 1086, Inra, F-33883 Villenave-d'Ornon et le Service d'expérimentation agronomique et viticole 0871, Inra F-68000 Colmar pour leur contribution au suivi des expérimentations.

ANTIDIS

La référence en Expérimentation Agronomique
Semences et Protection & Nutrition des plantes
A vos côtés pour réaliser vos essais du semis à la récolte



Contactez nos experts : Tél. : + 33(0)3 44 48 93 05 - services@antidis.com

Agrément BPE Grandes Cultures, Vigne et Légumes / Agrément CIR

