

Vers une viticulture à faibles intrants phytosanitaires

ResDur, le programme Inra de création de variétés de vignes de cuve résistantes aux maladies cryptogamiques et de bonne qualité œnologique

Les cépages européens de l'espèce *Vitis vinifera* sont très sensibles aux maladies cryptogamiques venues d'Amérique, comme l'oïdium (*Erysiphe necator*), le mildiou (*Plasmopara viticola*) et le black rot (*Guignardia bidwellii*). Au cours du 20^e siècle, le recours aux fongicides pour protéger feuilles et grappes s'est finalement imposé comme stratégie de lutte. Plus récemment, les coûts et impacts directs et indirects de cette stratégie ont cependant conduit la filière viticole française à se remettre en question, et les pouvoirs publics à rechercher et promouvoir des techniques alternatives aux traitements fongicides afin de diminuer le recours aux produits phytosanitaires (plan Ecophyto). Précédant ces évolutions majeures, l'Inra a décidé dès 2000 de réorienter ses programmes d'amélioration de la vigne vers la résistance aux maladies et de les renforcer

L'Inra de Colmar s'est alors engagé dans un programme d'innovation variétale pour les vignes de cuve, utilisant l'hybridation et des techniques modernes de sélection comme la sélection assistée par marqueurs (SAM), afin de créer des variétés répondant aux nouvelles attentes de la viticulture française.

L'objectif finalisé est l'inscription au catalogue, entre 2016 et 2023, d'une trentaine de variétés de cuve à raisins blancs ou noirs qui soient :

- durablement résistantes au mildiou et à l'oïdium,
- de qualité comparable au standard des cépages actuels,
- adaptées aux contraintes climatiques des grandes régions viticoles françaises.

Le déploiement de telles variétés constituerait un puissant levier pour répondre aux préoccupations de la filière et atteindre les objectifs du plan Ecophyto.

Quelques éléments historiques en France et en Europe

L'arrivée groupée des maladies et parasites d'origine américaine en Europe, en l'espace d'une génération entre 1845 et 1885, a contraint les viticulteurs à modifier radicalement leurs systèmes et techniques de production. Contre le phylloxéra, le recours au greffage sur des vignes américaines naturellement résistantes, ou sur leurs descendants obtenus par hybridation et ayant hérité de cette résistance, s'est finalement imposé comme stratégie de lutte. Mais cela n'a pas été immédiat, car il a fallu créer toute une gamme de porte-greffes adaptés aux diverses conditions pédoclimatiques, constituer de toutes pièces la profession de pépiniériste viticole et enfin gagner l'adhésion des viticulteurs à une technique qui leur était étrangère. Le recours à des insecticides comme

le sulfure de carbone a constitué durant de nombreuses décennies une alternative au greffage et un moyen de conserver les cépages traditionnels francs de pied. On se rappellera à ce sujet que le vignoble de la Romanée-Conti, par exemple, n'a été greffé qu'à partir de 1938.

Forte de la réussite obtenue avec les porte-greffes résistants au phylloxéra, la stratégie des résistances génétiques fut également appliquée, dès la fin du 19^e siècle, pour lutter contre les maladies cryptogamiques. Mais le challenge était d'une autre dimension, puisqu'il impliquait de cumuler dans une même variété la résistance au phylloxéra des racines avec la résistance à plusieurs maladies du feuillage et des grappes, sans perdre en quantité et qualité de raisins. Une vingtaine d'hybrideurs français s'attela à la tâche durant près de 60 ans et réalisa un travail considérable de création variétale. Malgré cet effort sans précédent, la réussite ne fut pas au rendez-vous, dans la mesure où le classement des cépages instauré en 1955 ne retint que 20 cépages " hybrides " au catalogue, sur le millier de nouvelles variétés diffusées au plus fort de l'activité de sélectionneurs restés célèbres comme Seibel, ou les Seyve-Villard. Aucun de ces 20 cépages ne fut classé en catégorie " recommandé ", et ils ne pouvaient dès lors produire que du vin de table.

En France, cet échec relatif constitua une rupture dans la conscience collective des viticulteurs et de leurs organisations représentatives. Si bien que l'administration et les organismes de recherche ou d'expérimentation furent découragés d'investir des moyens dans ce domaine. A l'Inra, ce n'est qu'à la fin des années 1970 que deux chercheurs reprirent ces travaux, Jean-Pierre Doazan à Bordeaux et Alain Bouquet à Montpellier. Jean-Pierre Doazan relança un programme de création variétale en utilisant un géniteur de résistance particulier et étudia plus spécifiquement l'hérédité de la résistance au mildiou. Son travail a conduit à l'inscription de quatre variétés d'agrément pour amateurs,

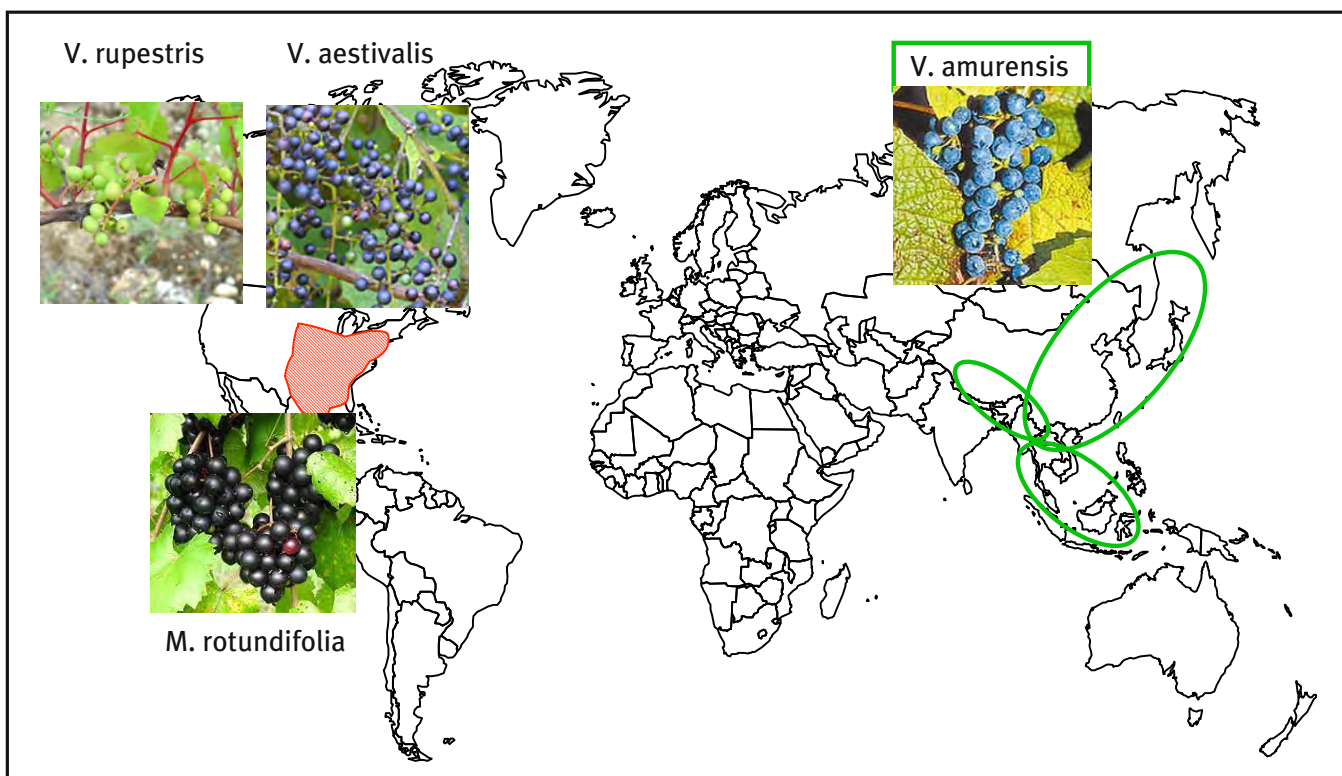


Figure 1 : Quelques sources de résistance aux maladies cryptogamiques utilisées dans le programme ResDur. En rouge, la zone endémique du mildiou de la vigne.

ainsi qu'à des obtentions de raisins de cuve prometteuses, dont la résistance fait actuellement l'objet de recherches plus poussées. Alain Bouquet entreprit l'étude et l'exploitation d'une source de résistance originale, *Muscadinia rotundifolia*, qui n'avait jamais été utilisée auparavant en Europe. Ses recherches et le matériel créé ont joué un rôle fondateur dans le repositionnement de l'Inra et l'engagement du programme ResDur en 2000.

Dans d'autres pays européens, comme l'Allemagne ou les pays de l'Est, il n'y eut pas une telle rupture, et leurs programmes d'amélioration de la vigne ont continuellement conservé un volet dévolu à la résistance aux maladies. De nos jours, tous nos voisins, à commencer par l'Italie, ont engagé des programmes de création variétale pour la résistance aux maladies.

Sources de résistances et introgression des résistances

Au sein de la grande famille des Vitacées, certaines espèces portent des résistances naturelles aux maladies cryptogamiques. Elles appartiennent majoritairement aux *Vitis* sauvages d'origine américaine (*V. riparia*, *V. rupestris*, *V. aestivalis*, *V. cinerea*,...) ou asiatique (*V. amurensis*, *V. cognatae*,...), ainsi qu'à un genre très proche, *Muscadinia*, également d'origine américaine (cf. Figure 1). Toutes ces vignes sauvages sont interfertiles avec les nombreux cépages cultivés de notre vigne européenne, *V. vinifera*. Il est donc possible d'utiliser l'hybridation classique pour incorporer les résistances des *Vitis* sauvages dans le fonds génétique cultivé, bien que les croisements avec *Muscadinia*, qui possède une paire de chromosomes supplémentaire, soient difficiles à réaliser.

Si les espèces sauvages possèdent des facteurs de résistance très intéressants, elles présentent cependant des caractères rédhibitoires, en termes d'architecture de la végé-

tation, de productivité, de composition des baies et surtout de qualité des vins. Compte tenu du nombre de caractères négatifs à éliminer, du nombre de caractères positifs à combiner et du déterminisme génétique gouvernant leur transmission, il n'est pas possible d'obtenir des individus répondant à tous les critères en une seule étape de croisement avec la vigne européenne. L'utilisation des



Crédit photo : Dominique Martin



Crédit photo : C. Schneider - INRA

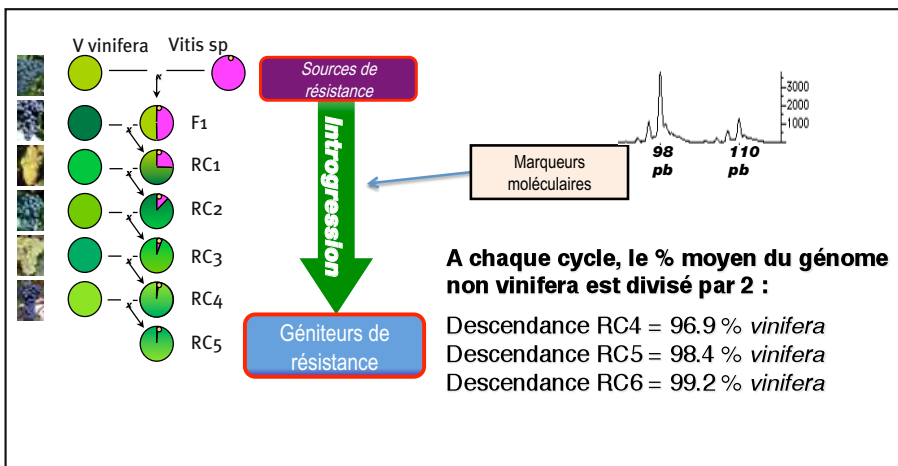


Figure 2 : L'introgression de résistance par des recroisements (RC) successifs avec des cépages de *Vitis vinifera*.

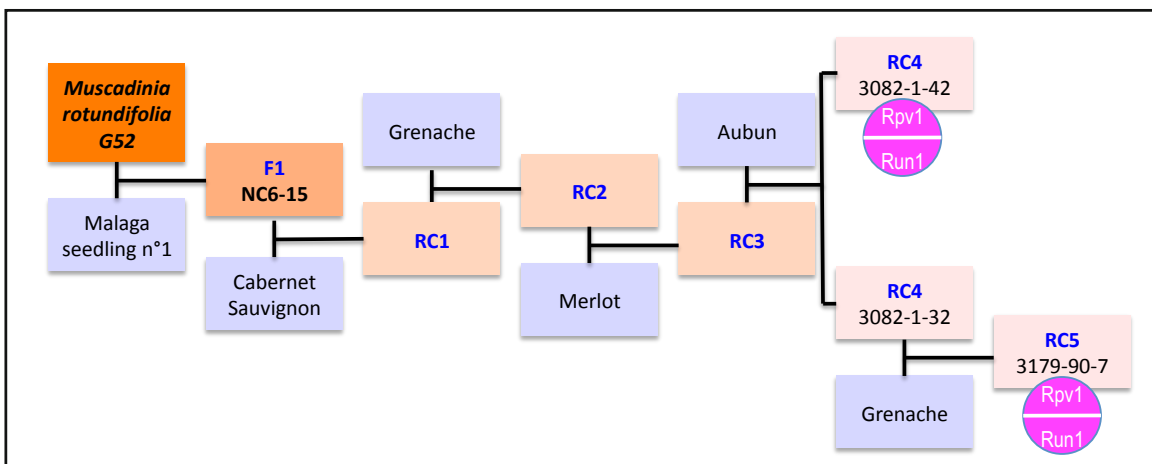


Figure 3 : Introgression des gènes de résistance Run1 (oïdium) et Rpv1 (mildiou) à partir de l'espèce sauvage *Muscadinia rotundifolia* (Bouquet et al. 2000).

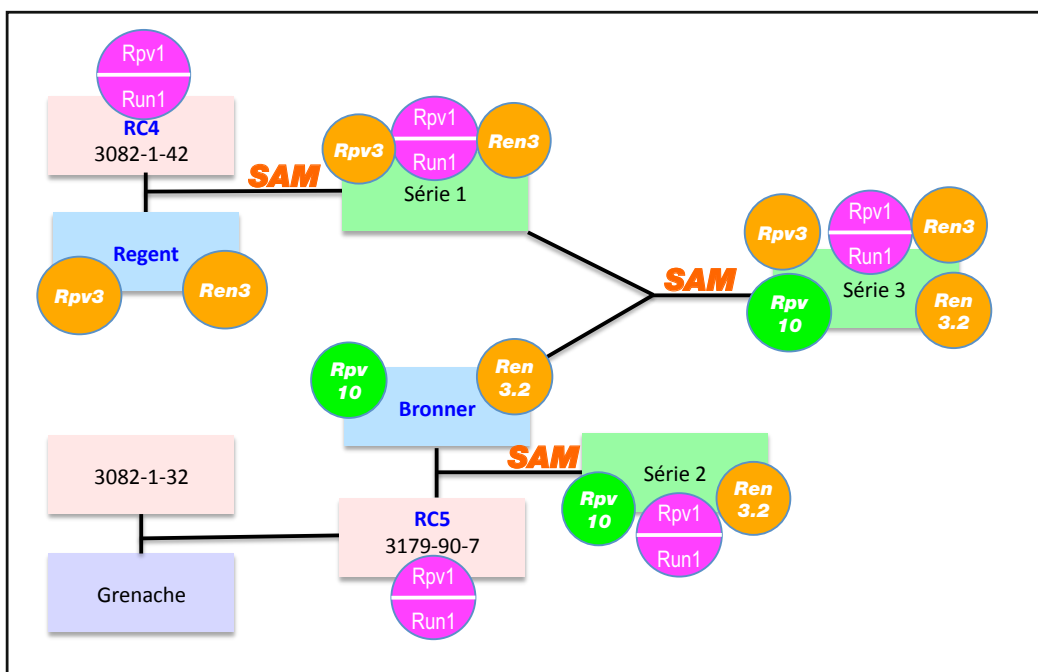


Figure 4 : Pyramidage de facteurs de résistance apportés par 3 compartiments de Vitacées : *M. rotundifolia* (en rose), *Vitis* américains (en brun), *Vitis* asiatique (en vert) en recourant à la sélection assistée par marqueurs liés à ces facteurs.

sources de résistance nécessite donc, au préalable, une phase d'incorporation des facteurs de résistance dans le fonds génétique de la vigne européenne, appelée introgression, afin de disposer du matériel pouvant ensuite servir en création variétale.

L'introgression peut être réalisée de manière systématique en procédant à une série de re-croisements avec *V. vinifera*, jusqu'à aboutir à des géniteurs de résistance, qui combinent résistances et caractères positifs de la vigne européenne (cf. Figure 2). A chaque cycle, ne sont conservés que des individus porteurs de la résistance pour le re-croisement suivant. Ce procédé permet d'éliminer en moyenne la

moitié du génome sauvage résiduel à chaque génération, hormis la fraction porteuse de la résistance. En considérant par exemple la descendance issue du 5ème re-croisement, la part du génome provenant de l'espèce sauvage représentera moins de 2 %. C'est cette méthode d'introgression qui a été retenue par Alain Bouquet pour obtenir, après 25 ans

d'effort, toute une série d'obtentions dotées d'un gène de résistance au mildiou (Rpv1) et d'un gène de résistance à l'oïdium (Run1) provenant de *M. rotundifolia* (cf. Figure 3). Dans ce cas particulier, les deux gènes sont situés à très petite distance sur un même segment chromosomique. Aujourd'hui, avec les marqueurs moléculaires liés aux gènes de résistance, il est possible de reconnaître les individus porteurs de résistance dès le stade plantule. Cela permet de réaliser chaque cycle de re-croisement en un an, et d'accélérer considérablement le processus d'introgression.

D'autres formes introgressées de résistances sont obtenues avec des variétés issues de longues séries de croisements, au cours desquelles les caractéristiques

tères négatifs des espèces sauvages ont été méthodiquement contre-sélectionnés par des générations de sélectionneurs. Des variétés étrangères inscrites à partir des années 1990 rentrent dans cette catégorie, comme par exemple les variétés 'Regent' ou 'Bronner', dont la genèse remonte à plus de 100 ans, avec les premiers travaux des hybrideurs français (Seibel, Ganzin, Couderc) et russes (Potapenko).

Le pyramidage des facteurs de résistance

Dans le domaine de la résistance génétique, il faut considérer non seulement l'efficacité d'une résistance, mais également sa durabilité. Cette notion de durabilité rend compte de la plus ou moins grande stabilité dans le temps des résistances variétales, c'est à dire de la capacité du pathogène à évoluer pour contourner cette résistance. Dans certains cas, il apparaît que le contrôle des maladies obtenu à l'aide de gènes de résistance subit, au cours du temps, une perte d'efficacité liée à l'apparition de nouvelles souches d'agents pathogènes. Plusieurs études montrent que le pyramidage (= l'association dans un même individu) de plusieurs gènes de résistance diminue le risque de contournement de la résistance. C'est pourquoi le programme de création variétale développé à l'Inra de Colmar a été conçu pour associer plusieurs facteurs de résistance d'origine botanique diversifiée. Les plans de croisements et le principe de sélection retenus aboutissent à des variétés dont les résistances sont de type poly (ou oligo) - génique, rendant ainsi plus difficile leur contournement par le pathogène.

Le programme ResDur combine les résistances du matériel d'introgession de la source Muscadinia, obtenu par Alain Bouquet, avec les

résistances de variétés inscrites au catalogue allemand, telles 'Regent' ou 'Bronner', qui représentent des formes introgressées des sources de Vitis américains ou asiatiques. Des travaux récents, en particulier ceux conduits dans notre Unité, ont permis de localiser sur le génome de la vigne les facteurs de résistance portés par ces trois types de géniteurs. Il a été montré que chacun possède un locus majeur (gène) de résistance au mildiou, et un autre à l'oïdium. Des marqueurs moléculaires ont pu être développés pour chacun d'entre eux, ce qui permet de suivre leur transmission dans les descendance et de les pyramider au moyen de la sélection assistée par marqueurs (SAM, cf. Figure 4 p. 64). Nous avons réalisé trois séries de croisements de manière à créer des descendance avec deux puis trois facteurs (ou gènes) de résistance pour le mildiou (*Rpv*) et pour l'oïdium (*Run* ou *Ren*).

Un schéma de sélection accélérée

Nous avons également développé un schéma de sélection accélérée, qui permet de présenter à l'inscription une variété en 15 ans seulement (cf. Figure 5), alors que 25 ans étaient encore la norme à la fin des années 1990.

C'est en premier lieu la SAM qui permet d'économiser un temps considérable dans l'étape de sélection précoce. Cette technique permet de trier les populations de sélection deux mois après le semis des pépins et d'éliminer, dès ce stade, tous les individus qui ne portent pas les gènes de résistance souhaités. En considérant par exemple la descendance RC4 X 'Regent', un tel tri précoce permet d'éliminer 7/8 des individus à un stade où il ne faut que 1 m² de tablette en serre pour 100 individus.









Nouvelle gamme

de spécialisés

Venez les découvrir sur notre stand

1B0403



GUENON SAS



JOHN DEERE

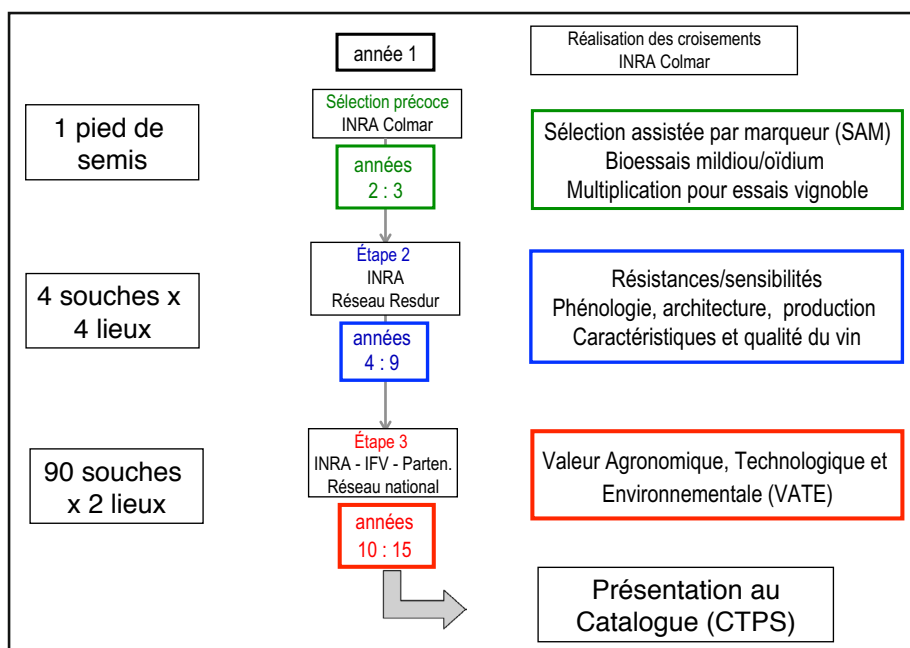


Figure 5 : Schéma de sélection accélérée utilisé pour la création de variétés à résistance polygénique au mildiou et à l'oïdium.

La mise en place de réseaux d'évaluation, tant pour la sélection intermédiaire (étape 2) que pour la sélection finale (étape 3), a également contribué à accélérer le processus, tout en sécurisant l'évaluation des caractères culturaux et œnologiques.

Les trois séries de croisements ont été échelonnées entre 2000 et 2009 et ont généré 13000 pépins. A l'issue de la sélection précoce, il ne subsistait que 750 individus qui sont à des stades de sélection plus ou moins avancés :

- l'étape 3 de sélection finale est engagée pour la série 1, avec 12 variétés candidates en cours d'expérimentation pour leur Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale (VATE)

- l'étape 2 de sélection intermédiaire est achevée pour la série 2, avec une quarantaine de variétés candidates en voie d'installation dans le réseau national VATE

- L'étape 2 a démarré en 2014 pour la série 3, avec 250 individus en cours d'évaluation.

La présentation à l'inscription au catalogue devrait suivre un échelonnement similaire et intervenir à partir de 2016, 2020 et 2023, respectivement pour les trois séries.

Quelques résultats tirés de l'étape de sélection intermédiaire

Cette étape de sélection repose sur un dispositif multisite établi dans 4 Unités Expérimentales "vigne" de l'Inra : Angers, Bordeaux, Colmar et Montpellier. Les obtentions sont représentées dans chaque site par 4 ou 5 pieds greffés, confectionnés directement à partir du pied de semis. Deux variétés témoins servent de référence à l'ensemble des observations, le 'merlot' au titre des cépages à raisins noirs et le 'chardonnay' pour les blancs. En un lieu donné, l'itinéraire technique est strictement identique pour les variétés témoins et les obtentions à évaluer (porte-greffe, mode de conduite, façons culturales), sauf en ce qui concerne la protection fongicide. Un programme de traitement conventionnel est appliqué aux variétés témoins, alors que les obtentions ne reçoivent aucun traitement. Les observations et mesures sont prises en charges par les Unités Expérimentales et les données sont centralisées à Colmar.

Les observations réalisées en sélection intermédiaire (étape 2) montrent que le pyramidage de gènes permet d'obtenir des degrés de résistance très élevés (Figure. 6).

En considérant par exemple le cas des gènes de résistance au mildiou, Rpv1 et Rpv3, ce sont toujours les individus dotés des 2 gènes qui expriment le niveau de résistance le plus élevé comparativement aux individus n'en portant qu'un seul.

Le comportement des obtentions vis-à-vis des maladies secondaires, habituellement contrôlées par les traitements anti mildiou et anti-oïdium, est également pris en compte dans le cadre de cette étape. Sur la base de l'ensemble des populations analysées, c'est indéniablement le black rot qui constitue la maladie la plus préoccupante. Les facteurs de résistance à cette maladie sont encore mal connus, mais il apparaît clairement que le déterminisme de la résistance au black rot est indépendant de celui du mildiou ou de l'oïdium. Autrement dit, des obtentions très résistantes au mildiou ou à l'oïdium peuvent être sensibles ou résistantes au

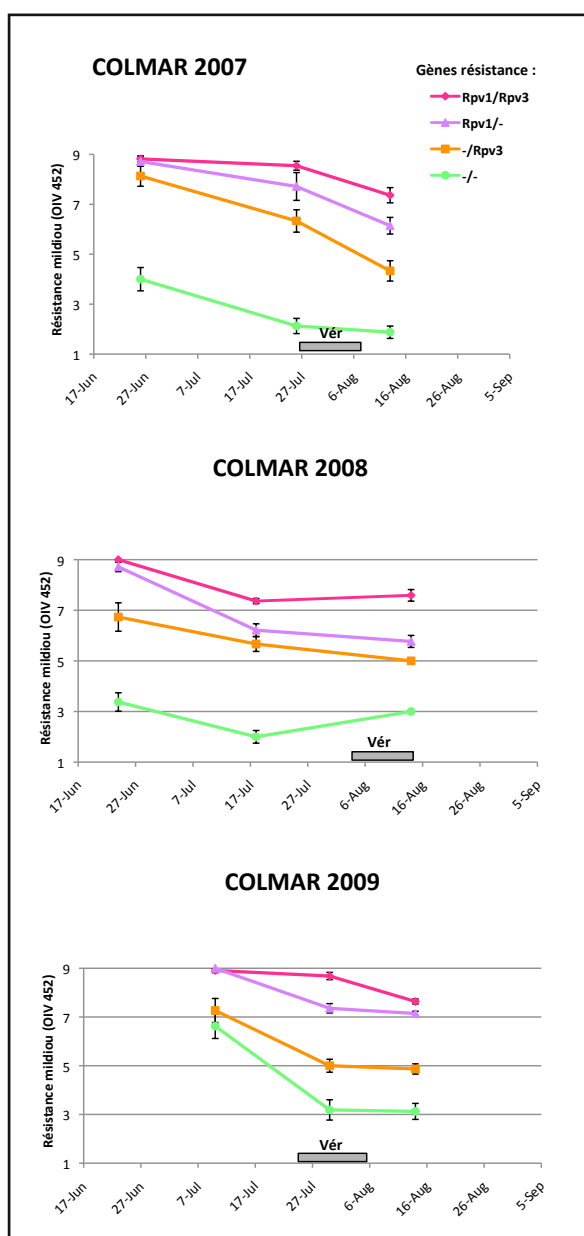


Figure 6 : Résistance au mildiou sur feuilles des obtentions de la série 1, selon la combinaison de gènes de résistance.



Figure 7 : Exemple de deux obtentions résistantes au mildiou et à l'oïdium. La première (A) est très sensible au black rot, la deuxième (B) résistante.

black rot, selon que les gènes de résistance spécifiques du black rot leur ont été transmis ou non. La **Figure 7** illustre cet aspect et montre à quel point les attaques de black rot peuvent anéantir une récolte, alors que le feuillage reste relativement épargné.

Pour la valeur culturelle, en considérant la précocité de maturation ou le rendement, il apparaît qu'environ un tiers des obtentions résistantes présente des aptitudes compatibles avec les critères de production des bassins viticoles français (**Fig. 8**). Pour les meilleurs d'entre elles, la qualité du vin (**Fig. 9**) est jugée comparable aux cépages témoins (chardonnay, merlot).

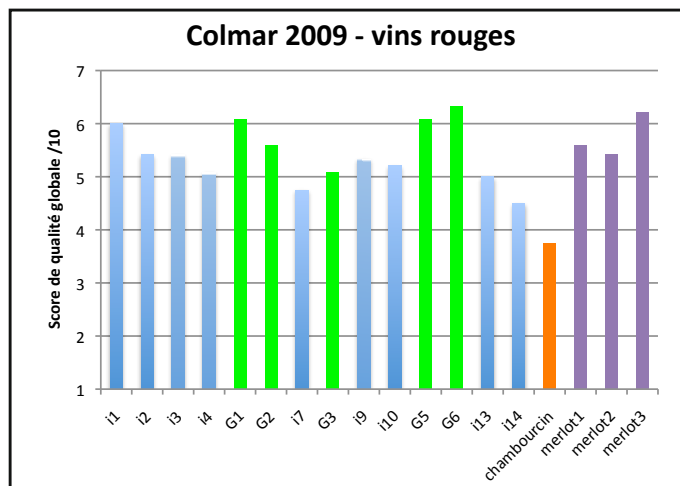


Figure 9 : Qualité des vins d'obtentions de la série 1, selon un jury de 12 dégustateurs.

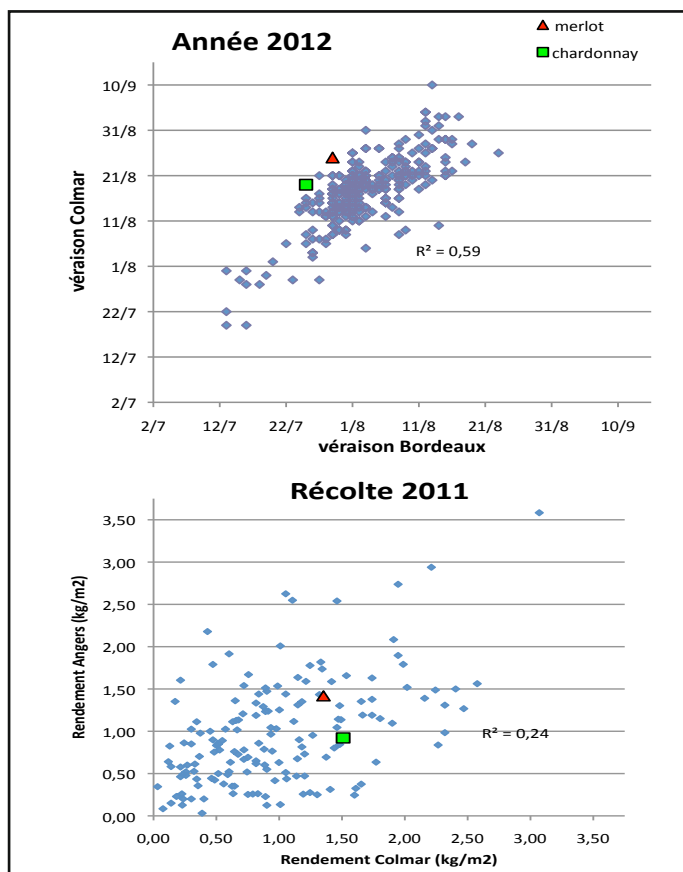


Figure 8 : Précocité de véraison et rendement observés dans le réseau Inra Resdur pour 250 obtentions de la série 2.

Performances Vignobles

- Prestations viticoles -

BIGAROUX 33330 ST-EMILION

- TAILLE
- PLIAGE
- CALAGE
- TOMBÉE DES BOIS
- GESTION VIGNOBLES

TÉL. : 05 57 50 50 00
 MAIL : performances-vignobles@orange.fr
 SITE : www.performances-vignobles.fr

Le réseau national VATE et les perspectives d'inscription au catalogue

Pour l'étape de sélection finale, qui sert de base à l'examen de Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale (VATE), un réseau national a été constitué. Il s'inscrit dans le cadre d'un partenariat entre l'Inra et l'IFV, qui en assurent respectivement les coordinations scientifique et technique. Il s'appuie sur des organismes régionaux comme les chambres d'Agriculture, les Sicarex ou les Comités Interprofessionnels qui prennent en charge le suivi des essais. Ce réseau, en écho aux exigences du règlement d'inscription du CTPS, est représentatif des zones climatiques et des grandes régions viticoles françaises. Il permet en outre d'intégrer les agents du développement au processus de sélection variétale et ainsi de favoriser l'appropriation de ces nouvelles variétés par la filière viticole.

La première série de croisements est arrivée en fin d'étape de sélection intermédiaire en 2010. Douze obtentions ont été sélectionnées et installées dans le réseau VATE en 2011 et 2012. Chacune, qualifiée dès lors de "variété candidate", est présente sur 2 sites au minimum, certaines pouvant être répétées sur un plus grand nombre de sites. Dans chaque essai, les modalités variétales sont représentées par 90 pieds au moins, en trois répétitions, ce qui permet de faire une bonne évaluation des potentiels viticoles et œnologiques en comparaison des variétés témoins. L'architecture générale du réseau est synthétisée dans le **tableau 1**. La collecte de données a commencé en 2013 et durera au minimum 3 années, ce qui laisse envisager les premières présentations à l'inscription à partir de 2016.

Parallèlement au réseau VATE dévolu à l'inscription au catalogue, des essais "systèmes" à bas intrants phytosanitaires sont installés avec quelques "variétés candidates". Ces dispositifs mettent en œuvre des surfaces beaucoup plus importantes, quelques dizaines d'ares, ce qui les place à l'échelle de la pratique courante et de l'exploitation commer-

Tableau 1
Le réseau VATE en 2014 : Sites d'expérimentation avec les cépages témoins et la répartition du nombre de variétés candidates selon la couleur du raisin.

	CA33	CA84	Sicarex Bj	Civc	Inra-IFV Val Loire
Cépages témoins	Merlot	Grenache	Gamay Chardonnay	Chardonnay	Cab. franc Chenin
Raisins noirs	5	5	4	1	2
Raisins blancs	/	/	5	3	4
Plantation	2011 (*)	2011 (*)	2011/12 (*)	2011/12 (*)	2012

(*) : Avec le soutien financier du ministère de l'Agriculture (projet AzPV)

cial. Ils visent à préparer le déploiement des nouvelles variétés, en calant les itinéraires techniques les mieux adaptés, en particulier pour une gestion durable des résistances, ou encore en explorant les freins socio-économiques qui pourraient ralentir leur diffusion.

Le programme ResDur de l'Inra constitue le volet appliqué de nombreuses recherches fondamentales menées en amont, qui portent sur les gènes de résistance, les agents pathogènes ou l'interaction entre ces deux compartiments. Il devrait permettre à court terme de proposer aux viticulteurs de nouvelles variétés résistantes aux maladies cryptogamiques et de bonne qualité œnologique, contribuant ainsi à relever le défi d'une viticulture durable.

■ **Christophe Schneider**¹⁻², **Emilce Prado**¹⁻², **Christine Animus**¹⁻², **Lionel Ley**³, **Dominique Forget**⁴, **Gérard Barbeau**⁵, **Laurent Audeguin**⁶, **Didier Merdinoglu**¹⁻²

¹ Inra, UMR 1131, Svqv, 68000 Colmar,
² Université de Strasbourg, UMR 1131, Svqv, 68000 Colmar
³ Inra, Seav, 68000 Colmar,
⁴ Inra, UE Viticole Bordeaux, 33883 Villenave d'Ornon,
⁵ Inra, UE Vigne et Vin, 49070 Beaumont,
⁶ IFV, Pôle Matériel Végétal, 30240 Le Grau du Roi,
C.Schneider@colmar.inra.fr

FORUM " BIEN DANS SON TRAVAIL, BIEN DANS SA VIE "

Le Groupement de Développement Agricole Féminin de la Gironde organise le **jeudi 27 novembre** prochain à la Maison des Bordeaux et Bordeaux supérieur à Beychac-et-Caillau un forum sur le thème " Bien dans son travail, bien dans sa vie " destiné aux agricultrices et aux agriculteurs girondins. En collaboration avec la MSA de la Gironde et la chambre d'Agriculture, cette journée doit permettre d'initier et d'organiser une réflexion " comment concilier vie familiale et vie professionnelle pour prévenir les risques psychosociaux ".

Au programme :

10 h 30 • Conférence " **Entre bien-être au travail et stress en agriculture** " Josiane Voisin, ergonomiste

11 h 35 • Débat sur " **Projet de vie et projet professionnel en agriculture, comment les concilier ?** "

Témoignages et échanges sur l'installation de jeunes, l'implication dans la vie locale, la médiation professionnelle et la situation d'exploitant aidant familial

13 h 00 • Repas (16 €, sur inscription)

L'après-midi à partir de 14 h • Deux ateliers (inscription sur place)

Atelier 1 • " **Améliorer les conditions de travail, prévenir le stress** " (à 14h et à 15h - durée 1 h) Interventions MSA/Ddtm

Atelier 2 • " **Comment faire face aux changements ?** " (à 14h et à 15h - durée 1 h) Interventions MSA/Afoc

17 h • Clôture du forum

Tout au long de la journée, les personnes présentes trouveront des informations sur les stands d'organismes et d'associations en lien avec l'agriculture.

**Inscription avant le 10 novembre 2014 (places limitées) auprès de : Ariane Vidal - Tél. : 05 56 01 83 31 - vidal.ariane@msa33.msa.fr
Sylvie Mothes - Tél. : 05 56 71 82 01 - smothes@laposte.net**

