



Plan Ecophyto

Comité consultatif de gouvernance n°
Programme 2015

Mise en place et analyse d'un Agrosystème Vigne Innovant combinant Résistances Variétales et Modes de Conduite : vers une augmentation des performances environnementales (gestion biologique des principaux bioagresseurs de la vigne) et économiques de l'agrosystème.

Numéro et libellé de l'action dans lequel s'inscrit le projet :

Axe 3 : Innover dans la conception et la mise au point des itinéraires techniques et des systèmes de cultures économes en pesticides.

Actions : ensemble des actions n° 23 à 27, 29, 31 à 33, 70, 72, 88 et 89

Pilote de l'action : MAAF/DGER/SDRICI/BFR

Description du projet :

Résumé du projet : La vigne consomme 20% des pesticides utilisés en France dont une majorité de fongicides (70%), essentiellement contre le mildiou et l'oïdium. Cette utilisation importante de fongicides est liée à la très grande sensibilité de la vigne cultivée *Vitis vinifera* aux agents pathogènes. Dans un contexte de réduction d'intrants, la recherche de méthodes innovantes pour gérer les pathogènes autrement devient nécessaire. Des variétés de vigne résistantes à l'oïdium et au mildiou seront inscrites au catalogue en 2016. Il apparaît important d'étudier des conditions de culture qui permettraient d'augmenter l'efficacité de ces résistances à contrôler les épidémies, leur durabilité et la résilience de ces nouveaux agrosystèmes. Des modifications d'architecture des plantes s'avèrent un levier tout à fait intéressant pour réduire l'impact des épidémies. Nous proposons de planter et d'évaluer un dispositif expérimental qui allierait biodiversité variétale et modes de conduite : deux variétés présentant des niveaux de résistance différents au mildiou et à l'oïdium seront alternées en rang, avec des modes de conduites choisis pour défavoriser l'installation de ces deux principaux agents pathogènes. Une conduite en non taille, sera évaluée pour son aptitude à renforcer la résistance à l'oïdium, et une taille type 'cordon haut' sera privilégiée pour limiter les contaminations primaires de mildiou par splashing à partir du sol. L'alternance des variétés résistantes aux deux principaux agents pathogènes de la vigne devrait permettre d'accroître la résilience du système, et le rendre plus robuste en fonction des pressions pathogènes (années climatiques ou région plus propices à l'un ou l'autre). Une étude sera également réalisée afin d'évaluer les différences de métabolisme primaire et d'état naturel de défense de ces variétés en fonction de leur stade phénologique (feuilles et grappes), et de leur mode de conduite par différentes approches dont la transcriptomique, couplée à des tests de pathogénie.

1. Contexte et enjeux scientifiques

La vigne représente **3,7% de la surface agricole française** mais elle consomme à elle seule **20% des pesticides** (en masse) dont une majorité de fongicides (70% des pesticides utilisés sur vigne). Parmi les fongicides, 87% des traitements ont pour cible le mildiou et l'oïdium, ce qui représente un coût de 244 M€ (706 M€ au niveau mondial). La raison principale de cette utilisation massive de fongicides sur vigne est liée à la très grande sensibilité de la vigne cultivée aux agents pathogènes. Les directives européennes récentes sur l'utilisation et la réglementation des pesticides (Directive 1107/2009/EU) et au niveau national le plan Ecophyto 2008, contraignent le praticien et la recherche à développer des méthodes de contrôle innovantes et d'évaluer leur performances. En vigne, la plantation de variétés hybrides, portant des gènes de résistance est actuellement interdite en France en zone d'AOC, même si de nombreuses variétés hybrides sont cultivées chez nos voisins européens (Allemagne, Suisse). Certaines de ces variétés s'avèrent après plusieurs années de culture moins efficaces pour contrôler le mildiou. Du côté de l'oïdium, il a été montré qu'en fonction du fond génétique, le gène *Run1* ne confère pas toujours une résistance totale et autorise la sporulation faible de certains isolats voire la reproduction sexuée. De nouvelles variétés de vigne résistantes à l'oïdium (résistance totale) et au mildiou (résistance partielle) seront inscrites au catalogue en 2016. Il apparaît donc important d'étudier des conditions de culture qui permettraient d'augmenter l'efficacité des résistances variétales à contrôler les épidémies, donc à diminuer la multiplication des agents pathogènes. Des modifications d'architecture des plantes s'avèrent un levier tout à fait intéressant pour réduire l'impact des épidémies par action directe (production d'organes sensibles) ou indirecte (modification du micro-climat) créant des conditions favorables ou non au développement des agents pathogènes. Sur vigne, ces modifications architecturales peuvent être obtenues par le système de conduite : type de taille, modifications de phénologie, culture en mélange. Pour l'oïdium, des conduites induisant une production de jeunes feuilles limitée dans le temps (comme la non taille) sont des systèmes très intéressants car les épidémies graves sont favorisées par une multiplication forte de l'inoculum avant la floraison et amplifiées par l'émergence des feuilles secondaires. Un modèle mathématique a montré qu'une alternance de variétés résistantes et sensibles en rang, était le plus performant pour contrôler les épidémies.

2. Objectifs du projet

Nous proposons de planter et d'évaluer un dispositif expérimental innovant en vigne, qui **allierait biodiversité variétale et modes de conduite**.

Dans ce dispositif, **deux variétés présentant des niveaux de résistance différents au mildiou et à l'oïdium, seront alternées en rang** et nous testerons les **effets amplificateurs de la résistance par les modes de conduite et les hétérogénéités spatiales créées au niveau de la parcelle**. Une **conduite en non taille**, sera évaluée pour son **aptitude à renforcer la résistance à l'oïdium**. En effet, dans ce mode de conduite des rameaux très courts sont émis et les feuilles émergent de manière synchrone. Un tel processus semblerait très performant pour le contrôle de l'oïdium, très sensible à la résistance ontogénique (liée à l'âge) des feuilles. Ce mode de taille génère également des grappes peu compactes donc potentiellement moins sensibles au botrytis, au moins en climat méditerranéen. Il semblerait également que ce mode de conduite soit moins sensible aux maladies du bois. Un autre avantage de la non taille est la **diminution du coût de travail** pour un rendement supérieur. Une **diminution de passages d'engins agricoles**, associé à des **grappes au taux de sucre réduit** prend également toute sa pertinence dans un contexte de changement global. Pour renforcer la

résistance au mildiou, une taille type ‘**cordon haut**’ sera privilégiée pour limiter les contaminations primaires par splashing à partir du sol. Les deux types de canopées seront caractérisés pour les différentes variables micro-climatiques afin de déterminer quelles sont les périodes de la saison végétative qui sont le plus propices aux maladies et qu’il faudrait protégées de manière privilégiée.

L’alternance en rang des modes de conduite /variété résistantes, permet d’inscrire ce projet dans un contexte d’agroécologie et d’exploiter au mieux l’utilisation de la biodiversité et la mobilisation de ses régulations biologiques positives, ainsi que la gestion du paysage et des territoires. Considérer la biodiversité variétale au sein de l’agrosystème viticole ne devrait pas compromettre ses performances productives et économiques. **L’alternance des variétés résistantes aux deux principaux agents pathogènes de la vigne** (oïdium et mildiou) devrait permettre **d’accroître la résilience du système**, et de le rendre plus robuste en fonction des pressions pathogènes (années climatiques ou région plus propices à l’un ou l’autre). A l’échelle d’une parcelle, l’application des traitements pourra donc être réduite spatialement en ne traitant que les rangs les plus attaqués ; de même une diminution maximale des IFT sera recherchée via l’exploitation du module Optidose de l’IFV permettant l’ajustement des doses à l’architecture du couvert végétal et à la pression épidémique et non à la surface de plantation. A l’échelle pluriannuelle, les risques devraient être diminués, en s’assurant toujours une partie de la production en cas d’échec de contrôle d’une des épidémies. En agissant au niveau de l’organisation de la biodiversité génétique et en créant des couverts non homogènes, la diversité spécifique pourra être potentiellement augmentée.

Le dispositif complet proposé (cf. schéma) permet **de dissocier les effets de l’architecture du couvert des effets ‘résistances variétales’ en comparant les épidémies dans les sous-parcelles en culture en mélange vs culture pure**. Mais à l’échelle du dispositif entier, l’effet de différents grains d’hétérogénéités spatiales pourront également être évalués (variétale et conduite en rang ou en patch). Il permettra dans une moindre mesure d’évaluer des taux de transfert d’inoculum d’un compartiment à l’autre, paramètre indispensable à la calibration de modèles de déploiement de résistances. Ce dispositif sera implanté sur le site expérimental INRA de la grande Ferrade en conditions particulièrement propices aux maladies. Un dispositif allégé (bloc 1) sera également implanté sur le site expérimental INRA de Pech Rouge, en climat méditerranéen où la non taille est déjà à l’étude sur plusieurs cépages *Vitis vinifera* (Merlot, Syrah, Mourvèdre, Viognier, Marselan, Grenache, Petit Verdot) pour ses performances en termes de rendement et d’œnologie.

Durant le temps de formation des ceps, une étude sera réalisée afin d’évaluer les différences de métabolisme primaire et d’état naturel de défense de ces variétés en fonction de leur stade phénologique (feuilles et grappes), et de leur mode de conduite. Pour étudier l’état naturel de défense des feuilles ou des baies, une puce de 96 gènes mise au point à l’UMR SAVE sera utilisée. Ainsi il sera possible de **visualiser la transcription de gènes impliqués dans les défenses et le métabolisme primaire de la vigne au cours du temps et d’évaluer son lien avec la résistance ontogénique**, voire la synthèse de métabolites secondaires **et le système de conduite**. Des tests de pathogénie seront réalisés en parallèle.

Un suivi œnologique sera également évalué la première année d’évaluation du dispositif afin de caractériser l’effet des modes de conduite sur le vin issu de ces variétés. Les variables permettant d’étudier la multiperformance des dispositifs seront récoltées et analysées en collaboration avec **Eric Giraud Heraud** (UMR GREThA, ISVV, Univ. de Bordeaux).

3. Originalité et caractère novateur du projet

Ce type de dispositif permettant de replacer des variétés de vigne dans une vision systémique où l’on considère l’interaction mode de conduite x résistance variétale est tout à fait innovant.

Il permettra **d'étudier la variation d'expression du potentiel génétique de la résistance de manière globale en fonction de la conduite, donc de la phénologie et de la physiologie de la plante**. La combinaison d'une étude transcriptomique ciblée avec les aspects de résistance aux agents pathogènes apportera des résultats inédits.

4. Intérêt pour le plan Ecophyto

Un tel dispositif devrait **favoriser le développement d'approches de gestion intégrée des bioagresseurs** et les résultats attendus devraient conduire à de **nouvelles gestions de la culture, en accord avec le plan Ecophyto**. Les traitements phytosanitaires seront considérablement réduits de par la résistance partielle des variétés utilisées aux deux agents pathogènes (les plus consommateurs de pesticides en vigne), mais également par une diminution en surface par une alternance un rang sur deux sur les rangs les plus attaqués ; et enfin par une **adaptation des doses à l'architecture du couvert végétal et à la pression épidémique** et non en dose /ha. En diminuant les pressions parasitaires il sera plus facile d'envisager des méthodes de lutte moins contraignantes : lutte biologique ou SDN, équilibres microbiens, qui à l'heure actuelles sont peu efficaces vis-à-vis des champignons parasites. En agissant au niveau de l'organisation de la biodiversité génétique et en créant des couverts non homogènes, la diversité spécifique pourra être potentiellement augmentée. Ces dispositifs implantés à l'INRA pourront être utilisés comme des vitrines pour le plan Ecophyto.

5. Structuration du projet et méthodologie mise en oeuvre

Action 1 : Implantation et des dispositifs expérimentaux

2015 : préparation des plants : 900 plants de 134 (greffés sur 3309C) et 900 plants de Prior (greffés sur Fercal) pour implantation en 2016 sur le site INRA de Villenave d'Ornon, et 300 plants de chaque (greffés sur Ru140) pour implantation en 2016 sur le site INRA de Pech Rouge. Préparation de plants supplémentaires (40 Prior, 40 de 134, 40 de Cabernet-Sauvignon) pour les études de physiologies et transcriptomiques sur boutures en pots.

Missions entre Bordeaux et Pech Rouge pour l'appropriation des dispositifs et adaptation du matériel viticole.

2016 : préparation du sol et plantation des deux dispositifs (cf. plans). L'homogénéité des dispositifs expérimentaux sera contrôlée par une mesure de la résistivité électrique des sols avant plantation, de manière à pouvoir caractériser d'éventuelles zones de fonctionnement homogènes au sein des parcelles.

2017-2019 : entretien du dispositif et mise en place de la conduite de la vigne

Action 2 : Caractérisation de la physiologie et de l'activation des composés de défense des variétés, et de leur sensibilité à l'oïdium et au mildiou

2016 -2017 : Caractérisation de l'état physiologique et de défense des feuilles et grappes en fonction de l'âge des organes pour 3 variétés : les deux variétés résistantes du dispositif et un témoin sensible Cabernet-Sauvignon. Des mesures foliaires de composés de type chlorophylle, flavonols, Azote seront réalisées à l'aide de capteurs portables. Les outils Neovigen96 et BioMolChem développés à l'UMR SAVE seront utilisés pour caractériser la dynamique de mise en place de l'expression des défenses des variétés utilisées au cours de la saison et en fonction de l'âge des organes. Ces mesures seront complétées par des analyses de taux de sucre dans les feuilles, bon marqueurs d'état de transition des feuilles de 'puits' en 'source', et bon indicateur de mise en place de la résistance ontogénique (liée à l'âge des tissus). Des tests de pathogénie (oïdium, mildiou) seront réalisés au laboratoire et confrontés

2018-mi 2019 : Une caractérisation physiologique et architecturale de la canopée pourra débuter sur les nouveaux dispositifs implantés. Pour la caractérisation architecturale de la canopée végétative, un capteur embarqué Greenseeker sera utilisé. Dès qu'il le sera possible ces caractérisations se poursuivront sur le raisin. Des mesures annuelles seront également réalisées en phase hivernale à l'aide du Physiocap®, capteur permettant un dénombrement exhaustif des rameaux et la détermination précise de leur section et de caractériser ainsi l'équilibre des souches. Les variables micro-climatiques (température, humidité, humectation, radiation) seront également mesurées au sein de la canopée pour les différentes modalités, afin de caractériser les différences entre modes de conduite et leur périodes de sensibilité aux différentes maladies. Des stations micro-climatiques et capteurs portables seront achetés à cet effet sur le projet.

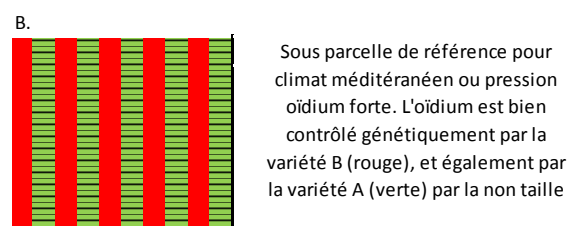
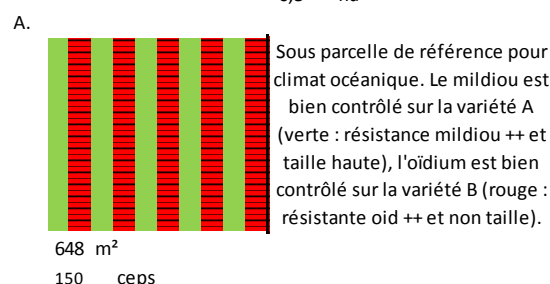


Schéma du dispositif expérimental de vigne proposé à la plantation combinant associations variétales et conduites culturales : dispositif de Villenave d'Ornon

Action 3 : Evaluation de la résistance et résilience du dispositif implanté

2019- : L'évaluation des dispositifs implantés vis-à-vis des principaux agents pathogènes de la vigne : oïdium, mildiou, botrytis, black-rot, pourra débuter. Pour ceux qui ont une répartition très hétérogène comme l'oïdium ou le black rot, des inoculations artificielles des différentes modalités pourront être réalisées. Le recours aux traitements phytosanitaires sera envisagé si nécessaire. Les décisions d'intervention s'appuieront sur les éléments d'évaluation des risques phytosanitaires développés par l'IFV au sein de la plateforme Epicure. Des analyses globales et multifactorielles des systèmes de type PLS-PM (partial least square path modelling) seront réalisées pour tester l'effet des différents facteurs (variables de conduites, de physiologie, climatiques, gestion phytosanitaire) sur le contrôle des épidémies. Ces évaluations seront bien-sûr poursuivies au-delà du projet, les dispositifs ayant une vocation pérenne.

Action 4 : Suivis œnologiques

Des micro-vinifications seront réalisées dès que possible sur les différentes modalités des dispositifs en climat océanique et en climat méditerranéen. Les caractéristiques œnologiques des variétés en taille haute et en non taille seront comparées. L'intérêt d'un assemblage sera également étudié dans le but de voir s'il y a un intérêt à valoriser un produit nouveau, pour lequel le faible nombre de traitement voire de traitements bio serait mis en valeur.

Action 5 : Analyse multiperformante du système

Depuis l'implantation des dispositifs, jusqu'au début de leur caractérisation une réflexion sera menée pour construire une évaluation multi performante du système.

6. Résultats et livrables attendus. Valorisation au bénéfice du plan Ecophyto

Les sites expérimentaux en tant que tels, suivis en parti par les domaines expérimentaux de l'INRA et l'IFV, seront une vitrine des performances que l'on peut obtenir en termes de réduction des traitements phytosanitaires, avec des variétés résistantes, directement visible par les viticulteurs. Les vins qui en seront issus pourront également être évalués. Nous participons régulièrement à des journées organisées par les chambres d'agriculture, l'IFV, ou des partenaires privés. Nos résultats pourront y être présentés. Les suivis physiologiques et transcriptomiques seront un outil majeur et original pour optimiser les traitements fongicides au cours de la saison végétative.

- Des fiches techniques et articles de vulgarisation (Union Girondine, La vigne) seront produits pour présenter le dispositif et les premiers résultats qui en sortiront, ainsi qu'un 'protocole' d'accompagnement de gestion des variétés résistantes. De manière générique, des fiches concernant la gestion des maladies de la vigne avec des approches originales (physiologie, modélisation, micro-climat, conduite, résistance variétale, optimisation des traitements) sur de grandes parcelles, seront produites.

- Les résultats seront présentés aux différents congrès internationaux auxquels nous participons (OILB, International workshop on grapevine Powdery and Downy mildew, GESCO...), ainsi qu'aux journées techniques organisées par la profession (ex : Vinitech, ...)

- Une publication sur l'utilisation de la transcriptomique comme suivi de l'état de défense de variétés résistantes sur feuilles et sur grappes pourra être réalisée dans un journal scientifique. Son utilisation sur du matériel en croissance, sur bouture et au vignoble, complétée par d'autres mesures physiologiques et tests de pathogénicité constitue un résultat original attendu par la communauté.

7. Partenaires, compétences et moyens humains (présentation sous forme de tableau synthétique, par exemple)

INRA :

- UMR Santé et Agroécologie du VignobleE (**Agnès Calonnec**), 71 av E. Bourlaux, 33883 Villenave d'Ornon, tél. 05 57 12 26 11, calonnec@bordeaux.inra.fr
- UE expérimentale de Couhins (**Dominique Forget**), Chemin de la Gravette, B.P. 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex, tél. 05.56.30.77.61, Dominique.Forget@bordeaux.inra.fr
- UE expérimentale de Pech Rouge (**Hernan Odeja**), 11430 Gruissan, tél. 04 68 49 44 08 hernan.odeja@supagro.inra.fr

IFV :

- IFV Pôle national matériel végétal (**Laurent Audeguin**), Domaine de l'Espiguette, 30240 Le Grau du Roi, tél., 06 76 08 87 65, Laurent.AUDEGUIN@vignevin.com
- UMT Géno-Vigne® (volet matériel végétal innovant x mode de conduite innovant), **Montpellier SupAgro**, 2 place Pierre Viala, 34060 MONTPELLIER Cedex 02
- Vinopole Bordeaux Aquitaine (**Marc Raynal**), 39 rue Michel Montaigne, 33290 Blanquefort ; tel : 05.56.16.14.20 ; marc.raynal@vignevin.com

• partenaires associés au comité de pilotage du projet

INRA :

- UMR Santé de la Vigne et Qualité du Vin (Christophe Schneider), 28 rue de Herrlisheim, 68000 Colmar, tél. 03 89 22 49 83, C.Schneider@colmar.inra.fr

ISVV, Univ. de Bordeaux :

- UMR GREThA (**Eric Giraud Heraud**)