CENTENARY OF THE OIV
45th WORLD CONGRESS OF VINE AND WINE
14-18 OCTOBER 2024 FRANCE-DIJON
OIV
Available on IVES Conference Series vine & wine
DOI : https://doi.org/10.58233/olZhklli

SAVOIR: A project promoting innovative and effective prophylactic methods in viticulture, as part of the governmental plan to anticipate the withdrawal of plant protection products in France (PARSADA)

Xavier Burgun[1], Benoit Laurent[1], Laurent Delière[2], Eric Chantelot[3], François Delmotte[2]

[1] UMT SEVEN, IFV Pôle Bordeaux Nouvelle Aquitaine, 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS20032, 33882 Villenave-d'Ornon Cedex, France.
[2] INRAE, Bordeaux Science Agro, SAVE, ISVV, F-33140 Villenave-d'Ornon.
[3] IFV, Pôle Rhône-Méditerranée, 7 avenue Yves Cazeaux - 30230 Rodilhan, France.

Abstract. Modern viticulture relies on fungicides application to protect crops from severe parasitic pressures. With the progressive banning of certain chemical compounds, the risk of facing technical challenges in managing downy mildew and black rot is particularly significant. While alternatives such as biocontrol products and resistant varieties are under continuous development, they are not today able to replace fungicide. In this context, non-chemical methods targeting primary inoculum seem promising for reducing parasitic pressures and could, combined with enhanced epidemiological surveillance and biocontrol, become a rapidly deployable solutions that offer a substantial reduction of parasitic pressure. This strategy will be developed during the SAVOIR project, that mobilizes a range of expertise from academics and applied-scientists, to winegrowing professionals and winegrowers themselves. High-performance tools for tracing the inoculum of these two pathogens into soil, air, plants and residues, and the use of controlled and semi-controlled experimental set-ups will be developed to assess at their initial stage innovative prophylactic approaches, among leaves removal among others. The most mature innovations will be deployed in the field via a network of national pilot plots, with the aim of demonstrating the effectiveness of these methods both individually and at a territorial scale, enabling widespread adoption. Throughout the project, knowledge in epidemiology, enhanced surveillance systems, epidemic risk modelling, and decision-support tools will guide the integration of these new approaches into existing viticultural practices.

1. Contexte

La viticulture est confrontée à des bioagresseurs qui sont susceptibles d'impacter fortement la quantité et la qualité de la récolte. C'est le cas du mildiou et du black-rot qui sont aujourd'hui très majoritairement contrôlés par l'application de produits phytosanitaires. Réduire l'usage de ces produits représente un défi majeur pour la viticulture [1], particulièrement dans un contexte où de nombreuses molécules sont menacées de retrait au niveau européen. Ainsi, si une certaine réduction de l'usage des produits phytosanitaires semble possible [2], le retrait ces molécules risques d'entraîner une très grande difficulté de gestion de ces maladies.

La nouvelle stratégie gouvernementale française Ecophyto 2030 vient d'être publiée en 2024 et maintient un objectif de réduction de l'usage des produits phytosanitaires [3] mais doit également permettre d'anticiper les changements réglementaires à venir pour ne laisser aucun agriculteur sans solutions. C'est pourquoi le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire a engagé en mai 2023 un Plan d'Anticipation du Potentiel Retrait européen de Substances Actives et le développement d'alternatives (PARSADA) permettant de soutenir la recherche et le déploiement de solutions alternatives. Le projet SAVOIR (StrAtégie intégrée de gestion préventive non chimique du mildiou et du black rot pour une Viticulture écOnome en IntRants), porté par l'Institut Français de la Vigne et du Vin, et INRAE, est un des projets phares de ce plan pour la filière vigne-vin. Il a pour ambition une réduction significative des pressions parasitaires par l'intégration, dans les conditions de la pratique, de mesures prophylactiques ciblant les réservoirs d'inoculum du mildiou et du black rot.

1.1. L'inoculum du mildiou et du black rot

Dans les régions tempérées, le cycle de vie de l'agent du mildiou de la vigne, *P. viticola*, alterne entre une multiplication asexuée sur les tissus de la vigne pendant la phase végétative et une reproduction sexuée obligatoire, qui permet la conservation hivernale. La reproduction sexuée a lieu à la fin de l'été et en automne dans les feuilles de vigne entre des souches sexuellement compatibles (*P. viticola* est hétérothallique [4]), et conduit à la formation d'oospores. Après la chute des feuilles, les oospores passent l'hiver dans les débris foliaires ou sous forme de propagules libres dans le sol. Au printemps suivant, c'est la germination de cet inoculum primaire qui va initier les épidémies. L'inoculum secondaire sera lui produit de manière clonale à partir des premiers symptômes, plusieurs cycles clonaux pouvant s'enchainer durant la saison en fonction des conditions climatiques. Si la production de l'inoculum secondaire a longtemps été jugé comme principale responsable de l'aggravation des situations épidémiques, d'autres études montrent que l'inoculum primaire joue un rôle prépondérant dans les dynamiques épidémiques tout au long de la saison. En effet, les populations de mildiou de la vigne sont panmictiques [5], ce qui prouve que la reproduction sexuée structure les populations de ce pathogène. Il a aussi été montré que les oospores sont capables de provoquer des infections tout au long de la période de végétation, jusqu'à la fin septembre [6,7] et que 50 % des contaminations peuvent provenir de le la germination des oospores [8,9].

Le cycle de l'agent pathogène responsable du black rot, *Guignardia bidwellii*, est relativement complexe, avec des épidémies initiées par des ascospores (spores sexuées) ou des pycniospores (conidies). Les ascospores sont générées dans des périthèces, conceptacles qui se forment sur les baies contaminées (momies). Les pycniospores se forment sur grappe dans ces mêmes conceptacles avant leur évolution en périthèces et sur feuille, rameaux et vrilles dans des pycnides à chaque cycle asexué. Les épidémies peuvent être initiées par les deux types de spores en fonction de la localisation des organes de conservation (momies au sol ou vrilles sur fil de palissage). Une étude de génétique a révélé que plusieurs populations pouvaient être présentes dans une même parcelle [10]. La grande variabilité des génotypes retrouvés sur une parcelle va dans le sens d'un poids important de contaminations initiales issues de la reproduction sexuée.

Les approches visant à agir, de manière préventive, sur les sources d'inoculum pourrait donc fournir un nouveau levier d'action pour réduire la pression épidémique de ces deux maladies en saison (*i.e.* prophylaxie).

1.2. La prophylaxie comme nouveaux leviers de protection

Aucune mesure prophylactique visant à réduire l'inoculum primaire n'est actuellement mise en œuvre par les viticulteurs. Pourtant, ces mesures sont susceptibles d'apporter un effet complémentaire aux leviers de gestion déjà disponibles, mais qui ont des effets partiels. C'est le cas par exemple en arboriculture, où le retrait des feuilles contaminées par la tavelure du pommier à l'inter-saison permet des diminutions de 50% à 80% de fruits atteints en fonction des années [11]. La technique est aujourd'hui utilisée dans les conditions de la pratique, notamment dans les vergers plantés avec des variétés à résistances partielles et dans les situations de fortes pressions épidémiques. D'autres méthodes, comme l'irrigation des parcelles de pommiers pour créer une germination désynchronisée de l'inoculum de la tavelure avec son hôte ("faux semis") permettent de réduire significativement les dégâts au verger [12].

Pour la viticulture, il est aujourd'hui nécessaire de bien comprendre le cycle des agents pathogènes (notamment la reproduction sexuée) ainsi que le fonctionnement des réservoirs d'inoculum dans la parcelle (localisation, dynamique) afin de pouvoir proposer la mise en place de méthodes réalistes dans les vignobles.

2. Un plan pour transférer aux professionnels des méthodes de gestion disruptives

Le projet SAVOIR se compose de 6 actions. Un premier groupe d'actions vise à identifier et évaluer très rapidement les innovations les plus prometteuses (Action 1, 2, 3, Figure 1). Le second groupe d'actions vise à assurer le transfert de ces solutions dans une multitude de contextes agro-climatiques (Actions 4, 5, 6, Figure 1). Si le premier groupe d'actions s'appuie sur des activités de recherche, les autres actions mobilisent des experts techniques (IFV national, interprofessions, chambre d'agriculture) et des viticulteurs partenaires afin d'assurer une bonne orientation du programme de R&D et de maximiser les chances de succès.

2.1. Evaluer les techniques les plus prometteuses

Les différents leviers qui seront testés s'inscriront dans trois grandes stratégies : les méthodes de lutte physique (*e.g.* couverture du sol, faux semis), la gestion de l'inoculum par lutte biologique (*e.g.* biosolution), et la gestion des résidus de culture. Si certains leviers, comme l'exportation de l'inoculum, sont déjà en cours d'expérimentation et montrent des résultats encourageant (Ecophyto PROFIL, Chaire Millardet), l'identification et le déploiement de nouvelles méthodes sur le terrain nécessite une parfaite caractérisation des sources d'inoculum et de leurs importances relatives. Un autre objectif de ce projet est de proposer un prototype d'équipement pour le retrait des débris végétaux contaminés (feuilles notamment) afin de permettre le déploiement de la prophylaxie sur de grandes surfaces.

Pour pouvoir caractériser les sources d'inoculum et le transport de ces derniers, des stratégies d'échantillonnage et des outils d'analyse moléculaire de l'inoculum dans l'air, dans le sol, sur la plante et dans les résidus de culture (vrilles sur les fils, feuilles et grappes au sol, etc.) seront mobilisés. Une procédure standard d'analyse basée sur le dosage de l'ADN des agents pathogènes ciblés sera développée et adaptée sur les différentes matrices étudiées

(sol, air, plantes), qui se basera sur les acquis des différents dispositifs déjà en fonctionnement, comme par exemple le réseau participatif d'épidémiosurveillance de l'inoculum aérien du mildiou et de l'oidium de Nouvelle Aquitaine (réseau VISA) [13] ou les travaux de la chaire Millardet [14].

Des travaux de recherches seront entrepris pour identifier et caractériser les réservoirs d'inoculum dans la parcelle et déterminer la viabilité et le potentiel infectieux des différentes sources d'inoculum. On s'intéressera également à la dispersion de l'inoculum à partir des sources primaires, afin de déterminer les liens statistiques entre les sources d'inoculum et la dynamique épidémique. Ces travaux permettront de mieux mettre en œuvre les leviers testés dans les territoires, et d'identifier de nouvelles stratégies de prophylaxie.

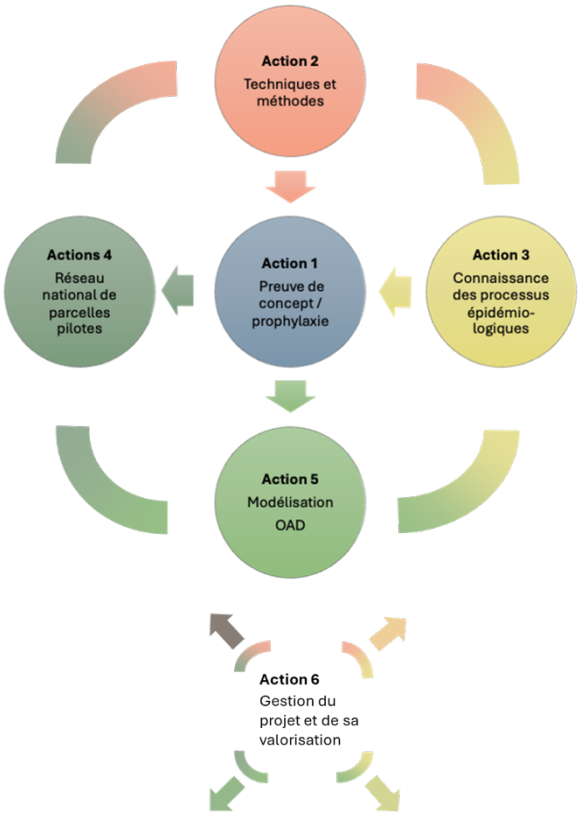

Figure 1. Organisation des groupes de travail du projet SAVOIR.

2.2. Expérimenter la prophylaxie dans les diverses conditions de la pratique

Le projet SAVOIR s'appuiera sur un réseau d'épidémiosurveillance composé de 100 parcelles réparties entre 7 régions viticoles, représentatives de la diversité des terroirs en France. Les outils de suivi de l'inoculum sol/air/plante développés au préalable permettront un suivi dynamique de la charge en inoculum de ces parcelles, qui sera complété par l'acquisition des caractéristiques pédoclimatiques (données radar météorologiques journalière, température et humidité des sols, caractéristique physico-chimique des sols), du suivi des dynamiques épidémiques, et des pratiques culturales. Ces données alimenteront les travaux sur l'épidémiologie quantitative du mildiou et du black rot et permettront la construction d'indicateurs épidémiques pertinents pour piloter la protection de ces parcelles et la surveillance des territoires. Ce réseau accueillera un sous-réseaux "expérimentateur" de 10 parcelles qui permettra l'évaluation des méthodes prophylactiques préalablement validées.

Trois sous réseaux "territoires engagés" permettent d'évaluer l'efficacité des leviers de prophylaxie lorsqu'ils sont adoptés massivement à l'échelle d'un territoire. Ces données permettront une validation et calibration des modèles élaborés ultérieurement visant à modéliser le déploiement des leviers prophylactiques à l'échelle territoriale.

La modélisation du risque épidémique devra intégrer ces méthodes de prophylaxie, afin d'optimiser la gestion des maladies (et notamment les traitements phytosanitaires) dans les vignobles, tant à l'échelle des parcelles qu'à l'échelle territoriale. Ce travail mobilisera un groupe d'experts internationaux qui évaluera l'intégration des pratiques prophylactiques dans les modèles existants. Des modèles épidémiologiques seront ainsi développés ou adaptés pour prédire les risques de maladies en fonction des stocks d'inoculum et de leur dispersion, tout en intégrant l'impact des méthodes alternatives sur ces stocks. Enfin, un outil d'aide à la décision sera élaboré à partir de ces modèles et offrira des recommandations aux acteurs viticoles pour optimiser la mise en œuvre des solutions non chimiques et leur déploiement à la parcelle et leur organisation à grande échelle.

3. Résultats attendus

Ce projet a pour ambition d'apporter les connaissances et les outils permettant d'introduire dans les itinéraires techniques, des méthodes prophylactiques innovantes et non chimiques. Le projet vise également à implémenter des méthodes de surveillance biologique à haut débit déployables dans les territoires. Grâce à ces données, les viticulteurs pourront prendre des décisions éclairées, appliquant les traitements chimiques uniquement en dernier recours. En quantifiant l'efficacité de ces approches dans des conditions réelles de production dans différents vignobles français, le projet doit permettre d'aider la viticulture à envisager une protection contre les bioagresseurs efficace et mobilisant moins de produits phytosanitaires.

4. Références

1. Fouillet, E. Analyse des changements de pratiques, de leurs trajectoires et des performances associées dans les systèmes viticoles du réseau DEPHY. Sciences agricoles. Montpellier SupAgro, 2022. Français. NNT : 2022NSAM0031 . tel-04269158 HAL
2. Olivier Nefti, Nicolas Chartier, Anne Merot, Thibault Peyrard, Laurent Delière (2024). o what extent can a phase-out of pesticides in viticulture be achieved? Learning from the efforts of a large farm network after 10 years. Vol. 58 No. 2 (2024):

OENO One. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.2.7885

3. https://agriculture.gouv.fr/strategie-ecophyto-2030
4. Wong, F.P., Burr, H.N. and Wilcox, W.F. (2001), Heterothallism in Plasmopara viticola. Plant Pathology, 50: 427-432. https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00573.x
5. Fontaine MC, Labbé F, Dussert Y et al (2021) Europe as a bridgehead in the worldwide invasion history of grapevine downy mildew, Plasmopara viticola. Curr Biol 31:2155-2166.e4. https:// doi. org/ 10. 1016/j. cub. 2021. 03. 009
6. Kennelly MM, Gadoury DM, Wilcox WF, Magarey PA, Seem RC. Primary infection, lesion productivity, and survival of sporangia in the grapevine downy mildew pathogen Plasmopara viticola. Phytopathology. 2007 Apr;97(4):512-22. doi:10.1094/PHYTO-97-4-0512. PMID: 18943292
7. Maddalena, G., Russo, G., and Toffolatti, S.L. (2021). The study of the germination dynamics of Plasmopara viticola oospores highlights the presence of phenotypic synchrony with the host. Front. Microbiol. 0, 1794. https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.698586.
8. Gobbin, D., Pertot, I., and Gessler, C. (2003). Genetic structure of a Plasmopara viticola population in an isolated Italian mountain vineyard. J. Phytopathol. 151, 636-646.https://doi.org/10.1046/j.09311785.2003.00779.x
9. Hong, C.F., Brewer, M.T., Brannen, P.M., and Scherm, H. (2020). Temporal disease dynamics and relative importance of sexual and asexual reproduction of grape downy mildew (Plasmopara viticola) in an isolated vineyard in the North Georgia Mountains, USA. Plant Pathol. 69, 1721–1730. https://doi.org/10.1111/ppa.13263
10. Rinaldi PA, Paffetti D, Comparini C, Broggini GAL, Gessler C, Mugnai L (2017) Genetic Variability of Phyllosticta ampelicida, the Agent of Black Rot Disease of Grapevine. Phytopathology, 107, 1406-1416, 10.1094/PHYTO-11-16-0404-R
11. Gomez C., Brun L., Chaffour D., De Le Vallée D. (2006). Effect of leaf litter management on scab development in an organic apple orchard, Agriculture, Ecosystems & Environment, volume 118, issues 1-4, january 2007, 249-255
12. Prodorutti D, Bugiani R, Philion V, Stensvand A, Coller E, Tosi C, Rizzi C, Angeli G, Pertot I. Irrigation Targeted to Provoke Ejection of Ascospores of Venturia inaequalis Shortens the Season for Ascospore Release and Results in Less Apple Scab. Plant Dis. 2024 May;108(5):1353-1362. doi: 10.1094/PDIS-07-23-1245_RE. Epub 2024 May 10. PMID: 38035780
13. Laurent, B., Douillet, A., Beslay, A., Bordes, J., Delmotte, F., Debord, C., and Raynal, M. (2022). The VISA network: a collaborative project between research institutes and vineyard owners to create the first epidemiological monitoring network of downy mildew epidemic based on aerial spore capture. BIO Web Conf. 50,04007. DOI : 10.1051/bioconf/20225004007https://doi.org/10.1051/bioconf/20225004007.
14. Poeydebat, C., Courchinoux, E., Demeaux, I., Rodriguez, M., Chataigner, A., Lelièvre, M., and Goutouly, J. (2024). Quantitative assessment and spatial distribution of Plasmopara viticola oospores in vineyard soil. BioRxiv https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2024.07.29.605284