

RESUMES DES INTERVENTIONS

Dernières avancées sur les
déperissements de la vigne

VIROSES

Rendez-vous technique
du 11 mars 2021



Vitinnov

SOMMAIRE

Table des matières

La vigne, ses virus et son virome	4
GPGV et Maladie du Pinot gris : Etat des connaissances et point sur la situation Française	5
Evaluer la présence du court-noué dans les vignobles français : enjeux et difficultés	8
Mieux comprendre la symptomatologie du court-noué pour réduire son impact ? Du projet LONGVI au projet JASYMPT.	12
Le projet Vaccivine	15
Optimisation du repos du sol dans la gestion du court-noué	19

La vigne, ses virus et son virome

Thierry Candresse

UMR 1332 Biologie du Fruit et Pathologie
Univ.Bordeaux, INRAE, 33140 Villenave d'Ornon

Contact : thierry.candresse@inrae.fr

Calqué sur le concept de microbiome (ensemble des microorganismes associés à un hôte), on décrit sous le terme de virome l'ensemble des virus associés à un hôte ou à un environnement. Les virus infectant les plantes se transmettent efficacement par les pratiques de multiplications végétative (bouturage, marcottage, greffage...), ce qui se traduit très généralement par l'existence de nombreuses infections virales chez ces espèces et donc d'un virome généralement riche. La vigne se caractérise cependant en étant sans doute à ce jour la plante à multiplication végétative hôte du plus grand nombre d'espèces virales. Parmi ces virus, de nombreux sont aujourd'hui bien connus et, lorsqu'ils sont clairement pathogènes, sont intégrés dans les règlements de certification (virus du court-noué, enroulements...) ou dans les règlements de quarantaine. Dans le même temps, le progrès des techniques de caractérisation virales et, tout particulièrement, des approches de séquençage haut débit (HTS, high-throughput sequencing) a considérablement accru le rythme de découverte de nouvelles espèces virales. Un grand nombre de virus infectant la vigne ont ainsi été décrits ces dernières années, sans que l'on dispose parfois d'information sur leur biologie permettant d'évaluer leur dangerosité.

Une analyse conduite par l'European Food Safety Authority (EFSA) a ainsi conduit à identifier 87 espèces virales infectant la vigne dont une trentaine ne sont pas connues pour être présentes en Europe. La prise en compte de divers critères, donc la capacité à causer des symptômes significatifs a dans un second temps permis de conclure qu'environ 50% de ces agents étaient capables de causer des symptômes significatifs chez la vigne, mais que pour 40 autres pourcents, on manquait d'informations pour conclure quant à un éventuel pouvoir pathogène. Cette étude exhaustive, mandatée par la Commission Européenne devrait prochainement déboucher sur une évolution du règlement de quarantaine européen afin de le préciser d'en améliorer l'application.

Au-delà des virus clairement pathogènes et contre lesquels il est important de déployer des approches de lutte (prophylactique, génétique, lutte culturale ou lutte contre les vecteurs....) le virome de la vigne contient un certain nombre d'agents dont la présence ne semble pas, en première approche, se traduire par l'extériorisation de symptômes. Les analyses de métagénomique par HTS de plants de vigne révèlent par ailleurs un virome riche et qui ne se limite pas aux virus infectant la vigne mais inclut également des virus infectant des organismes associés à la vigne. C'est par exemple le cas des mycovirus infectant les champignons pathogènes ou commensaux (épiphytes, endophytes) de la vigne. De telles approches nous ont ainsi en quelques années fait basculer d'un monde simple confrontant la vigne et quelques virus pathogènes à un monde plus complexe d'interactions multiples entre les multiples organismes gravitant autour de la vigne dans lequel certains virus pourraient être bénéfiques soit directement en modifiant subtilement la physiologie de la vigne, soit indirectement en impactant négativement des agents pathogènes infectant la vigne.

Ainsi l'étude du virome de la vigne permet aujourd'hui de mieux réfléchir la protection du vignoble contre ces agents insidieux en améliorant le diagnostic ou la prédiction des risques, mais permet également de développer de nouveaux questionnements sur la contribution de certaines viroses au fonctionnement physiologique de la vigne, ou d'ouvrir de nouvelles perspectives originales de lutte contre les agents pathogènes.

GPGV et Maladie du Pinot gris : Etat des connaissances et point sur la situation Française

Anne-Sophie Spilmont, AF Sevin et G. Mathieu
IFV, Domaine de l'Espiguette – 30240 Le Grau du Roi

Contact : anne-sophie.spilmont@vignevin.com

En 2012, un nouveau virus était identifié par HTS (« high throughput screening ») dans des ceps de Pinot gris présentant des déformations foliaires et des rabougrissements, dans le nord de l'Italie. Ce virus a été baptisé GPGV pour « Grapevine Pinot gris virus » et les symptômes associés dénommés « Maladie du Pinot gris ». Recherché sur d'autres variétés en Italie puis dans le reste du monde, ce virus s'est avéré être extrêmement répandu sans que sa présence ne s'accompagne systématiquement de symptômes. Plusieurs pistes sont évoquées pour expliquer la présence fréquente du GPGV en l'absence de symptômes. Seuls certains variants de ce virus seraient capables d'induire des symptômes (variants dits « agressifs »), la « charge virale » pourrait aussi jouer un rôle sans pour autant négliger l'environnement de la parcelle qui induirait ou non l'expression des symptômes.

L'étude menée en France en 2019/2020 a montré que le GPGV était très présent sur la quasi-totalité du territoire même si certains bassins dans le nord-ouest apparaissent moins touchés. De fortes disparités ont aussi été observées localement avec parfois des parcelles assez proches qui présentent des états sanitaires très contrastées.

Ce virus a été détecté sur dans de très nombreuses variétés. En revanche, la « maladie du Pinot gris » semble pour l'instant globalement peu répandue en France. A cette date, des symptômes typiques ont pu être observés sur Pinot noir, Meunier et Chardonnay notamment en Champagne mais aussi sur Sauvignon, Ugni blanc, Cinsault, Zinfandel et Vermentino.

L'importance des virus

La vigne, comme les autres plantes, peut être attaquée par différents types d'agents pathogènes. Parmi ceux-ci figurent les virus. Ils sont moins connus que les champignons comme l'oïdium, le mildiou ou les maladies du bois et, leur influence sur la pérennité des souches et la production est largement sous-estimée par le monde viticole. Près de 80 virus sont désormais identifiés chez la vigne. Pour la plupart ils n'ont heureusement pas d'impact et seuls certains (les plus graves) sont réglementés.

Outre les viroses historiques connues comme préjudiciables (court noué et enroulement), certaines viroses émergentes pourraient être inquiétantes pour la filière. C'est notamment le cas du RedBlotch (GRBaV) identifié pour l'instant sur le territoire nord-américain et du virus du Pinot gris (GPGV).

Retour sur la découverte de ce virus

En 2003 des symptômes atypiques étaient signalés dans la région de la Vénétie (nord de l'Italie) sur des ceps de Pinot gris. Les analyses réalisées n'ont pas permis d'en identifier la cause à l'époque. Il a fallu près de 10 ans et le développement de nouvelles techniques de biologie moléculaire (« séquençage haut débit ») pour identifier un nouveau virus baptisé « Grapevine Pinot gris virus » ou GPGV en lien avec le cépage sur lequel il a été découvert.

De nouveaux outils de détection pour rechercher ce virus à grande échelle ont alors été développés. Il s'est avéré que ce virus était très répandu en Italie et ce à la fois dans des souches symptomatiques et asymptomatiques. Les analyses menées ensuite tout autour du globe ont confirmé la présence massive de ce virus. A cette date, il a été identifié dans la plupart des pays viticoles.

La Maladie du Pinot gris (MPG) : ce qu'on sait des symptômes et du lien avec le GPGV

Les symptômes sont parfois francs avec une végétation qui peut être rabougrie, des feuilles asymétriques, un sinus pétiolaire largement ouvert, des feuilles déformées et « gaufrées » et des décolorations sectorielles ou ponctuelles (cf figures 1 et 2). Les symptômes peuvent parfois être beaucoup plus légers. De multiples confusions sont possibles avec d'autres maladies comme l'eutypiose ou le court-noué mais aussi avec des carences en Bore, de la phytotoxicité, de l'acariose ou des piqûres de thrips... Par ailleurs, les symptômes peuvent varier selon les cépages, ce qui complique d'autant leur identification.

Bien visibles en mai/juin sur les feuilles de la base, les symptômes peuvent ensuite être plus difficiles à observer car les nouvelles feuilles produites sont souvent normales et masquent ainsi les feuilles symptomatiques de la base. Quand la souche est rabougrie, les symptômes restent, cependant, visibles toute la saison.

L'impact sur la production semble très variable selon les cépages et les parcelles et nécessite d'être précisé par des suivis. A ce jour, aucune mortalité en lien avec ces symptômes n'a en revanche été identifiée.

La détection fréquente du GPGV dans des souches sans symptômes pose question. La preuve du lien direct et causal entre GPGV et MPG n'a pas encore été établie. Plusieurs pistes sont évoquées : il pourrait y avoir différents variants viraux dont seuls certains seraient capables d'induire des symptômes (variants dits « agressifs »), la concentration en virus pourrait aussi jouer un rôle sans pour autant négliger l'environnement de la parcelle qui induirait ou non l'expression des symptômes comme cela a été évoqué pour les carences en Bore.

Un vecteur identifié : l'acararien responsable de l'érinose

Pour comprendre et, si possible, limiter l'expansion des maladies virales, il est important de savoir s'il existe des vecteurs capables de les transmettre. Il a été montré que l'acararien *Colomerus vitis* était capable de transmettre ce virus de façon expérimentale et au vignoble. Pour autant, il n'est pas exclu que d'autres vecteurs du GPGV puissent exister. Il a aussi été montré que des plantes herbacées souvent présentes dans les vignobles comme les chénopodes et le Compagnon blanc peuvent être infectées par ce même virus et jouer ainsi un rôle de « réservoir de virus ».

Point sur la situation en France : un projet spécifique mené depuis 2019

Le GPGV a été identifié pour la première fois en France dans le Bordelais en 2014 dans une souche de Merlot. Cette souche symptomatique était co-infectée par un népovirus ne permettant pas d'attribuer les symptômes au GPGV.

Un nouveau projet financé par le PNDV a été initié en 2019. Ce projet mobilise 11 partenaires (de terrain et scientifiques) et se propose de faire un état des lieux sur la présence en France de cette virose et des symptômes qui peuvent lui être associés ([Plan National Dépérissement du Vignoble \(plan-deperissement-vigne.fr\)](http://Plan National Dépérissement du Vignoble (plan-deperissement-vigne.fr))).

Le virus a été recherché dans un réseau de 117 parcelles dites « sentinelles » réparties dans les différents bassins viticoles français à raison de 15 ceps analysés individuellement par parcelle.

1763 ceps ont été testés pour la présence du GPGV : 32% de ceps analysés se sont avérés positifs. Les situations sont très contrastées selon les parcelles et 70% de celles-ci présentent ont au moins un cep contaminé.

Un recensement de parcelles présentant des symptômes typiques ou apparentés à la MPG a été mené en 2020. A cette date, des symptômes typiques ont pu être observés sur Pinot noir, Meunier et Chardonnay notamment en Champagne mais aussi sur Sauvignon, Ugni blanc, Cinsault, Zinfandel et Vermentino. A l'exception notable de la Champagne o, des symptômes ont été identifiés dans de nombreuses parcelles, les signalements concernent souvent des ceps ponctuels. Contrairement au virus, la « maladie du Pinot gris » semble donc pour l'instant globalement peu répandue en France.

Certaines de ces parcelles symptomatiques sont également suivies pour évaluer l'impact de la MPG sur différentes composantes du rendement. Les analyses sont en cours.

Les résultats obtenus, ainsi que la photothèque et les plaquettes descriptives des symptômes, réalisés dans le cadre de ce projet, seront mis à disposition de l'ensemble de la filière.

A plus long terme, l'identification d'éventuels autres vecteurs reste une piste d'étude importante si on veut pouvoir limiter l'expansion de ce virus. Et par-dessus tout, le lien entre le GPGV et maladie du Pinot gris reste à clarifier.

Pour en savoir plus

- Abidon C., Spilmont A.S., Beuve M., Herrbach E., Lemaire O., Reinbold C., Fuchs R., Bohnert P., Breuer M., Froehly A., Hoffmann C. (2018) Guide d'information sur l'émergence du virus du pinot gris et sa propagation, novembre 2018. (lien vers pdf)
- Spilmont A.-S., Sevin A.-F., Dubreuil A., Beccavin I., Beuve M., Candresse T. (2017) Occurrence of Grapevine Pinot gris virus in France: field monitoring in diverse viticulture areas, Congrès RVV (16ème rencontres de Virologie Végétale)
- Hily, J.-M., et al. (2020). "Datamining, Genetic Diversity Analyses, and Phylogeographic Reconstructions Redefine the Worldwide Evolutionary History of Grapevine Pinot gris virus and Grapevine berry inner necrosis virus." *Phytobiomes Journal* 4(2): 165-177.



Figure 1 : symptôme typique de la maladie du Pinot gris observé en Italie sur Pinot gris (Vénétie, 2016) : déformation et décoloration de la feuille - Source IFV



Figure 3 : symptômes typiques de la « maladie du Pinot gris » observés sur Pinot noir en Champagne en juin 2017

Souche entière et feuilles de la base présentant des décolorations, et déformations caractéristiques – Source IFV

Evaluer la présence du court-noué dans les vignobles français : enjeux et difficultés

Lauren INCHBOARD, Marion CLAVERIE, Géraldine URIEL, Gérard DEMANGEAT, Séverine MARY,
Christophe RITZENTHALER, Guillaume DARRIEUTORT, Elodie HECKMANN, Biljana ARSIC et
Coralie DEWASME

Contacts : Lauren INCHBOARD (lauren.inchboard@agro-bordeaux.fr) et
Coralie DEWASME (coralie.dewasme@agro-bordeaux.fr)

Le court-noué est une maladie virale fortement dommageable pour la vigne et pour laquelle les viticulteurs sont aujourd'hui dépourvus de solutions techniques curatives (Esmenjaud *et al.*, 2005 ; Raski *et al.*, 1983 ; Walter, 1998). La littérature scientifique et les témoignages des viticulteurs s'accordent pour dire que les pertes de rendement, et en conséquence les impacts économiques, causées par le court-noué sont conséquentes et qu'il s'agit de la maladie virale la plus sévère pour le vignoble (Andret-Link *et al.*, 2004 ; Boubals, 2001). Une baisse de la qualité, une réduction de vigueur et une mortalité accélérée des ceps de vigne sont régulièrement mentionnées (Sastry, 2013), et les implications indirectes du court-noué sur la filière viticole sont tout aussi nombreuses : mise en place de certifications de plants en pépinière, immobilisation du foncier... (Yobrégat, 2014). A ce jour, il existe 16 agents pathogènes reconnus comme responsables de la maladie du court-noué. En France, trois d'entre eux ont été identifiés : le GFLV (grapevine fanleaf virus), l'ArMV (arabis mosaic virus) et plus récemment le TBRV (tomato black ring virus) (Dewasme *et al.*, 2019). La présence de ces virus au sein des tissus végétaux peut être vérifiée par un test sérologique (ELISA) ou un test moléculaire (PCR) à partir de prélèvements de feuilles ou de bois.

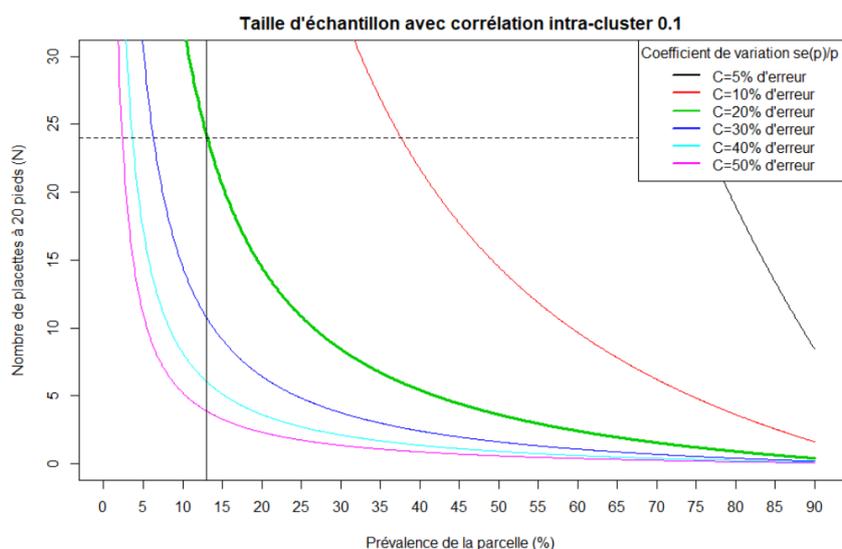
La dissémination du court-noué au sein des parcelles peut se faire, soit par du matériel végétal porteur de ces virus, soit par les nématodes du sol appartenant au groupe des Némathelminthes ou vers ronds (Esmenjaud *et al.*, 2013 ; Villate *et al.*, 2008). Ainsi *Xiphinema index* est le nématode vecteur exclusif du GFLV, *X. diversicaudatum* celui de l'ArMV et *Longidorus attenuatus* et *L. elongatus* ceux du TBRV. Cette forme de transmission de proche en proche génère une structuration en foyer des pieds de vigne contaminés.

Le court-noué est une composante majeure du dépérissement au sein du vignoble français, dans la mesure où la maladie semble être très présente sur le territoire. Une estimation des délégations régionales de l'ONIVINS, basée sur des dires d'experts, a indiqué une présence du court-noué dans deux-tiers du vignoble français, dont la moitié était fortement touchée (Demangeat *et al.*, 2005). Son large spectre de symptômes (Yobrégat *et al.*, 2020), dont une part de symptômes non spécifiques, rend la maladie difficile à identifier par des non-experts. De plus, une part des ceps peut soit ne pas exprimer de symptômes soit les exprimer trop légèrement pour que la maladie soit détectable même par des experts. La seule méthode fiable de détection reste donc le diagnostic *via* des tests réalisés en laboratoire. Pour l'appliquer à grande échelle, les prélèvements et les tests seraient beaucoup trop coûteux pour être envisageables. Il manque donc actuellement des données précises et objectives sur la présence et la nuisibilité du court-noué dans le paysage viticole français. Le projet COUPRÉ a pour objectif de pallier ces lacunes. Construit en trois axes, le projet intègre : la mise au point d'une méthode d'estimation de la prévalence basée sur une notation visuelle des symptômes, la mesure de la nuisibilité et la mise au point d'un test immunologique de terrain pour la détection rapide du court-noué au vignoble.

Le premier axe de COUPRÉ, détaillé dans cette présentation, a pour vocation de bâtir une méthode simple et fiable d'estimation de la prévalence du court-noué à l'échelle d'un vignoble, sur la base de notations visuelles, qui puisse être transférée aux équipes techniques des régions viticoles françaises et déployée à grande échelle. Le projet permettra par ailleurs de fournir une première estimation de la présence du court-noué au sein des trois régions pilotes du projet : Bordeaux, Côtes-du-Rhône et Champagne. Les modalités de cette première phase de prospection ont été co-construites par un groupe d'experts afin de définir les paramètres d'intérêt : quelles régions, quels cépages, quelle échelle territoriale, quels symptômes... en adéquation avec les moyens alloués au projet. Ainsi deux cépages ont été choisis par région et des zones de vignoble historiques et récentes ont été définies afin d'être prospectées. Au total, dans un premier temps, il est prévu de prospecter 180 parcelles soit 60 parcelles dans chacune des trois régions choisies réparties sur des zones continues.

Les parcelles ont été choisies dans différentes classes d'âge afin de prendre en compte cet effet dans le niveau de contamination des parcelles. Parmi les symptômes, la panachure ou décoloration foliaire, le rabougrissement de la végétation et les déformations foliaires ont été choisis pour les notations visuelles de chaque cep car il s'agit des symptômes facilement identifiables. La sévérité de chaque symptôme sera notée 0 en cas d'absence de symptômes, 1 pour faiblement symptomatique, 2 pour fortement symptomatique sur chacun des pieds. Des tests ELISA sont prévus afin de lever des incertitudes lors de la notation visuelle des symptômes sur les parcelles.

Une étude de la loi bêta-binomiale (Madden et Hughes, 1999) a permis de définir un protocole de prospection pour la saison 2020, avec la notation de 480 pieds répartis dans 24 placettes de 20 pieds dans chaque parcelle (Figure 1). Ce protocole a été mis au point de manière à optimiser la précision de l'information récoltée dans un faible temps imparti. La prospection intégrale n'a pas pu être menée au printemps 2020 à cause de la crise sanitaire et a été repoussée à 2021, ce qui a permis de faire un essai du protocole de prospection sur un nombre réduit de parcelles (Figure 2). Cette phase d'essai a montré que le protocole était encore trop chronophage (jusqu'à 1h30 de prospection par parcelle à deux personnes), et ces résultats ont servi à proposer un nouveau protocole pour la prospection intégrale en 2021.



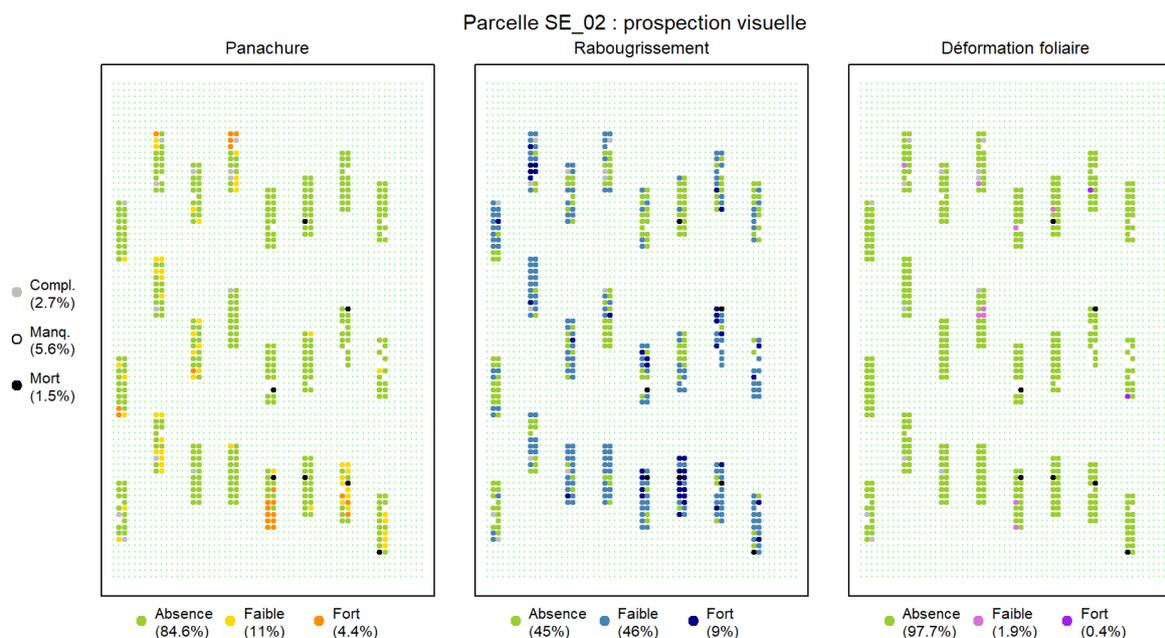


Figure 2 : Exemple de cartes des notations parcelaires pour chacun des trois symptômes notés « absence », « faible » et « fort » : panachure, rabougrissement et déformation foliaire.

En parallèle, des notations de nuisibilité sur un nombre restreint de parcelles vont être conduites. Ces mesures porteront sur chacun des cépages retenus dans chaque région. L'objectif est d'établir une perte de récolte fiable à chacun des niveaux de symptômes notés lors de la prospection visuelle. *In fine* la combinaison des données de prévalence catégorisées par symptômes et intensité et des données de nuisibilité devraient permettre d'évaluer l'impact quantitatif du court-noué au vignoble.

Le troisième axe de travail vise à mettre au point un test de détection rapide au vignoble permettant d'obtenir en moins de 20 minutes le statut sanitaire d'un cep ou d'un groupe de ceps afin d'améliorer l'efficacité de la prospection (Hemmer *et al.*, 2018). À terme, ce test permettra aux conseillers et techniciens viticoles d'identifier la présence de court-noué de façon fiable dans une parcelle.

Les résultats de la prospection intégrale serviront à finaliser un protocole d'estimation de la prévalence et de la nuisibilité transférable à un premier groupe pilote de notateurs non-experts afin d'étendre la prospection sur le territoire. Les premiers chiffres sur l'importance du court-noué à différentes échelles dans les trois vignobles pilotes seront communiqués aux professionnels de la filière.

Références :

- Andret-Link P., Laporte C., Valat L., Laval V., Ritzenthaler C., Demangeat G., Vigne E., Pfeiffer P., Stussi-Garaud C., Fuchs M. (2004). Grapevine fanleaf virus: Still a major threat to the grapevine industry. *Journal of Plant Pathology* 86: 183-195.
- Boubals, D. (2001). Y a-t-il une sensibilité différente des porte-greffes au court-noué de la vigne. *Le Progrès Agricole et Viticole*. 13-14 : 317-318
- Demangeat G., Esmenjaud D., Voisin R., Bidault J.M., Grenan, S., Claverie M. (2005). Le court-noué de la vigne. I- Etat des connaissances sur cette maladie lors de la journée « Alternative » du 28 avril 2005. *Phytoma - La Défense des Végétaux* 587: 38-42.
- Dewasme, C., Mary, S., Darrieutort, G., Audeguin, L., van Helden, M., & van Leeuwen, C. (2019). Quantitative and qualitative impact of Tomato Black Ring Virus (TBRV) on Merlot and Cabernet franc. *OENO One*, 53(2), 161-169.
- Esmenjaud, D., Kunzmann, P., Schwaerzler, F., Lemaire, O., Ollat, N., & Demangeat, G. (2013). Caractérisation et choix des nématodes vecteurs *Xiphinema* pour la sélection d'une résistance durable à la maladie du court-noué de la vigne. *Innovations Agronomiques*, 27, 9-22.
- Esmenjaud, D., Voisin, R., Fritsch, J., Bouquet, A., Lemaire, O., & Claverie, M. (2005). Le court-noué de la vigne. II-Le point sur la lutte contre la maladie à la journée " Alternative" du 28 avril 2005. *Phytoma la Défense des Végétaux*, (587), 43-48.
- Hemmer, C., Djennane, S., Ackerer, L., Hleibieh, K., Marmonier, A., Gersch, S., ... & Ritzenthaler, C. (2018). Nanobody-mediated resistance to Grapevine fanleaf virus in plants. *Plant biotechnology journal*, 16(2), 660-671.
- Madden, L. V., & Hughes, G. (1999). Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology*, 89(11), 1088-1103.
- Raski, D. J., Goheen, A. C., Lider, L. A., & Meredith, C. P. (1983). Strategies against Grapevine fanleaf virus. *Plant Dis*, 67, 335.
- Sastry, K. S. (2013). Impact of Virus and Viroid Diseases on Crop Yields. In *Plant Virus and Viroid Diseases in the Tropics* (pp. 99-159). Springer, Dordrecht.
- Villate, L., Fievet, V., Hanse, B., Delemarre, F., Plantard, O., Esmenjaud, D., & van Helden, M. (2008). Spatial distribution of the dagger nematode *Xiphinema* index and its associated Grapevine fanleaf virus in French vineyard. *Phytopathology*, 98(8), 942-948.
- Walter, B. (1998). Virus et viroses de la vigne: diagnostic et méthodes de lutte. *Virologie*, 2(6), 435-44.
- Yobrégat O. (2014). Un retour historique et critique sur une ancienne maladie émergente : le court-noué de la vigne. *Actes des deuxièmes assises des vins du Sud-Ouest*, Toulouse.
- Yobrégat, O., Audeguin, L., Dedet-Lalet, S., Lacombe, T., & Boursiquot, J. M. (2020). Expression différentielle des symptômes de la virose du court-noué chez *Vitis vinifera*: revue bibliographique, observations de terrain et notations en collection.

Mieux comprendre la symptomatologie du court-noué pour réduire son impact ? Du projet LONGVI au projet JASYMPT.

Marion CLAVERIE

IFV

Contact : marion.claverie@vignevin.com

La maladie du court-noué est la virose de la vigne probablement la plus dommageable en France. Elle provoque des symptômes sur feuilles (déformations, rabougrissement, décolorations) et grappes (cou lure, millerandage) occasionnant des pertes de rendement potentiellement élevées et un dépérissement pouvant aller jusqu'à la mort du cep.

Le court-noué est dû à deux virus principaux, le GFLV (grapevine fanleaf virus) et l'ArMV (arabis mosaic virus), chacun transmis à la vigne par des nématodes du sol. Le GFLV est transmis par le nématode *Xiphinema index*, et l'ArMV par *Xiphinema diversicaudatum*.

Une fois un cep atteint, la maladie est incurable. Ainsi, la lutte contre le court noué de la vigne est exclusivement préventive. Elle consiste à planter une parcelle avec du matériel végétal sain, après s'être mis en situation de limiter ou retarder les contaminations de la jeune vigne par le virus, lorsque la maladie était présente avant arrachage. Pour ce faire, la préparation du sol est une étape déterminante : dévitalisation des ceps afin d'accélérer la destruction des racines constituant des « réservoirs » de virus, labours et extirpation des racines et mise en place d'un repos du sol le plus long possible, un semis de plante en jachère pouvant venir compléter cet itinéraire.

Les symptômes externes de court-noué sont connus de longue date et décrits aussi bien sur feuilles que sur grappes. Mais de nombreuses observations au vignoble attestent aussi d'une forte variabilité de ces symptômes entre parcelles, cépages et régions ainsi que possiblement, entres années. Mieux comprendre le déterminisme de la symptomatologie, aussi bien qualitativement que quantitativement pourrait aider à suggérer des pistes possiblement exploitables pour atténuer son impact.

Des travaux récents ont été conduits dans le cadre du projet LONGVI, lauréat du PNDV (Plan National de Lutte contre les Dépérissements) en 2017 par l'IFV et plusieurs chambres d'agriculture. Dans l'une des actions de ce projet, qui visait à concevoir une méthodologie de diagnostic des causes des bas rendements, des observations sur le court-noué ont été réalisées sur des réseaux tests mono cépages correspondant à un petit secteur viticole en partenariat avec des caves coopératives appartenant à 3 régions (Sud-Est, Beaujolais et Val de Loire). Deux types de travaux ont été conduits :

- Des estimations du niveau d'atteinte par le court noué ont été réalisées par parcelle sur les 7 réseaux-tests suivis entre 2016 et 2018 ; ces estimations, basées sur des notations visuelles de symptômes et des confirmations par tests ELISA, ont montré des niveaux d'atteintes par le court-noué variables entre les réseaux. Cependant, tous les animateurs de réseaux ont été surpris par une présence du court-noué supérieure à l'attendu. En outre, un certain nombre de réseaux étaient nettement atteints et le court noué est ressorti comme une cause impactant le rendement sur 5 réseaux sur 7.

- Sur l'un des réseaux-test (celui du Vaucluse en Grenache), un suivi complémentaire plus fin de la maladie a été réalisé en 2017 pour affiner le diagnostic. Sur 3 parcelles qui montraient des symptômes variés de court-noué (de légers à forts) mais encore une présence de ceps sains, des groupes de symptômes foliaires d'intensité plus ou moins forte ont été constitués. Sur chaque cep de ces modalités, la coulure a été caractérisée et le poids de récolte mesuré, afin d'évaluer la nuisibilité de la maladie et d'observer le lien entre le niveau des symptômes sur feuilles et sur grappes. Malgré les conditions particulières de l'année 2017 (forte coulure naturelle) sur ce cépage ayant impacté aussi les témoins non court-noués, le suivi a permis de vérifier une tendance à plus d'impact sur grappes des formes plus sévères de symptômes (rabougrissement, déformations) mais sans que cette relation soit systématique et linéaire.

Ces suivis réalisés dans LONGVI ont aussi mis en évidence la difficulté de l'évaluation du court-noué sur la base de la reconnaissance visuelle des symptômes, même sur les cépages exprimant bien les symptômes soumis à un effet notateur (même avec des notateurs formés), et requérant un protocole d'échantillonnage réfléchi et adapté (cf. intervention sur le projet COUPRE). Ils ont aussi montré la forte dépendance aux analyses de confirmation et, dans ce but, un test rapide et si possible au champ serait un atout appréciable.

Les facteurs explicatifs à l'origine du type et de l'intensité des symptômes foliaires sont relativement connus. On peut citer : le cépage, le variant viral (=la souche de GFLV), l'état physiologique de la vigne, le climat (températures en particulier), l'âge du cep, possiblement en lien avec l'âge de l'infection et la durée pendant laquelle le cep a été positif. Des co-infections avec d'autres virus ne sont pas non plus à exclure, de même que l'effet aggravant d'autres maladies sur l'état du cep. Outre cette connaissance fondamentale, des « remontées » du terrain issues de vigneron ou de techniciens dans différentes régions françaises font état de facteurs qui permettraient de limiter l'expression des symptômes du court-noué. C'est le cas de la vigueur / de l'alimentation azotée du cep ainsi que la taille tardive (post débourrement). Cette dernière ayant ponctuellement montré des résultats intéressants pour réduire la coulure.

Forts de ces constats, des observations précédentes issues de LONGVI et de l'expertise de techniciens sur le sujet dans la plupart des régions viticoles françaises, le projet JASYMPT (pour JACHÈRES et SYMPTOMATOLOGIE) a été constitué puis accepté par le PNDV en 2019. Il regroupe autour de l'IFV qui le porte, la plupart des régions viticoles, et un large spectre de partenaires : recherche (INRAE), enseignement (Bordeaux Sciences Agro), développement (chambres d'agriculture), plusieurs services techniques d'interprofessions ainsi que quelques partenaires privés. Outre un axe de travail consacré à la poursuite des recherches sur la limitation des contaminations par le virus (jachères à base de plantes, repos du sol), un axe de travail nouveau a été créé afin de travailler plus largement le champ de la symptomatologie. Le projet a démarré début 2020 aussi il convient d'attendre encore les premiers résultats, mais trois axes sont abordés dans ce projet :

- Une meilleure connaissance pratique des symptômes et de leur variabilité au vignoble ;
- Sur ces parcelles, quelques facteurs explicatifs seront recherchés, afin de mieux comprendre et éventuellement hiérarchiser les déterminants du niveau de symptôme observé ;
- Enfin, trois leviers pratiques seront testés au champ pour leur aptitude à atténuer les symptômes de court-noué. C'est le cas de la fertilisation azotée, de l'utilisation de porte greffes vigoureux en complantation, et de la taille (très) tardive pour réduire l'impact sur grappes. Par ailleurs, une expérimentation en serre sera également menée pour observer l'effet de l'âge du plant (plant de l'année, d'un an, de 2 ans) sur les recontaminations et l'expression des symptômes.

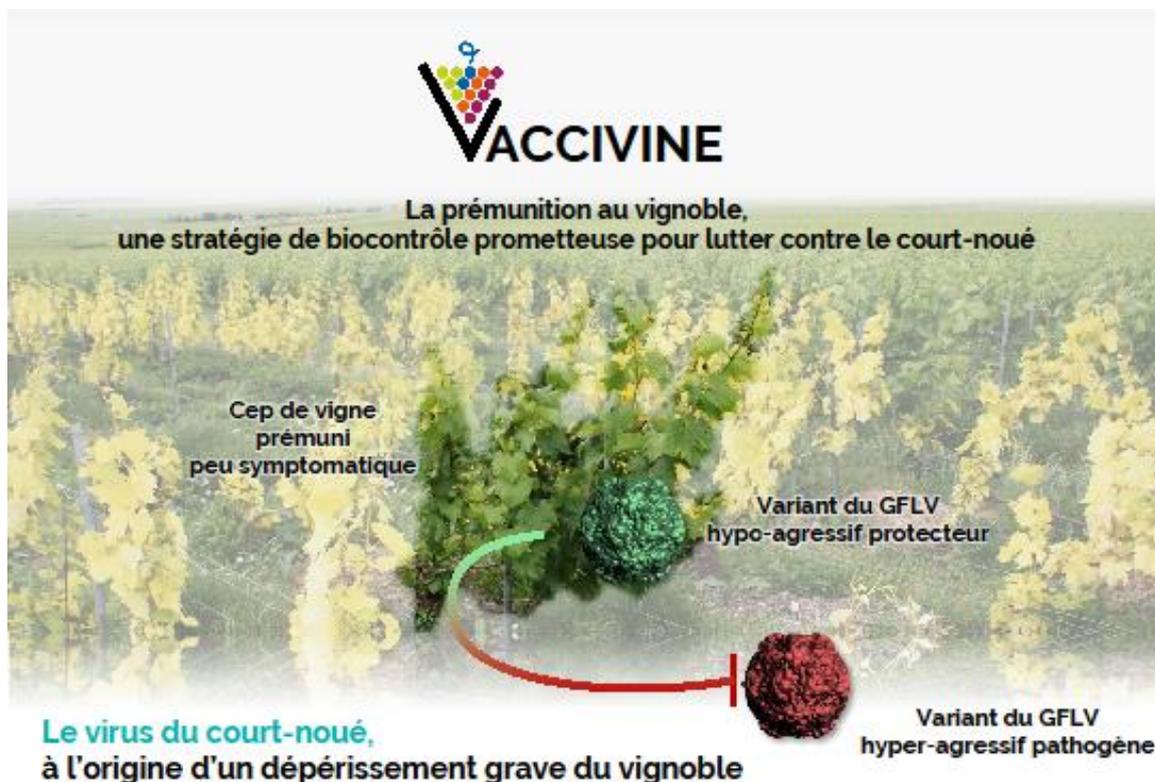
Les résultats de cette action du projet JASYMPT, permettront, on l'espère, (i) d'améliorer notre compréhension de la maladie pour mieux l'exploiter pour améliorer la lutte et (ii) de fournir, s'ils s'avèrent efficaces, de nouveaux outils aux vignerons pour « vivre avec le court-noué » dans les situations qui s'y prêtent, comme les parcelles peu atteintes ou encore trop jeunes pour être arrachées.

Le projet Vaccivine

Olivier Lemaire

INRAE Grand est-Colmar

Contact : olivier.lemaire@inrae.fr



Aujourd'hui, plus de 60 % de la surface viticole française est touchée par la **maladie du court-noué**, principalement causée par le **Grapevine fanleaf virus** (ou GFLV) qui infecte les vignes et qui est transmis par le nématode *Xiphinema index*. Cette maladie engendre des pertes de récolte pouvant atteindre 80 % et une réduction drastique de la longévité des ceps. Elle est considérée comme l'une des viroses les plus dommageables pour la culture de la vigne et constitue un enjeu majeur pour le **Plan National de lutte contre les Dépérissements du Vignoble (PNDV)**.

Pour répondre à cette problématique, l'**équipe de Virologie et Vecton** de l'UMR SVQV du Centre **INRAE Grand Est - Colmar et ses partenaires** (Comité Champagne, CIVA, BIVB, IFV, Chambres d'Agriculture, Moët&Chandon, CNRS-IBMP et la région Grand-Est) ont lancé le projet **VACCIVINE en 2018**. Ce dernier a pour objectif d'**initier** la mise en place de **stratégies de lutte biologique** au vignoble contre la maladie du court-noué, fondées sur le principe de **prémunition**.

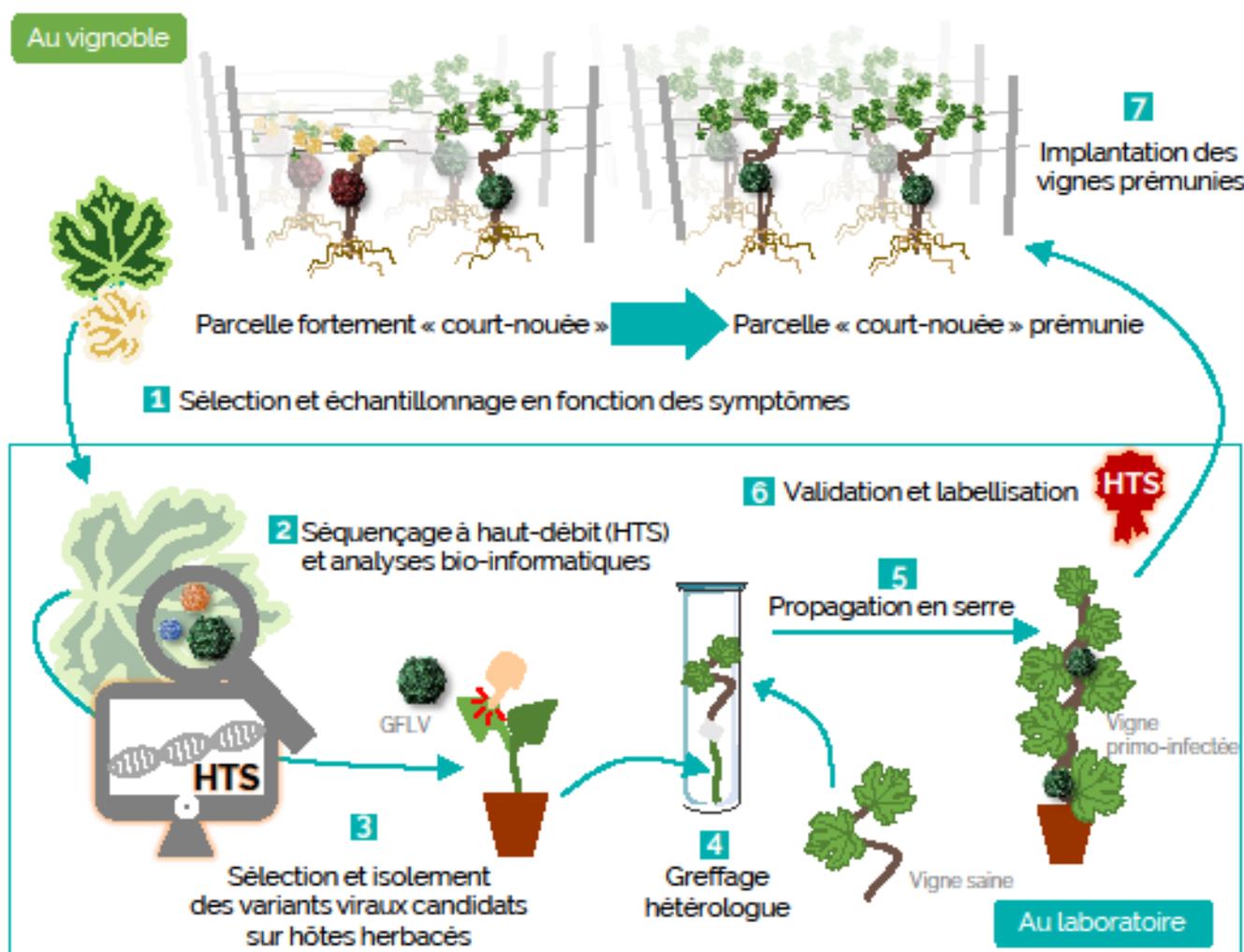


La prémunition s'apparente à la vaccination par le déclenchement dans la plante d'un mécanisme aboutissant à l'exclusion des variants pathogènes du virus, grâce à l'inoculation préalable d'un **variant du virus** sélectionné pour sa **faible pathogénicité**. Sa présence dans les plantes, alors dites « prémunies », protège les vignes d'une infection ultérieure par d'autres variants viraux responsables des **formes sévères de la maladie**.

Inspiré des **solutions efficaces** développées dans la lutte contre d'**autres maladies virales** (comme la tristeza des agrumes ou la mosaïque du pépino), l'**objectif premier** de VACCIVINE est la **mise au point des outils** nécessaires à la **sélection de variants hypo-agressifs** de GFLV issus de parcelles fortement « court-nouées » et **adaptées à leur futur terroir** d'implantation.

STRATÉGIE

Sélection de variants hypo-agressifs candidats pour la prémunition, grâce aux nouvelles techniques de séquençage à haut-débit



VACCIVINE est basé sur un réseau de parcelles fortement atteintes par le court-noué au vignoble, à partir desquelles des données agronomiques, sérologiques et moléculaires sont collectées. De nombreux échantillons de **vignes présentant une diversité de symptômes** sont récupérés dans ces différentes parcelles pour être étudiés **1**. L'objectif est de **mieux connaître et caractériser la diversité génétique du GFLV** au sein de ces différentes vignes. Ceci est maintenant possible grâce aux **nouvelles techniques de séquençage à haut-débit** ou HTS pour *-High throughput Sequencing-* qui permettent de **détecter et d'identifier rapidement, sans a priori** et de façon **exhaustive**, les **génomés complets de différents virus** **2**. Les variants de GFLV sont sélectionnés pour la prémunition d'après plusieurs critères : ils produisent de **faibles symptômes**, ils sont **adaptés à différents terroirs**, et présentent des **caractéristiques génétiques intéressantes**. Ces variants sont ensuite isolés par passages sur hôtes herbacés **3** puis inoculés à la vigne grâce à une technique de **greffage hétérologue**, entre une plante herbacée infectée mécaniquement par le(s) variant(s) de GFLV choisi(s) et une vigne saine **4**. Le matériel est ensuite multiplié en serre **5**. Ce **protocole de production contrôlé** des vignes prémunies sera **labellisé et combiné à des analyses HTS** **6**, qui permettront de garantir et certifier la présence de variant(s) de GFLV protecteur(s) dans les ceps avant leur implantation au vignoble dans les **parcelles éligibles à la prémunition** **7**.

RÉSULTATS

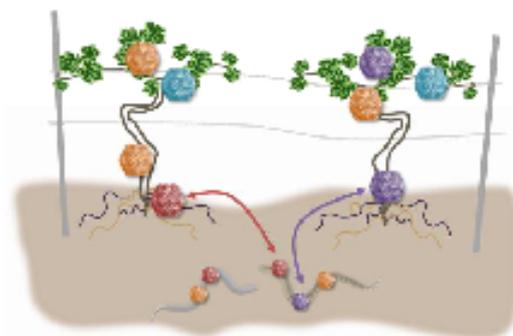
Au vignoble, chaque cep de vigne possède un virome unique



Après avoir réussi à adapter et paramétrer les HTS aux virus de la vigne, plus d'une centaine de ceps issus de 6 parcelles provenant de différents terroirs en France ont été analysés. Il a été constaté qu'en majorité les **ceps possèdent un virome** – ensemble des génomes viraux d'un échantillon – qui leur est propre.

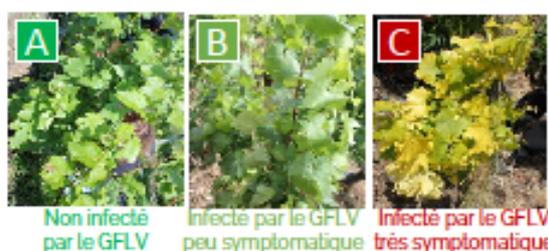
Xiphinema index, nématode vecteur de la maladie et réservoir de la diversité génétique de GFLV

L'analyse de la **variabilité génétique** du virus chez des nématodes s'étant alimentés pendant 19 mois sur des vignes infectées par différents variants de GFLV, montre qu'un **seul individu** de *Xiphinema index* peut **acquérir des variants** de GFLV provenant de différentes vignes.

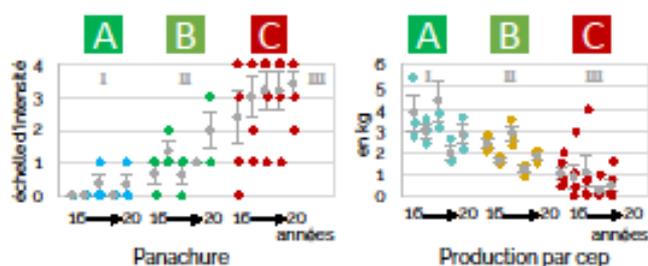


Sélection de variants de GFLV hypo-agressifs

Avec VACCIVINE, des variants de GFLV atténués ont été sélectionnés et isolés lors de prospections en zones fortement « court-nouées » à partir de ceps exprimant peu de symptômes. Pour cela, des **traits phénotypiques qualitatifs**, comme la panachure, et **quantitatifs**, comme la capacité de production de chaque cep, sont étudiés sur plusieurs années pour vérifier leur stabilité. Les variants de GFLV sont caractérisés par HTS.



A Non infecté par le GFLV
B Infecté par le GFLV peu symptomatique
C Infecté par le GFLV très symptomatique



Moyenne de l'intensité de panachure des feuilles (de 0 [absente] à 4 [forte]) et de production (en kg par cep) par année (2016 à 2020), pour chaque catégorie de vignes de la parcelle. Des différences statistiques significatives sont observées entre les catégories de vignes, indiquées par des chiffres romains différents sur le graphique.

Les ceps sont séparés en trois catégories : **A** les vignes ne montrant pas de symptômes et non infectées par le GFLV, **B** les vignes infectées par le GFLV mais ne montrant que de faibles symptômes, dont les variants hypo-agressifs seront sélectionnés et **C** les vignes infectées par le GFLV montrant de forts symptômes, pour lesquelles les variants hyper-agressifs sont exclus de la suite de l'étude. Après 5 ans, les premiers résultats sur 21 ceps suivis indiquent une **bonne stabilité dans l'expression des symptômes d'une année à l'autre**. Les variants peu symptomatiques semblent particulièrement intéressants du fait d'une perte de récolte bien moindre que celle observée avec les variants provoquant de forts symptômes.

Des résultats contrastés dans des anciennes parcelles expérimentales

Bien avant VACCIVINE, **4 parcelles expérimentales de prémunition avaient été mises en place** afin d'évaluer l'**efficacité de la protection de la prémunition**. Les résultats obtenus dans ces parcelles sont contrastés : certaines vignes semblent efficacement protégées après 10 années d'implantation dans un sol court-noué alors que d'autres ne le sont pas. L'**environnement** (pratique culturale, terroir, cépage, porte-greffe et diversité génétique des GFLV indigènes) pourrait être **primordial** pour une **prémunition efficace et durable**. Par ailleurs au cours d'un **essai en serre, certains variants se sont révélés plus protecteurs que d'autres**.

En route vers de nouveaux essais de prémunition

Afin d'évaluer dans des essais multi locaux les nouveaux variants prometteurs sélectionnés, des parcelles expérimentales de prémunition **seront implantées à partir de 2022**. Cette évaluation devrait permettre de valider l'effet bénéfique de la prémunition par l'**amélioration des niveaux de production** dans des zones où la culture de la vigne est rendue difficile du fait de la présence du court-noué.

Les résultats montrent que la **stratégie basée sur la sélection de différents variants adaptés au terroir** semble judicieuse pour obtenir rapidement une protection efficace. Pour obtenir des vignes prémuniées adaptées à l'ensemble des terroirs, il sera nécessaire de poursuivre les efforts de recherche pour **comprendre et maîtriser les paramètres impliqués dans l'activation efficace des mécanismes** à l'origine de l'exclusion des virus induisant les formes sévères du court-noué.

PERSPECTIVES

VACCIVINE 2* (2022-2025) prévoit :

- L'élaboration d'un **protocole adapté pour la multiplication, la pré-multiplication, la production et le greffage des ceps prémunis** (optimisation de l'étape d'inoculation/prémunition du cep et/ou du porte-greffe) et la **certification par HTS** de l'identité du virome de ce matériel en **collaboration** avec l'IFV, la **Fédération Française de la Pépinière Viticole**, les **interprofessions viticoles** ;
- L'évaluation de l'impact de cette (ou ces) **technique(s) de production** sur l'**efficacité de la prémunition** ;
- La mise en place d'**expérimentations multi-locales au vignoble** et l'élaboration de plans d'expérimentations impliquant **les viticulteurs** (suivi des essais de prémunition mis en place en **Champagne en 2022** et le démarrage d'essais en **Bourgogne, en Alsace et en Vallée du Rhône**) ;
- L'**élucidation des mécanismes sous-jacents de la résistance induite** par prémunition afin de gagner en efficacité et d'aborder la généralité de cette stratégie de biocontrôle.

VACCIVINE 3* (2026-2029) prévoit :

- La **comparaison des niveaux d'efficacité** et l'évaluation de la **durabilité de la protection** mise en place dans les essais « VACCIVINE 2 » et de l'aptitude à la prémunition de différents cépages ;
- L'étude de l'**impact socio-économique** de la prémunition (filière de gestion et préparation du matériel prémuni en **serre de nouvelle génération pour la conservation des têtes de clones** et leur pré-multiplication selon un cahier des charges permettant de garantir leur qualité sanitaire) ;
- La **commercialisation éventuelle à partir de 2030** de ceps prémunis avec des variants adaptés à différents terroirs.

*La réalisation de VACCIVINE 2 et 3 est conditionnée à l'obtention de financements

Optimisation du repos du sol dans la gestion du court-noué

Coralie Dewasme Laveau¹, Guillaume Darrieutort², Marion Claverie³, Géraldine Uriel⁴, Séverine Mary², Gérard Demangeat⁵, Maarten van Helden⁶

¹ Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, EGFV, F-33882 Villenave d'Ornon, France

² Univ. Bordeaux, Vitinov, Bordeaux Sciences Agro, ISVV, 1 cours du Général de Gaulle, 33175 Gradignan, France

³ IFV Pôle Rhône-Méditerranée, 7 avenue Cazeaux, 30230 Rodilhan, France

⁴ CIVC, 5 rue Henri Martin, CS 30135, 51204 Epernay, France

⁵ UMR SVQV, INRAE-Université de Strasbourg, BP 20507, 68021 Colmar Cedex, France

⁶ Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, ISVV, 33170 Gradignan, France

Contact : coralie.dewasme@agro-bordeaux.fr

Le court-noué est la plus grave des viroses de la vigne. Le rendement et la vigueur diminuent rapidement sur les parcelles atteintes réduisant par conséquent leur durée de vie (Andret-Link *et al.*, 2004, Demangeat *et al.*, 2005, Laveau *et al.*, 2019). Seize virus à travers le monde peuvent induire la maladie mais le *Grapevine Fanleaf virus* (GFLV) est le principal virus responsable de la maladie. Il est transmis spécifiquement par un nématode présent dans le sol, *Xiphinema index*.

Pendant longtemps les sols viticoles ont été désinfectés chimiquement avant plantation afin de tenter d'éliminer ce nématode ainsi qu'un autre nématode, *Xiphinema diversicaudatum* vecteur de l'*Arabis Mosaic Virus* (ArMV). Cette pratique polluante entraînait une stérilisation de l'horizon supérieur du sol et avait une efficacité relative puisque les produits n'atteignaient pas les horizons inférieurs du sol où ces nématodes peuvent survivre. Une solution alternative, favorable à la biodiversité, avec de nombreux avantages agroécologiques consiste à laisser le sol en jachère pendant une période de 5 à 7 ans mais cette méthode est économiquement difficilement supportable.

Fort de ce constat, des travaux ont débuté en 2004 à Bordeaux Sciences Agro avec le soutien de châteaux du Bordelais afin de trouver une solution alternative aux produits chimiques pour réduire les populations de nématodes, plus rapide et plus efficace qu'un sol nu pendant la période de jachère.

En parallèle, un diagnostic d'évaluation des populations des nématodes vecteurs de virus responsables du court-noué a été développé à Bordeaux Science Agro. L'objectif était de déterminer une durée de repos du sol optimale en fonction du potentiel infectieux du sol afin de réduire le risque de recontamination par les virus de la nouvelle plantation. Le potentiel infectieux a été estimé sur la base de la répartition des nématodes vecteurs de virus et de leur abondance dans le sol des parcelles. *In fine* le but était de réduire la durée de repos du sol pour des parcelles à faible potentiel infectieux afin de pouvoir l'augmenter sur celles le plus à risque.

Parmi l'ensemble des recherches menées et des moyens de gestion possible de la maladie, la solution alternative choisie a été de se concentrer sur l'évaluation de variétés de plantes à implanter pendant le repos du sol afin également de réduire la durée de ce dernier. L'étude de l'efficacité de plantes antagonistes couramment appelées plantes nématicides est un processus long qui se décompose en 3 phases : une pré-étude en conditions contrôlées, une étude à la parcelle sur les populations de *Xiphinema index* puis un suivi des recontaminations des vignes par le GFLV.

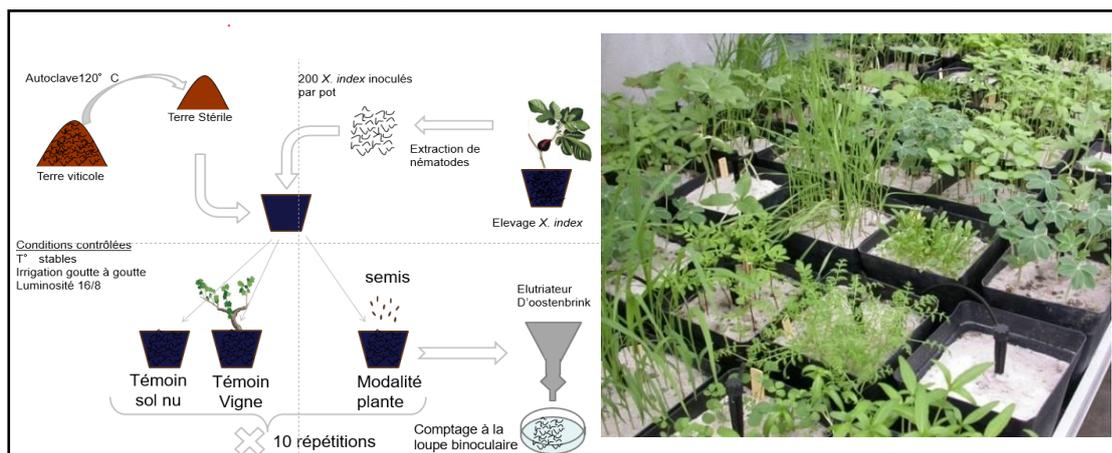


Figure 1 : Dispositif expérimental en conditions contrôlées (phase 1)**Phase 1 : Sélection en conditions contrôlées de plantes candidates à l'implantation de jachère**

Une première évaluation des propriétés nématocides des espèces botaniques sur *X. index* a été menée en serre avec des essais en pots. Ainsi, des pots de 3 litres de terre ont été inoculés avec un nombre connu de *X. index* issus d'un élevage puis un semis a été effectué. Après un cycle de culture avec une irrigation et un maintien stable de la température, la totalité des *X. index* encore vivants ont été extraits de la terre pour être dénombrés (Figure 1). Les résultats permettent donc d'établir un effet nématocide et non pas un effet nématifuge, des plantes en conditions contrôlées (Figure 2).

Une trentaine d'espèces botaniques a été retenue pour être testée dans cette première phase. Pour la plupart, il s'agissait de plantes rustiques et connues pour leur enracinement profond. Certaines étaient recensées comme ayant un effet nématocide ou de la famille de plantes répertoriées comme telles. Or environ 4000 espèces de nématodes ont été retrouvées dans les sols agricoles et ils interagissent avec les plantes cultivées très différemment (nématodes à galles, nématodes libres, nématodes vecteurs). Ainsi une plante ayant un effet nématocide sur une espèce de nématode n'aura pas forcément le même effet sur d'autres espèces. La phacélie qui est connue pour être nématocide sur le nématode à kystes de la betterave, *Heterodera schachtii*, s'est révélée être une plante hôte pour *X. index*, nématode vecteur de virus de la vigne dans nos essais.

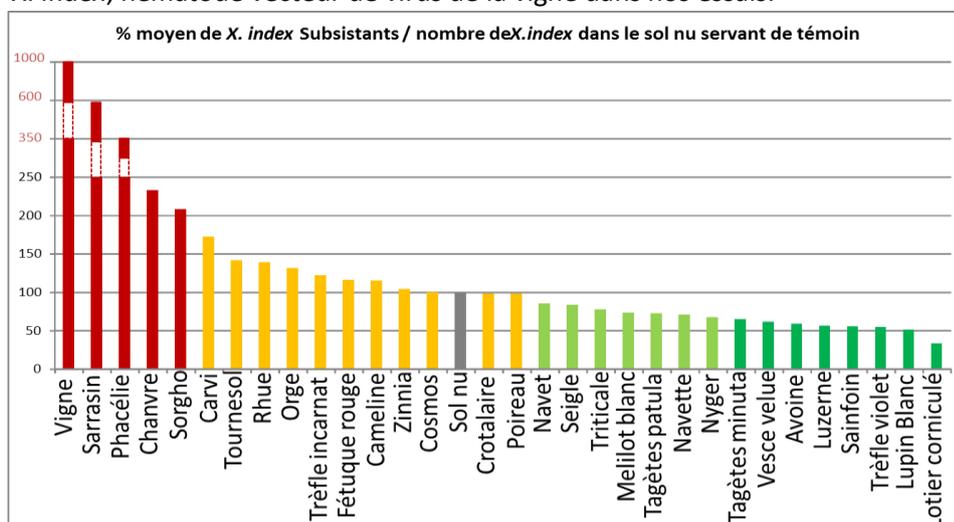


Figure 2 : Effet nématocide en conditions contrôlées de 30 espèces de plantes exprimé en pourcentage de *X. index* survivants après un cycle de culture par rapport au sol nu servant de témoin négatif.

Outre la phacélie, 3 autres plantes ont vu les populations de *X. index* se multiplier à leur contact : le sarrasin, le chanvre et le sorgho. Malheureusement, la phacélie et le sarrasin sont des plantes fréquemment retrouvées dans les mélanges à planter en jachère car elles permettent d'augmenter la biodiversité et se développent assez facilement même sur des sols viticoles pauvres. Si ces plantes présentent un intérêt non discutable en tant que plantes mellifères ou pour améliorer la composition et la structure des sols, elles restent à proscrire dans le cas de parcelles dont le potentiel infectieux du sol est avéré. L'augmentation de la biodiversité spécifique n'a pas toujours un effet bénéfique.

A l'opposé, suite à leur culture, 8 plantes réduisent de l'ordre de 40% et plus, les populations de nématodes (vert foncé sur figure 2). Il s'agit principalement de plantes issues de la famille des légumineuses connues pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec des bactéries de type *Rhizobium* et qui permettent de réduire le recours aux fertilisants chimiques l'année suivante. Une céréale, l'avoine fait également partie des 8 plantes sélectionnées pour la phase de test en conditions réelles. Les céréales pourront servir de tuteur à des plantes comme la vesce et présentent un intérêt dans la décompaction des sols. L'expérience en conditions contrôlées a été reproduite avec les 8 plantes sélectionnées et des *X. index* virulifères afin de s'assurer qu'elles ne soient pas les hôtes du virus contre lequel on souhaite lutter *in fine* (Villate *et al.*, 2008, Laveau *et al.*, 2013).

Phase 2 : Des conditions contrôlées au conditions de terrain

Après ce premier tri, des essais au terrain dits « en damier » du fait de leur design ont été menés entre 2007 et 2013. L'objectif de ces essais était d'évaluer l'effet des plantes sélectionnées sur les populations de *X. index* dans différentes conditions pédoclimatiques. Dans ces essais, des carrés de quelques mètres de côté (2 à 4 mètres) ont été semés avec un semoir monoline et les carrés de jachère en sol nu ont été entretenus au motoculteur. Sur chaque répétition (carré), des échantillons de terre ont été prélevés sur les parois de fosses pédologiques afin d'identifier et de dénombrer les populations de nématodes restantes dans le sol après un cycle de culture. La synthèse des résultats obtenus à l'aide de ce dispositif factoriel de petite taille est présentée Figure 3.

Les 5 essais présentent chacun des particularités. L'essai A est le seul essai semé au printemps ce qui a permis d'évaluer le Lupin blanc et le Tagète minuta qui ne peuvent se semer en automne. L'essai C a été conduit en Bourgogne sur sol argileux-calcaire tandis que tous les autres ont été menés en Bordelais soit sur un sol brun graveleux (A, B et E) soit sur un sol argilocalcaire (D). Pour l'essai E, les échantillons de terre ont été récoltés très tôt en saison (avril), afin de simuler un cycle court qui pourrait être mis en place juste avant l'année de plantation mais ce qui a laissé peu de temps aux plantes pour se développer.

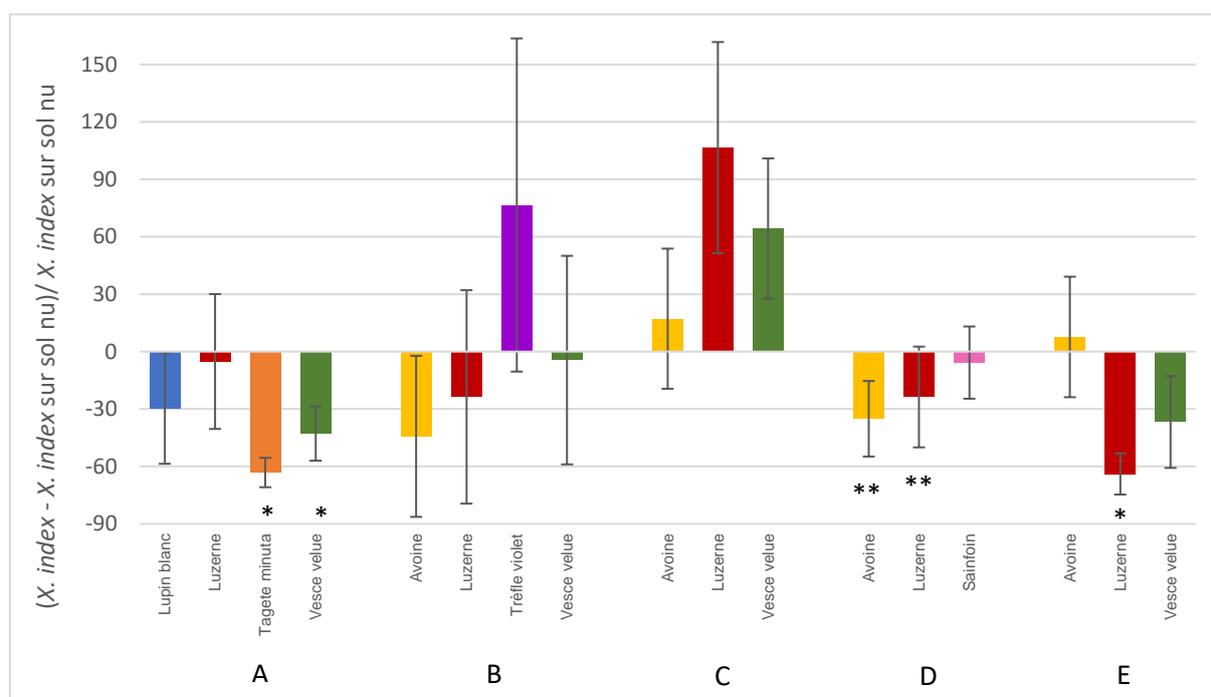


Figure 3 : Efficacité d'une sélection de plante sur les populations de *X. index* du sol par rapport à une jachère en sol nu (représentée en 0 sur l'axe des ordonnées) sur un cycle de culture.

Malgré toutes ces spécificités, cette phase d'expérimentation a permis de démontrer que dans la majorité des cas, les couverts testés permettent de réduire le nombre de nématodes *X. index* plus efficacement qu'un sol nu. L'avoine, la luzerne et la vesce velue ont entraîné une réduction des populations de *X. index* dans le sol, malgré un résultat contradictoire observé en Bourgogne (essai C). Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la luzerne et le tagète (testé une seule fois). Cependant l'avoine donne des réponses plus constantes entre les essais (Laveau *et al.* 2018)

Phase 3 : Du contrôle des populations de nématodes vecteurs à la diminution des recontaminations dans les nouvelles plantations

Les plantes nématicides ont montré leur efficacité sur la réduction des populations de *X. index* dans les sols viticoles. Toutefois ces nématodes ne font que peu de dégâts directs sur la vigne. Leur principale nuisibilité est la transmission de népovirus à la vigne entraînant des pertes de rendement conséquentes.

En parallèle des essais au champs en « damier », des plantes candidates ont été semées dans des essais en conditions réelles afin de vérifier si leurs aptitudes à réduire les populations de nématodes se traduisent bien par des retards à la contamination par le virus. Ces essais de plus grande taille sont constitués par de larges bandes de plantes nématicides juxtaposées (bandes d'au moins 30 mètres de long par 10 mètres de large,) avec des répétitions. Chaque plante est comparée à un témoin laissé en sol nu (ou avec un enherbement spontané). A ce jour, 13 parcelles ont été implantées dans 6 régions françaises avec 9 espèces botaniques différentes dont 7 ont été sélectionnées en fonction des résultats obtenus en conditions contrôlées ou lors de la première phase d'essais au champs. Deux espèces supplémentaires ont été ajoutées, la moutarde et le colza, pour lesquelles nous ne disposons pas de données sur leur potentiel à réduire les populations de nématodes *X. index*.

Chaque essai a fait l'objet d'un suivi par des tests ELISA réalisés depuis l'année de la plantation (T0). Les contaminations des parcelles d'essai (repos du sol de 2 à 4 ans avec implantation de semis) ont commencé. Le suivi de ces essais a débuté avec le soutien de France AgriMer et est à présent mené dans le cadre du projet JASYMPT grâce à l'implication de 8 partenaires** et au financement par le plan national de dépérissement du vignoble. Au terme de ce projet, il sera possible de conclure avec un recul suffisant sur l'efficacité des jachères semées sur le retard à la contamination par le principal virus responsable du court-noué en France.

Dans le cadre du projet JASYMPT, la méthodologie mise en œuvre pour le diagnostic « nématode » actuellement proposé par la cellule de transfert Vitinov est éprouvée. En effet dans le cadre de ce projet, des tests ELISA sont réalisées sur des vignes plantées après un repos du sol dont la durée a été déterminé par le diagnostic mis au point par Bordeaux Sciences Agro et réalisé par Vitinov. Plusieurs configurations sont testées : des parcelles avec des potentiels infectieux faibles ou forts et une durée de repos du sol préconisée respectée ou non par les viticulteurs. A l'issue du projet, le diagnostic pratiqué maintenant depuis plus de 10 ans devrait être soit validé en état soit améliorer en fonctions des résultats obtenus.

Conclusion

Dans tous les cas de figure, un repos du sol entre l'arrachage et la plantation est recommandé. Il est important d'adapter la durée de la jachère au risque de recontaminations potentielles. A l'issue du projet JASYMPT, plusieurs résultats d'essais devraient nous permettre d'affiner les conseils dans la gestion du court-noué. Pour le moment, les jachères semées présentent de nombreux avantages outre la lutte contre le vecteur du court-noué tels que la décompaction des sols, la lutte contre l'érosion et la préservation de la biodiversité.

Toutefois, à condition de bien choisir le mélange de plantes, l'implantation d'un couvert végétal s'avère un outil efficace dans la gestion du court-noué par la diminution du potentiel infectieux du sol. Cette pratique s'inscrit dans une gestion globale incluant d'autres pratiques telles que la dévitalisation, le travail du sol, l'utilisation de porte-greffe retardant les contaminations ou des plants prémunis...

Les problèmes de forte contamination des vignes et donc d'arrachages précoces pourraient être évités en suivant un itinéraire cultural adapté couplant diverses pratiques dont la mise en place de couverts végétaux. Dans le contexte actuel, cette pratique présente de nombreux autres avantages permettant des réductions d'intrants, de favoriser la biodiversité des sols et la production de ressources pour les insectes dont les pollinisateurs ou les auxiliaires.

**Listes des partenaires : IFV, CIVC, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Montpellier SupAgro, Chambre agriculture du Vaucluse, GRAB, Vitinov

Références :

Andret-Link P., Laporte C., Valat L., Laval V., Ritzenthaler C., Demangeat G., Vigne E., Pfeiffer P., Stussi-Garaud C., Fuchs M. 2004. Grapevine fanleaf virus: Still a major threat to the grapevine industry. *Journal of Plant Pathology* 86, 183-195.

Dewasme, C., Mary, S., Darrieutort, G., Audeguin, L., van Helden, M., & van Leeuwen, C. 2019. Quantitative and qualitative impact of Tomato Black Ring Virus (TBRV) on Merlot and Cabernet franc. *OENO One*, 53(2), 161-169.

Laveau C., Mary S., Darrieutort G., van Leeuwen C., van Helden M. .2018. Impact of sown fallows on the *Xiphinema index* populations in different soil types. *E3S Web of Conferences* 50, 01037.

Laveau C. and van Helden M. 2013. Une lutte biologique contre le court-noué de la vigne. *Union Girondine des Vins de Bordeaux* 1195 : 33-35

Villate, L., Fievet, V., Hanse, B., Delemarre, F., Plantard, O., Esmenjaud, D., & van Helden, M. 2008. Spatial distribution of the dagger nematode *Xiphinema index* and its associated Grapevine fanleaf virus in French vineyard. *Phytopathology*, 98(8), 942-948.



Vitinnov 

VITINNOV

1 cours du Général de Gaulle

33170 GRADIGNAN

Tél : 05 57 35 07 65

vitinnov@agro-bordeaux.fr

www.vitinnov.fr



université
de BORDEAUX