









Institut Français de la Vigne et du vinP	4
Dépérissements du vignoble et maladies du bois : les avancées scientifiques de la recherche publique et privée	5
Organisation de la recherche face aux dépérissements du vignoble	
Le Plan National Dépérissement du Vignoble P	7
Le projet ADVANTAGE dédié à la protection des vignobles contre les maladies du bois	10
Détection des symptômes de maladies du bois et suivi des pathogèn par imagerie	es
Détection des symptômes de maladies du bois par proxi et télédétection	12
Vers de nouvelles techniques d'imagerie pour l'étude et le suivi des maladies du bois chez la vigne	17
Modélisation de l'impact des dépérissements sur les rendements	
Simulation de l'impact des maladies du bois sur le rendement parcellaire	20
Test d'une méthode de diagnostic et de hiérarchisation des causes des bas rendements à la parcelle	23
Stratégies de lutte contre les dépérissements du vignoble	
Sélection de solutions pour lutter contre les maladies du bois : premiers résultats sur les effets des produits	29
Mobilisation et innovation vigneronne : réseaux de viticulteurs-acteurs pour tester et transférer des pratiques innovantes P	35

Institut Français de la Vigne et du vin

La recherche et l'innovation au service de la filière vitivinicole

L'IFV est l'organisme technique et scientifique au service de l'ensemble des acteurs de la filière vitivinicole, bénéficiant de la double qualification d'Institut Technique Agricole et d'Institut Technique Agro-alimentaire.

L'IFV est donc un acteur du programme national de développement agricole rural et des politiques structurelles de recherche et innovation pour la période 2014-2020. Il est administré par des représentants professionnels, issus des organisations nationales de la filière ou désignés par les bassins de production.

Les activités de l'IFV

La mission principale de l'Institut Français de la Vigne et du Vin est d'accompagner la filière vin dans ses projets innovants, en diffusant le progrès technique et les transferts de technologies dans les exploitations pour améliorer leur compétitivité et leur durabilité. Et en assurant des partenariats et des synergies avec tous les acteurs de la recherche au plan régional, national et international.

Au sein de chaque bassin viticole, l'IFV conseille la filière sur les orientations techniques régionales, en recensant les besoins techniques de la région sous l'égide des représentants professionnels.

Les travaux de l'IFV reposent sur 7 axes de recherches scientifiques et techniques :

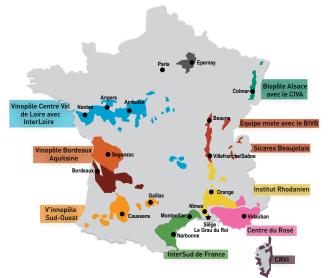
- Sélection de la vigne, innovation variétale et pépinière,
- Lutte contre le dépérissement de la vigne, Vigne et vin biologiques,
- Protection du vignoble et réduction des intrants phytosanitaires,
- Agroenvironnement et gestion des territoires, Compétitivité au vignoble et au chai,
- Transfert des résultats et révolution numérique.

Les forces de l'Institut Français de la Vigne et du Vin

- Un réseau implanté dans les principaux vignobles français et ouvert à l'international,
- Un rôle de tête de réseau national des acteurs de la Recherche et du Développement,
- Une palette de compétences couvrant l'ensemble des métiers de la filière, du plant de vigne à la bouteille,
- Des équipes pluridisciplinaires assurant l'interface entre les besoins de la profession et la recherche et impliquées dans les pôles de compétitivité.
- Des moyens diversifiés de diffusion du progrès (sites internet, publications, diffusion dans la presse professionnelle, formation, transferts de technologies dans les entreprises).

Les moyens de l'IFV

Les 150 collaborateurs de l'IFV (ampélographes, ingénieurs agronomes, généticiens, œnologues, microbiologistes, etc) développent leurs travaux dans une vingtaine d'unités présentes au sein de l'ensemble des bassins viticoles français. L'IFV dispose également d'un réseau de laboratoires d'analyses et de plateformes technologiques à proximité des vignerons et des entreprises de chaque région.





➤ Dépérissements du vignoble et maladies du bois : les avancées scientifiques de la recherche publique et privée

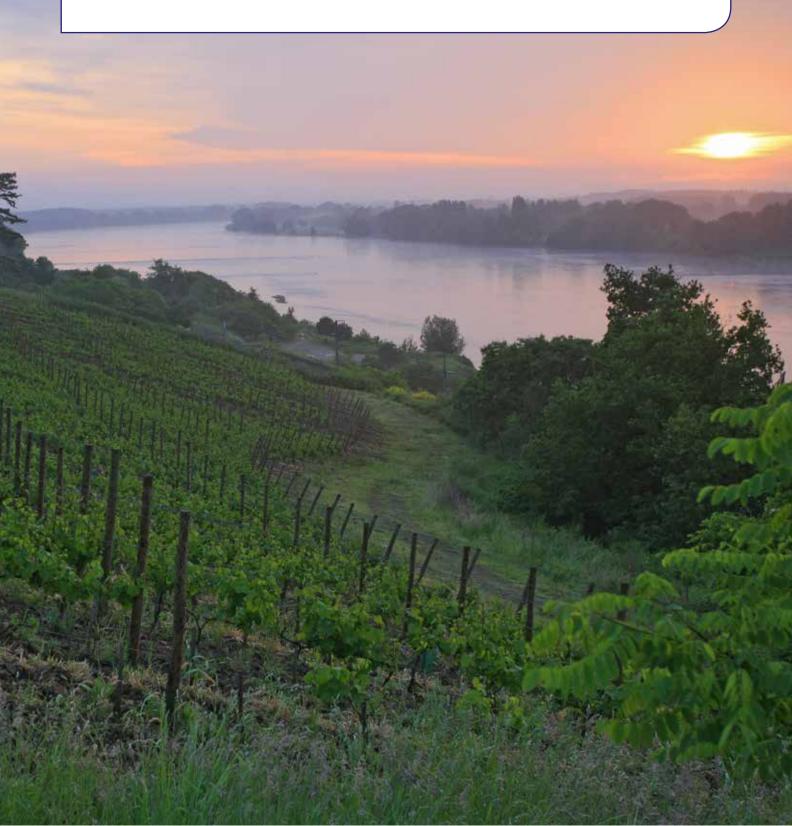
Face au dépérissement du vignoble et aux maladies du bois en particulier, la filière viticole s'est structurée depuis 2016 autour du Plan National de Lutte contre les Dépérissements, proposant aux organismes scientifiques et techniques un plan d'action et une méthode propice aux recherches et aux échanges. La filière et l'Etat ont ainsi investi près de 10 millions d'euros sur 3 ans dont 75 % consacrés à la recherche et à l'expérimentation à travers des appels à projets, qui assurent des échanges réguliers entre les chercheurs, la pluridisciplinarité des actions et la prise en compte de l'expérience de la profession viticole. En amont de la création de ce Plan National, un consortium public privé s'est créé autour d'Advantage, un projet collaboratif sélectionné par le Fonds Unique Interministériel portant sur de nouvelles méthodes de lutte contre les maladies du bois de la vigne et de nouveaux outils d'évaluation du risque.

Au cours de l'édition 2020 du colloque Euroviti organisé par l'Institut Français de la Vigne et du Vin dans le cadre du SIVAL, les intervenants de la recherche publique et privée viendront présenter les résultats du projet Advantage et les avancées obtenues dans certains projets du Plan National, autour de trois thématiques : la détection des symptômes par imagerie, l'impact des dépérissements sur le rendement et les stratégies de luttes. Comme à chaque édition, les échanges entre les intervenants et la salle composée d'opérateurs de la filière et de techniciens viendront enrichir les débats et la réflexion afin de construire ensemble cette lutte contre les dépérissements du vignoble.





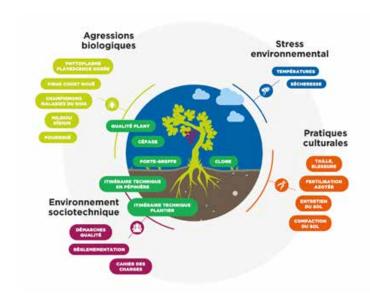
Organisation de la recherche face aux dépérissements du vignoble



> Plan National Dépérissement du Vignoble

Le dépérissement de la vigne : une problématique complexe

Le dépérissement de la vigne correspond à une baisse pluriannuelle subie du rendement du cep et/ou à une mort prématurée du cep, brutale ou progressive. Ce dépérissement, touche aujourd'hui l'ensemble des régions viticoles françaises et européennes et est responsable d'une perte de rendement annuelle estimée en 2015 à 4,6 hl/ha. Phénomène complexe, les dépérissements doivent être raisonnés comme un problème global. Différentes maladies, notamment les maladies du bois, agissent mais d'autres facteurs (le climat, les pratiques viticoles, des contraintes organisationnelles...) ont des effets non négligeables sur le rendement et la longévité des parcelles. Lutter efficacement contre les dépérissements, c'est considérer l'ensemble de ces éléments.



Un plan d'action ambitieux avec une vision à 360°

Depuis trois ans, les interprofessions vitivinicoles, regroupées au sein du CNIV, avec le soutien du Ministère de l'Agriculture et de FranceAgriMer, se sont engagées dans un Plan National contre le Dépérissement du Vignoble. Ce plan inédit et ambitieux, qui fait l'objet d'une gouvernance spécifique et d'un financement à parité Etat-profession traduit la volonté d'agir à tous les niveaux, en concertation avec l'ensemble des organismes et acteurs concernés, de la production du plant de vigne à la commercialisation (les Chambres d'agriculture, l'Institut Français de la Vigne et du Vin, les pépinières viticoles, la recherche scientifique).

Quatre ambitions complémentaires pour le Plan National Dépérissement du Vignoble

Le Plan National Dépérissement du Vignoble, lancé en 2016, répond au besoin de mobilisation de la filière viticole pour assurer la pérennité du vignoble français et la compétitivité de ses entreprises.

Il est organisé autour de quatre ambitions complémentaires :

- Mobiliser des réseaux d'acteurs pour promouvoir la formation et le transfert de bonnes pratiques au sein du vignoble
- Assurer la production de matériel végétal en quantité et qualité avec la pépinière viticole
- Coordonner des réseaux d'observation du vignoble
- Promouvoir une recherche scientifique interdisciplinaire autour de cinq axes prioritaires en réponse aux attentes des professionnels.

Formation et transfert de bonnes pratiques

Deux nouveaux outils en ligne

La prise de conscience et l'implication des viticulteurs passent aussi par le diagnostic à l'échelle de l'exploitation de l'impact socio-économique des dépérissements. Un outil d'auto-diagnostic interactif a été créé. Il permet en quelques clics au vigneron d'évaluer la situation de son exploitation viticole par rapport au risque de dépérissement. https://app.plan-deperissement-vigne.fr/#/infos

Une formation en ligne dédiée à la sensibilisation et à la formation de tous les acteurs du vignoble (viticulteurs, techniciens, mais aussi enseignants, étudiants etc.) est disponible depuis février 2019. Elle répond aux questions sur les dépérissements. Les contenus sont construits en collaboration avec les organismes de formations (universités, grandes écoles, lycées agricoles, chambres d'agriculture etc.). Plus de 200 personnes ont déjà suivi ce module d'initiation aux dépérissements. https://webformation.plan-deperissement-vigne.fr/

Des réseaux d'acteurs

Aujourd'hui, plus de 350 viticulteurs et pépiniéristes sont mobilisés dans des réseaux d'acteurs. Une trentaine de réseaux sont constitués et répartis dans tous les bassins viticoles. Ces réseaux permettent l'échange de bonnes pratiques et l'expérimentation de nouvelles techniques de lutte contre les dépérissements. En 2019, 6 nouveaux réseaux d'acteurs ont été créés autour de thématiques comme l'enroulement ou le court-noué.

Un réservoir de connaissances

Le site internet du Plan Dépérissement est devenu le réservoir de connaissances sur les dépérissements pour tous les acteurs de la filière. Il présente une centaine de fiches techniques et de bonnes pratiques et recense également toutes les formations disponibles dans les vignobles. Chaque année une cinquantaine de formations sont organisées permettant à plus de 700 viticulteurs et pépiniéristes de recevoir un enseignement de qualité. www.plan-deperissement-vigne.fr

Améliorer et sécuriser la production de matériel végétal de qualité

Un partenariat renouvelé entre la viticulture et la pépinière

Le lancement de la marque collective « VitiPep's » de certification des bois et plants est un événement marquant de cette ambition. Son objectif est de promouvoir et garantir la qualité et l'origine française des plants. Une étude permettant d'évaluer les itinéraires techniques de production de matériel végétal de pépinière dans le monde a également été réalisée. Cette étude a permis d'observer les modes d'organisation de la filière dans quelques pays (Californie, Afrique du Sud, NZ), évaluer les contraintes réglementaires et identifier les verrous techniques et menaces éventuelles.



Collecter toutes les observations du vignoble

Cette troisième ambition vise à développer un outil centralisant toutes les données d'observation du vignoble. Dans ce but, une infrastructure de données géographiques a été créée en 2019 et permet désormais de collecter les données des programmes de recherche. Elle permettra également le partage de données nationales comme par exemple les données météorologiques.

Mieux comprendre les dépérissements pour mieux lutter par un plan de recherche et d'innovation

A ce jour, 21 programmes de recherche sont lancés dans le cadre du Plan National Dépérissement du Vignoble autour de 5 axes prioritaires. L'interdisciplinarité, l'innovation et le transfert des connaissances y sont une préoccupation permanente, tout comme l'acceptabilité socio-économique des solutions, des outils développés et des innovations.



Les premiers résultats transférables concernent le développement de nouveaux outils de détection des maladies par des techniques non invasives, une meilleure connaissance des maladies et la compréhension des phénomènes physiologiques.

En 2020, un nouvel appel à projet est lancé mettant l'accent sur le transfert des acquis de la recherche, les sciences sociales et l'épidémiologie pour engager de nouveaux programmes visant un changement durable des pratiques.



▶ Le projet ADVANTAGE sélectionné par le FUI Projet de 4,2 millions d'euros soutenu par VEGEPOLYS et dédié à la protection des vignobles contre les maladies du bois

Lors de son 19ème appel à projets, le Fonds Unique Interministériel (FUI) a sélectionné ADVANTAGE, projet accompagné et labellisé par le pôle de compétitivité à vocation mondiale du végétal VEGEPOLYS, et AgriSud Ouest innovation, pour les avancées qu'il laisse entrevoir en termes de lutte contre les maladies du bois de la vigne (MBV).

Un consortium de 9 partenaires industriels, techniques et académiques s'est engagé autour d'un programme de 4,2 millions d'euros sur une durée de 4 ans sur la protection des vignobles contre les maladies du bois. Ce consortium réunit des spécialistes de la protection des cultures, Agrauxine (49), porteur du projet, et Bayer (69), de la production de plants, Mercier Frères (85), des experts en agronomie et en phyto-

pathologie, l'Institut Français de la Vigne et du Vin (49, 37, 30) et l'Université de Reims Champagne Ardenne (51) et l'Unité Mixte de Recherche Santé et Agroécologie du Vignoble INRA/BSA (33) et des spécialistes de l'imagerie, Telespazio (33) et Bordeaux Sciences Agro (33) et de la modélisation, CybeleTech (45).

Face à un contexte d'épidémie en progression et à d'importantes pertes économiques, la filière viticole est en forte attente d'outils et de solutions à combiner pour maîtriser l'impact du complexe parasitaire à l'origine des maladies du bois. ADVANTAGE vise à répondre à ce besoin en offrant à la filière des solutions et outils à appliquer, de la pépinière au vignoble, pour une gestion globale des MBV.

Une réelle nécessité pour la filière viticole

Les maladies de dépérissement liées aux MBV entraînent des pertes économiques de plus en plus importantes en France. Selon les estimations, tous les vignobles sont concernés. Avec 15 à 50 % des surfaces atteintes par les MBV en France, la perte annuelle pour la filière viticole est estimée à 1,5 milliard d'euros

Les efforts de recherche, passés ou en cours, sont principalement centrés sur la compréhension des maladies du bois de la vigne et peu de solutions concrètes sont encore disponibles pour freiner l'épidémie.

Cependant, un produit de biocontrôle a été récemment homologué en France contre les MBV. S'il a démontré son intérêt et une efficacité certaine pour réduire le développement des MBV, sa capacité à réduire les pertes économiques du vignoble est partielle.

En l'absence de stratégies globales, il y a donc urgence à identifier des pratiques complémentaires, permettant d'aboutir, d'ici 5 à 8 ans, à une efficacité proche de celle de l'arsénite de sodium, arrêté en 2001. C'est là l'objet d'ADVANTAGE. Dans un contexte d'épidémie et de déficit en moyens de lutte, le consortium propose de mettre au point de nouveaux itinéraires techniques adaptés dans les pépinières et les vignobles pour limiter significativement l'impact des MBV.

La stratégie de protection proposée par ADVANTAGE reposera sur des **combinaisons de produits de protection** aux modes d'action complémentaires, mais également sur des **outils d'aide à la décision**. Ces derniers

pourront être moléculaires ou basés sur l'imagerie et la modélisation.

Dans les pépinières, les produits mis au point dans ADVANTAGE seront valorisés pour le contrôle qualité des plants. Dans les vignobles, les produits de protection ADVANTAGE pourront être couplés au suivi de l'état sanitaire des parcelles. L'outil proposé, basé sur des techniques d'imagerie et de modélisation innovantes, permettra d'évaluer le niveau d'infestation des parcelles et le niveau de risque de développement des maladies du bois de la vigne afin de mieux positionner les traitements.

Le consortium vise le déploiement des solutions ADVANTAGE sur près de 50 % des surfaces touchées soit 320 000 hectares en France, suite aux premières commercialisations, prévues dans 5 à 7 ans. Il vise également le marché des pépiniéristes, au niveau national et international, avec la production de plants de haute qualité.

« Pour la filière viticole française, les pertes annuelles liées aux MBV sont énormes, s'élevant à près de 1,5 milliard d'euros en pertes de production et coûts de complantation au vignoble. Cela représente plus d'un dixième du chiffre d'affaires, et ce, sans compter les pertes liées à l'impact des MBV sur la qualité des vins. ADVANTAGE investit 4,2 millions d'euros pour offrir à toute une filière une solution globale qui lui permettra de consolider ses emplois et sa production », explique Patricia Letousey qui sera, au sein d'Agrauxine porteur du Projet, en charge de la coordination.



Détection des symptômes de maladies du bois et suivi des pathogènes par imagerie



Détection des symptômes de maladies du bois par proxi et télédétection

Résumé

La surveillance de l'Esca, maladie du bois de la vigne, peut s'avérer chronophage pour le viticulteur. Dans le cadre du projet « ADVANTAGE » deux stratégies ont été élaborées afin d'automatiser la détection et la cartographie des symptômes d'Esca dès que ceux-ci sont visibles. L'une est fondée sur la proxidétection, grâce à une caméra installée sur un engin viticole et procède à l'échelle de la plante, l'autre opérant par télédétection (images prises par drone) à l'échelle de la parcelle.

A l'échelle de la plante, la forme et la couleur des symptômes sont exploitées. Dans un premier cas, les imagettes de feuilles saines, atteintes de l'Esca ou d'autres pathologies sont traitées. Le second cas concerne les symptômes sur la plante entière. Les algorithmes utilisés reposent sur l'intelligence artificielle et sont entrainés sur des images sur lesquelles les symptômes sont déjà identifiés (apprentissage). Une fois entrainés, ils sont appliqués sur les images à traiter. Sur les feuilles isolées, la méthode atteint une précision de 90% en blanc et de 87% en rouge. Sur les ceps entiers, les zones affectées par l'Esca et les symptômes confondants sont efficacement identifiés, mêmes si quelques difficultés subsistent dans certaines situations.

A l'échelle de la parcelle, les symptômes recherchés correspondent à un changement de couleur des pixels, caractéristique d'une décoloration foliaire (jaunissement, rougissement ou dessèchement de la végétation). Pour y parvenir, l'algorithme proposé procède par photogrammétrie, fournissant une image géoréférencée de la parcelle ainsi qu'un nuage de points permettant un rendu 3D de la vigne. La détection des anomalies foliaires s'appuie sur une classification supervisée combinant l'information spectrale de chaque pixel et des indices de végétation. Le modèle est entrainé sur un jeu de données établi par photo-interprétation. Les précisions obtenues sont de 89% pour les cépages rouges et de 75% pour les cépages blancs.

Introduction

Le suivi pluriannuel des pieds de vigne affectés par l'Esca nécessite une prospection coûteuse en main d'œuvre et complexe à mettre en place. Un dispositif de détection automatique des symptômes d'Esca, installé sur l'engin viticole (proxidétection) ou opérant en télédétection (drone ou satellite), permettrait de rendre cette prospection à la fois automatique et systématique, à l'occasion des différents passages du satellite, du drone ou des engins dans les parcelles. C'est dans cet objectif que des méthodes d'acquisition et d'analyse d'images spécifiques ont été mises au point puis expérimentées par les chercheurs de Bordeaux Sciences Agro (laboratoire IMS) et la société Telespazio, dans le cadre du projet « ADVANTAGE ». Deux échelles ont été abordées : la parcelle pour la télédétection et la plante pour la proxidétection. Une détection précoce (c'est-à-dire avant que les symptômes ne soient visibles à l'œil nu), s'est avérée peu réaliste compte-tenu des caractéristiques spectrales non discriminantes des pieds atteints mais non symptomatiques. Aussi, les travaux se sont concentrés sur la détection des symptômes visibles, à divers degrés d'avancement.



Auteurs :

Florian Rançon, Lionel Bombrun, Christian Germain, Bordeaux Sciences Agro, Elodie Pagot, Telespazio.

Christian GERMAIN

Bordeaux Sciences Agro - GRADIGNAN

Tél: 05 57 35 07 73

Email: christian.germain@agro-bordeaux.fr

Proxidétection

Télédétection

Apprentissage

Automatique

Esca

D'où viennent les images utilisées pour la détection des symptômes ?

A l'échelle de la feuille (proxidétection), un système de prise de vue automatique a été utilisé. Il comporte une caméra industrielle couleur, un flash et un GPS, le tout commandé par un micro calculateur embarqué et alimenté par une batterie. Ces éléments sont réunis dans un boîtier pouvant être fixé sur un tracteur, un quad, voire une simple brouette. Le système est complètement autonome (Fig. 1). Les prises de vue sont déclenchées manuellement ou automatiquement dès l'entrée dans la parcelle grâce au GPS. Chaque cep est photographié à une vitesse maximum de l'ordre de 6 km/h. Les images obtenues couvrent environ une surface d'un mètre carré, dans le plan de palissage, avec une résolution de 5 mégapixels (pixels millimétriques). Un exemple d'image est donné (Fig. 2). Le choix d'une caméra couleur (RGB) est justifié par une étude préalable qui ne montre pas d'avantage décisif à utiliser des canaux infra-rouge.

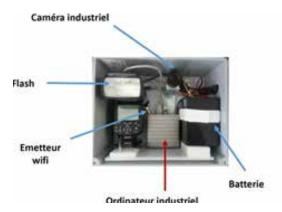




Figure 1 : Détails du système d'acquisition monté dans le boîtier et passage du dispositif dans une parcelle de vigne.



Figure 2 : Exemple de photographies de 5 pieds consécutifs obtenus avec le dispositif d'acquisition.

A l'échelle de la parcelle, des prises de vue à la verticale ont été réalisées avec deux types de vecteurs : le drone Falcon 8 (Intel) et le quadcopter X6. Les images ont été acquises de façon automatique à la fois dans le domaine du visible avec l'appareil photo numérique SONY ILCE-7R et dans le domaine multispectral à l'aide de la caméra RedEdge de Micasense.

La définition du SONY ILCE-7R, de 36 mégapixels, couplée à une focale de 35 mm a permis d'obtenir des images d'une résolution spatiale de 0.8 cm à 50 m d'altitude.

Le capteur multispectral RedEdge de Micasense composé de 5 caméras à bandes fines acquiert simultanément dans le Bleu, Vert, Rouge, Red Edge et Proche Infrarouge. Celui-ci a permis d'étudier si le domaine du Proche Infrarouge et du Red Edge (région de changement rapide de la réflectance de la chlorophylle), présentait un intérêt dans la caractérisation des décolorations foliaires. De petite taille (1.2 mégapixels, focale de 5.5 mm), ce capteur a une emprise au sol beaucoup plus réduite et nécessite de voler plus bas pour obtenir des résolutions spatiales centimétriques. Il a été utilisé à 20 m d'altitude et produit des images à une résolution de pixels de 2.7 cm.

Dans les deux cas, les acquisitions ont été réalisées avec un fort taux de recouvrement longitudinal et latéral de 80%-80%, pour permettre de reconstituer la géométrie tridimensionnelle de la vigne et de générer une orthomosaïque, recréant une seule image continue et une vue verticale complète de la parcelle (Fig. 3).



Figure 3 : Nuage de points (3D) colorisé reconstruit à partir des images drone. Résolution du pixel : 0.8 cm.

Sur quels types de vignobles les expériences ont-elles été conduites ?

Les données de proxidétection ont été collectées durant l'été 2017, à la mi-août. Deux parcelles ont été utilisées pour acquérir les images de proxidétection : une parcelle de cépage rouge Cabernet-Sauvignon à Pauillac et l'autre de cépage Sauvignon blanc à Castres-Gironde. Dans les deux cas, les 50 premiers plants ont été échantillonnés sur des rangées paires. Étant donné que les plants atteints par l'Esca représentent environ 5% des ceps, les échantillons d'Esca sont plus clairsemés que les échantillons sains, des plants supplémentaires présentant des symptômes d'Esca ont été sélectionnés manuellement afin de compléter la base de données. Une cartographie des symptômes d'Esca observés lors des 5 dernières années a permis de savoir à l'avance quels plants étaient plus susceptibles d'exprimer les symptômes.

Les campagnes d'acquisitions drone se sont déroulées à la mi-août sur quatre années de 2015 à 2018 (pour la calibration et validation des algorithmes). Elles ont concerné 8 parcelles de cépages rouges et blancs (Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Chardonnay, Sauvignon-Blanc) situées dans les départements de la Bourgogne, de la Gironde et du Val de Loire. Les parcelles sélectionnées présentaient toutes des symptômes de la maladie du bois en nombre variable. Parallèlement, des notations sanitaires des parcelles suivies par les partenaires IFV, Agrauxine et Bayer ont été réalisées dans un intervalle d'un à quinze jours par rapport au passage du drone.

Comment les symptômes sont-ils détectés sur les images ?

Pour la proxidétection, les symptômes recherchés sont variés et assez caractéristiques de la pathologie, d'un point de vue de leur forme et de leur couleur. Des symptômes potentiellement confondants ont été pris en considération (Fig. 4). La piste retenue pour analyser les données repose sur une approche d'Intelligence Artificielle nommée apprentissage profond (ou Deep Learning en anglais).



Figure 4 : Symptômes d'Esca (en haut) et symptômes confondants (en bas : Black Rot, jaunisse, Flav. Dorée, carences).

Reconnaitre des images de feuilles malades : la première méthode [Rançon & al 2019] a été appliquée sur une base d'images de feuilles saines, présentant des symptômes d'Esca d'intensité variée, ou présentant des symptômes confondants, le but étant de reconnaitre la classe de la feuille (saine, Esca ou confondant). La méthode procède en deux temps :

1/ Apprentissage : un jeu d'images permet à l'algorithme d'apprendre à reconnaitre la forme des symptômes (comment les pixels sont agencés ? Avec quelle couleur ?). L'apprentissage s'appuie sur une base de données de plus de 6 000 images de feuilles.

2/ Classification : une fois l'apprentissage terminé, on présente de nouvelles images à traiter. Le modèle construit précédemment prédit alors leur classe d'appartenance.

Trouver les feuilles malades sur une plante entière : Il s'agit cette fois d'utiliser l'Intelligence Artificielle pour à la fois détecter des zones de feuillage anormales dans l'image et décider s'il s'agit d'Esca ou d'une autre anomalie. C'est une tâche plus ardue que la précédente puisque les feuilles à examiner ne sont pas prédécoupées avant d'être classées. La méthode utilisée [Rançon & al. 2019] s'appuie sur la même architecture que précédemment, et procède aussi par apprentissage (sur plus de 1 000 images de ceps) avant de traiter les images d'intérêt.

Pour la télédétection, la résolution centimétrique ne permet pas de distinguer les marbrures des feuilles et autres motifs caractérisant les maladies du bois. Ici, les symptômes recherchés dans les images correspondent à des pixels dont la couleur est caractéristique d'une décoloration foliaire.

La première étape est la photogrammétrie qui permet de générer une orthomosaïque (image géoréférencée de la parcelle) ainsi qu'un nuage de points (rendu 3D de la vigne).

La détection des anomalies foliaires peut à la fois s'appliquer à l'orthomosaïque et au nuage de points. L'algorithme est basé sur une classification supervisée combinant l'information spectrale de chaque couleur et des indices de végétation. Le modèle qu'il utilise a été entrainé à l'aide d'un jeu de données établi sur la base de photo-interprétation. Cette base de données représente une centaine de milliers de pixels et regroupe à la fois des pixels de l'image assimilés à une décoloration foliaire : jaunissement / rougissement ou dessèchement de la végétation et des pixels ne correspondant pas à la classe « anomalie foliaire » : végétation saine, sol, ombre, enherbement, etc.

Quels sont les résultats obtenus ?

Dans le cas de la proxidétection, à l'échelle des feuilles, les résultats obtenus peuvent s'exprimer par une précision globale de classification qui dépasse 90% en cépage blanc et 87% en cépage rouge. C'est assez naturellement la classe des symptômes confondants qui est la moins bien classée avec 86% de précision globale pour le cépage blanc (78% pour le cépage rouge). A l'échelle de la plante entière, des résultats sont présentés Fig. 5. Les résultats se présentent sous la forme de rectangles (rouges) disposés sur les « zones Esca » d'un cep, ou de rectangles oranges sur les zones de symptômes supposés confondants. Les résultats sont globalement très encourageants mais des difficultés subsistent dans des cas particuliers.



Figure 5 : Exemples de bonnes détections (ligne du haut) et de fausses détections (ligne du bas).

Dans le cas de la télédétection, en vue de s'orienter vers une solution opérationnelle, les efforts ont été portés sur les algorithmes 2D basés sur l'exploitation de l'orthomosaïque. Aux vues des différents indices de végétation étudiés sur les cépages rouges et blancs, les résultats (Fig.6) indiquent de meilleures performances de l'imagerie dans le visible pour les cépages rouges (89% de précision globale). L'apport du multispectral par rapport au visible n'est toutefois pas probant.

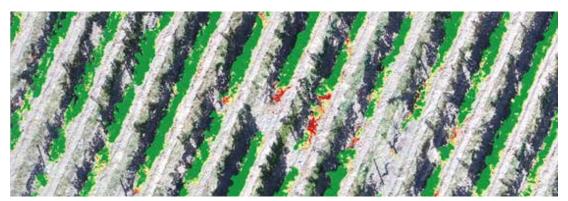


Figure 6 : Extrait d'une cartographie des anomalies foliaires sur une parcelle (vert : végétation asymptomatique, jaune et rouge : intensité croissante des décolorations foliaires).

Les bandes dans le proche infrarouge semblent être plus sensibles que le visible, et pourraient de ce fait introduire davantage de faux positifs. En revanche pour les cépages blancs, les bandes spectrales dans le Red Edge et le proche infrarouge permettent d'améliorer les résultats de classification. Ceux-ci sont néanmoins moins performants que dans le cas des cépages rouges (avec 75% de précision globale). L'analyse des faux positifs montre qu'ils proviennent en majorité de carences et autres symptômes, mais également de la présence de pieds manquants ou morts couverts par le palissage.

Conclusion

La proxidétection a montré une bonne capacité d'identification des symptômes d'Esca en s'affranchissant souvent des problèmes de symptômes confondants. Toutefois, ces résultats demandent à être confirmés sur des surfaces beaucoup plus conséquentes et sur des cépages et des modes de conduites plus variés, afin de vérifier la robustesse à la variabilité des conditions de terrain réelles. Si cette vérification s'avère positive, l'outil pourrait être profitablement développé et proposé aux viticulteurs.

L'imagerie embarquée sur drone permet une surveillance opérationnelle de l'état sanitaire d'un domaine. Même si elle manque de spécificité aux maladies du bois à l'échelle centimétrique, les résultats de cette étude, réalisée sur seulement 8 parcelles ont montré de bonnes corrélations. L'augmentation du jeu de données couvrant un éventail bien plus large de cépages, de terroirs et de conditions d'acquisition est néanmoins nécessaire à la validation de ces résultats et pourraient notamment permettre d'améliorer les modèles de détection.

Ce qu'il faut retenir

- La proxidétection est une technique qui collecte des images très précises lors du passage du tracteur dans les vignes.
- Les méthodes basées sur l'Intelligence Artificielle (apprentissage profond) permettent de détecter la forme et la couleur des symptômes de l'Esca, et de les différentier d'autres symptômes de même couleur.
- L'imagerie embarquée sur drone permet d'avoir une vision à plus large échelle de la présence d'anomalies foliaires sur la parcelle, toutes causes confondues, à une résolution centimétrique. Elle présente l'avantage opérationnel de fournir une cartographie exhaustive des symptômes sur un domaine dans un délai de 3 jours après le passage du drone.
- Les résultats obtenus sont très encourageants mais doivent être confirmés à plus large échelle et sur une plus grande variété de cépages et de terroirs.

Et après?

- Ces méthodes peuvent être appliquées à d'autres pathologies de la vigne. Des travaux sont en cours sur le Mildiou, la Flavescence Dorée, etc.
- Les avancées de l'Intelligence Artificielle et le couplage avec d'autres approches (modélisation) pourraient rendre ces approches encore plus performantes.

Remerciements

Ces travaux, issus du projet ADVANTAGE, piloté par Vegepolys / Agri Sud-Ouest Innovation, ont été financés par le Fonds Unique Interministériel (FUI), avec le soutien de Région Nouvelle Aquitaine / Bpifrance. Advantage implique 9 partenaires (entreprises privées, instituts de technologie et instituts de recherche du secteur public) : Agrauxine Lesaffre Plant Care, Bayer, Bordeaux Sciences Agro, Cybeletech, IFV, INRA-UMR SAVE, Mercier, Telespazio et Université de Reims Champagne-Ardenne.

References bibliographiques

Rançon F., Bombrun L., Keresztes B., Germain Ch.; "Comparison of SIFT encoded and Deep Learning features for the classification and detection of esca disease in Bordeaux vineyards", Remote sensing journal, vol.11(1), pp. 1-26, Janv. 2019.

Vers de nouvelles techniques d'imagerie pour l'étude et le suivi des maladies du bois chez la vigne

Résumé

Les maladies du bois sont une composante importante des dépérissements qui touchent l'ensemble du vignoble. Ces maladies complexes se caractérisent par l'action, encore mal connue, d'un ensemble de champignons qui dégradent le bois et provoquent la mort prématurée du cep. Le projet VITIMAGE financé par le Plan National Dépérissement vise à tester l'utilisation des nouvelles techniques d'imagerie pour mesurer la dégradation des tissus et étudier de façon dynamique les interactions complexes entre la plante hôte et les pathogènes.

L'IFV de Montpellier et ses partenaires (CIRAD, CNRS, Université de Montpellier, CIVC, INRA et Tridilogy) réalisent le suivi, par des approches d'IRM et de tomographie à Rayons X, de la colonisation du bois par différents champignons inoculés en conditions contrôlées. En parallèle, nous procédons à la détection, la localisation et à la quantification de différents types de tissus nécrosés dans des ceps prélevés au vignoble et dont l'historique d'expression des symptômes foliaires est connu. Les premiers résultats montrent que l'imagerie non-destructive offre des outils appropriés pour le suivi de la progression des pathogènes dans le bois.

Ces approches pourraient permettre le développement de nouveaux marqueurs pour la détection et l'étude des maladies du bois. Elles apportent de nouvelles perspectives pour accroître nos connaissances sur ces maladies complexes. L'imagerie non-destructive pourrait à terme être utilisée pour détecter et diagnostiquer les maladies, évaluer la tolérance des cépages dans les programmes de sélection, et évaluer l'efficacité des nouvelles molécules de lutte ou agents de biocontrôle mis sur le marché. Nos travaux pourraient donc bénéficier à la fois aux acteurs de la filière viticole et du monde de la recherche.

Cédric MOISY IFV - MONTPELLIER Tél : 07 85 80 53 95

Email: cedric.moisy@vignevin.com

Introduction

Les maladies du bois sont complexes et se caractérisent par l'action d'un ensemble de champignons pathogènes qui colonisent et dégradent le bois, mais dont les rôles sont mal définis. L'étude et le suivi des maladies du bois sont en effet rendus difficiles par la multitude de pathogènes impliqués, mais également par l'influence d'autres facteurs environnementaux sur leur développement. L'utilisation des nouvelles techniques d'imagerie est une voie possible pour étudier de façon dynamique la dégradation du bois et les interactions complexes qui prennent place dans les tissus malades.

Quel est l'objectif de ces travaux ?

Le projet VITIMAGE a pour objectif principal d'évaluer le potentiel des approches d'imagerie non-destructive pour la filière viticole, et notamment leur utilisation pour détecter, quantifier et suivre la dégradation du bois par les champignons pathogènes impliqués dans les maladies du bois.

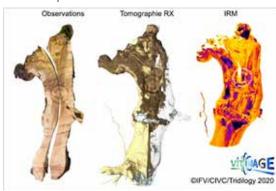
Maladies du bois Imagerie Pathogènes IRM Rayons X



Quelles sont les techniques d'imagerie utilisées ?

Nous mettons en œuvre différentes approches et plusieurs techniques.

L'Imagerie par Résonnance Magnétique (IRM) nous renseigne sur les protons et la configuration de l'eau dans les tissus. La tomographie à Rayons X permet quant à elle de mesurer la densité des tissus. Ces deux techniques sont complémentaires et nous permettent d'étudier et de suivre des phénomènes dans le temps et en 3 dimensions. Nous réalisons par exemple le suivi de la colonisation de boutures par des champignons inoculés en conditions contrôlées. Cette première approche vise à étudier de manière précise les interactions entre l'hôte et le pathogène lors de la dégradation des tissus du bois, au cours des semaines qui suivent l'inoculation. En parallèle, nous procédons à la dé-

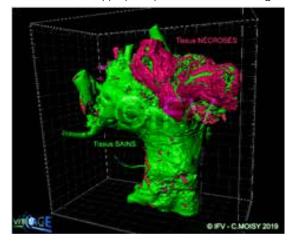


tection, la localisation et à la quantification des différents types de nécroses dans des ceps âgés de 30 ans et prélevés au vignoble.

Quels sont les résultats attendus?

Nos résultats montrent que l'imagerie non-destructive offre des outils appropriés pour le suivi de la dégra-

dation du bois par les champignons. Ils pourraient permettre de mieux comprendre le rôle des différents pathogènes impliqués, leur interaction avec la plante et de développer de nouveaux marqueurs pour la détection et l'étude des maladies du bois. Ces approches ouvrent donc de nouvelles perspectives pour accroître nos connaissances sur ces maladies complexes. Elles pourraient à terme être utilisées pour détecter et diagnostiquer ces maladies, ou évaluer la tolérance des cépages dans les programmes de sélection. Le projet VITIMAGE pourrait donc bénéficier à la fois aux acteurs de la filière viticole et du monde de la recherche.



Qui sont les partenaires du projet ?

La force de ce projet repose sur l'interaction entre des chercheurs issus de différents domaines. Nous avons en effet réuni autour de la problématique des maladies du bois des spécialistes de l'imagerie médicale, de la pathologie végétale, de la viticulture, de la physique et de l'électronique. Ils apportent un regard neuf sur cette problématique et sur les approches à développer. VITIMAGE regroupe ainsi l'IFV, le CIRAD, le CNRS, l'Université de Montpellier, le CIVC Champagne, l'INRA, Tridilogy SARL et l'UMT GénoVigne.

Remerciements

Le projet Vitimage, piloté par l'IFV de Montpellier, regroupe des membres de l'IFV (Romain Fernandez, Loïc Le Cunff et Cédric Moisy), du CNRS/Université de Montpellier (Maïda Cardoso, Christophe Goze-Bac), du CIRAD (Marc Lartaud, Jean-Luc Verdeil), de l'INRA (Jean-Pierre Péros), du CIVC Champagne (Julie Perry) et de Tridilogy SARL (Samuel Merigeaud). Ce projet est financé par le Plan National Dépérissement du Vignoble. Pour plus d'informations et suivre l'avancée des travaux, rendez-vous sur sur Twitter ou sur https://www.plan-deperissement-vigne.fr/travaux-de-recherche/programmes-de-recherche/vitimage.

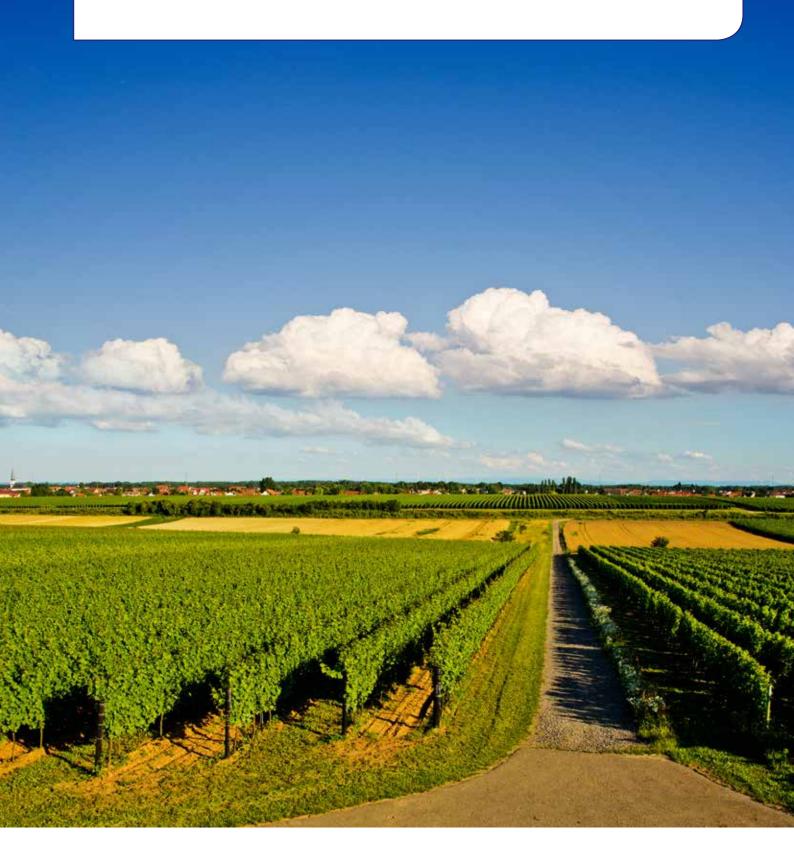








Modélisation de l'impact des dépérissements sur les rendements



> Simulation de l'impact des maladies du bois sur le rendement parcellaire

Résumé

Le rendement est le résultat de l'interaction entre les propriétés intrinsèques des vignes, les conditions environnementales auxquelles elles sont soumises au cours de leur développement et de la pression des parasites et des maladies. Afin de quantifier l'impact des maladies du bois et de la vigne (MBV) sur le rendement parcellaire, il est nécessaire de différencier ces composantes. Une approche de simulation basée sur un modèle de connaissance de croissance de la vigne a été développée. Cette approche a été testée en exploitant deux types de données : des données haute résolution dont l'acquisition nécessite la mise en place de protocoles expérimentaux rigoureux et des données basses résolution plus aisément mobilisables. En s'appuyant sur les données haute résolution il a été montré que le modèle de connaissance permettait de reproduire le rendement avec une précision de l'ordre de 10 g.m-2 et les dates d'apparition des stades phénologiques avec une précision de l'ordre de 5 jours. De plus, le modèle permet d'extrapoler les dynamiques de la teneur en eau du sol et ainsi de détecter les périodes à risque. Enfin il a été montré que l'approche de simulation permettait, à partir de données basse résolution, de prédire les tendances annuelles de rendement avec une marge d'erreur inférieure aux marges d'erreur induites par les hétérogénéités intra-parcellaires.

Introduction

Les maladies du bois et de la vigne (MBV) sont des syndromes dont l'origine est encore mal connue malgré une activité scientifique importante sur le sujet. Les symptômes sont en revanche relativement bien connus: baisse de l'activité photosynthétique par réduction de la conductance stomatique, sénescence accrue en cas de stress hydrique voire apoplexie, retard de maturation pouvant conduire à une perte partielle ou totale de la vendange.

Une première étape incontournable dans le développement de modèles pour la simulation de ces syndromes est leur quantification. Afin de quantifier avec précision les effets des maladies du bois, il est nécessaire de disposer d'indices de références décrivant le comportement de la vigne lorsqu'elle n'est pas soumise à une pression maladie. Ce comportement de référence est fortement conditionné par les propriétés intrinsèques des vignes (e.g. capacité photosynthétique, tolérance au stress hydrique) et par les conditions environnementales dans lesquelles elles se développent.

Comment quantifier l'impact des maladies du bois ?

En première approche la quantification de l'impact des maladies du bois peut être réalisée à travers la comparaison des parcelles touchées aux parcelles saines. Cependant pour que cette comparaison ait du sens il est nécessaire que les parcelles comparées soient soumises à des conditions environnementales très similaires.

Une alternative consiste à décrire l'effet de ces conditions environnementales sur le développement de la vigne. Cette approche de modélisation doit permettre de différencier les variations induites par les maladies du bois des variations induites par les conditions environnementales.

Les conditions environnementales sont spécifiques à la parcelle (e.g. topographie, caractéristiques pédologiques), aux pratiques des cultivateurs (e.g. palissage, rognage, entretien du sol) et au millésime (conditions climatiques au cours de la saison de croissance). Le développement de la vigne résulte des interactions entre les différentes constituantes de son environnement ainsi que de propriétés qui lui sont propres telle que la sensibilité stomatique qui détermine la tolérance au stress hydrique.

Marion CARRIER Cybeletech - ORLÉANS Tél : 09.72.10.47.44

Email: marion.carrier@cybeletech.com



Rendement

de la vigne

Modèle de

Simulation

connaissance

Maladie du bois et

Pour capturer l'ensemble de ces interactions au sein d'un modèle purement statistique, un volume conséquent de données serait nécessaire. Une alternative consiste à développer des modèles dit de connaissance. Ces modèles décrivent à l'aide d'équations différentielles les processus physiologiques qui gouvernent le développement de la vigne, la manière dont ces processus sont impactés par les conditions environnementales et les interactions entre les différents processus.

Outre une réduction significative du nombre de données nécessaires à l'apprentissage, les modèles de connaissance présentent l'intérêt d'être plus facilement interprétables d'un point de vue biologique. Ils sont notamment susceptibles d'améliorer notre compréhension de l'impact des maladies du bois sur les processus intermédiaires (e.g. apoplexie, sénescence, photosynthèse).

Dans ce but l'accent a été mis sur la modélisation des processus susceptibles d'être impactés par les maladies du bois : i) la phénologie du plant au sein d'une année de culture et entre les années (e.g. développement du feuillage et sénescence annuelle); ii) les dynamiques hydriques entre le sol, la plante et l'atmosphère, la nécrose des faisceaux du phloème et du xylème étant le premier symptôme des MBV, favorisant le stress hydrique; iii) l'interception des radiations et la photosynthèse, un processus majeur dans la mise en place du rendement et sur lequel est observé un fort impact des MBV indirectement via le stress hydrique et la chute de conductance hydrique induite dans la plante (Di Gennaro et al., 2017; Letousey et al., 2010); iv) le développement de l'appareil aérien, car l'atteinte du feuillage est un symptôme majeur dans la reconnaissance des MBV.

La mise en relation de ces différents processus au sein d'un modèle de croissance journalière de la vigne va permettre, connaissant les conditions environnementales et le cépage, d'estimer le développement de la vigne en l'absence de maladie du bois. La comparaison de ce développement nominal simulé avec le développement observé *in situ* permet alors une quantification de l'impact des MBV.

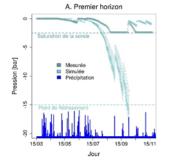
Quels indicateurs le modèle permet-il de simuler ?

L'objectif principal est de quantifier l'impact des MBV sur le rendement, c'est donc sur cet indicateur que les travaux se sont concentrés. Cependant pour garantir une bonne robustesse du modèle dans des conditions environnementales différentes de celles utilisées pour l'apprentissage il est nécessaire de s'assurer que les composantes qui contribuent à la construction du rendement sont fidèlement reproduites.

Le modèle de croissance de la vigne est évalué sur sa capacité à reproduire pour une parcelle test : i) le rendement en masse sèche à la récolte ; ii) le cycle phénologique décrit à travers les dates de floraison et de véraison ; et iii) les dynamiques hydriques décrites à travers l'évolution de la teneur en eau dans les deux premiers horizons du sol. Les conditions environnementales sur la parcelle test sont très bien maîtrisées avec notamment une bonne connaissance des caractéristiques pédologiques (texture, profondeur, et réserve utile), topographiques (incli-

naison et orientation), des conduites culturales (date de rognage et de palissage, et gabarit), et des conditions climatiques (température, précipitation ensoleillement). Outre ces variables environnementales, le modèle prend en entrée un ensemble de paramètres physiologiques qui permettent notamment de qualifier la réponse des ceps aux stimuli environnementaux.

Les intervalles de variation des paramètres physiologiques sont connus et relativement compacts, cependant il est nécessaire de calibrer ces paramètres



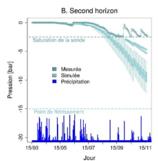


Figure 1

pour affiner la précision du modèle. Cette phase calibration des paramètres (également appelée apprentissage du modèle) a été réalisée en s'appuyant sur les données collectées *in situ* sur la parcelle test et sur la méthode statistique ABC (Van der Vaart et al., 2015).

A l'aide de cette approche, on identifie un ensemble de jeux de paramètres physiologiques qui permettent de reproduire le rendement en masse sèche de la parcelle avec une précision de l'ordre de 10g.m-2, et les dates de floraison et de véraison avec une précision de l'ordre de 5 jours.

De plus le modèle permet de reproduire les dynamiques de la teneur en eau dans les deux premiers horizons du sol avec une bonne précision entre mi-mars et mi-juillet. Entre mi-juillet et fin août une période de sécheresse induit une chute de la teneur en eau dans les deux horizons qui aboutit à une saturation de la sonde hydrique à -2.5 bar. Le modèle reproduit bien cette décroissance de la teneur en eau et permet d'extrapoler les dynamiques non capturées par la sonde. Il permet ainsi de détecter les périodes au cours desquelles la teneur en eau se rapproche du point de flétrissement, c'est-à-dire les périodes ou le stress hydrique est maximal (Figure 1).

L'approche de simulation peut-elle être mise en œuvre à grande échelle ?

L'approche de simulation décrite précédemment nécessite une phase d'apprentissage du modèle pour laquelle des données sur le cycle phénologique de la vigne et sur sa production de matière sèche sont nécessaires. L'acquisition de ces données est associée à un coût important et ne peut être réalisée pour l'ensemble des parcelles.

En revanche les données de rendements parcellaires historiques, exprimés en masse fraîche, sont susceptibles d'être plus facilement accessibles. Un module permettant d'estimer le rendement en masse fraîche a donc été ajouté au modèle de croissance de la vigne et l'approche de simulation a été adaptée pour pouvoir être mise en œuvre à partir de ces données.

Pour évaluer la capacité du modèle à reproduire le rendement en masse fraîche dans des conditions climatiques non connues, les paramètres physiologiques sont appris sur cinq des six années disponibles et le modèle ainsi calibré est utilisé pour estimer le rendement obtenu au cours de la sixième année.

Le modèle ainsi calibré permet de prédire les tendances annuelles avec des rendements significativement plus élevés pour les années 2011, 2015 et 2016. Cependant le modèle prédit une tendance à la hausse entre 2013 et 2014 en désegner que les rendements masurés (Figure 1991).

2014 en désaccord avec les rendements mesurés (Figure 2).

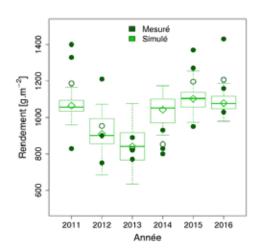


Figure 2

Le rendement moyen de la parcelle est estimé avec une erreur moyenne de l'ordre de 130 kg.ha-2, cette erreur allant de 30 kg.ha-2, pour l'année 2013 à 250 kg.ha-2, pour l'année 2014. Ces erreurs peuvent s'expliquer d'une part par la variabilité intra-parcellaire du rendement en masse fraîche, avec des écarts entre placettes allant de 120 kg.ha-2 pour l'année 2013 à 570 kg.ha-2 pour l'année 2011 (Figure 2). Et d'autre part par la difficulté de modéliser l'impact des conditions environnementales sur la parcelle au cours des années précédentes sur la mise en place du rendement au cours de l'année courante.

Conclusion

Le modèle de connaissance développé permet de reproduire avec une bonne précision le cycle phénologique de la vigne, sa production de matière sèche ainsi que les dynamiques hydriques sol-plante-atmosphère.

Pour mettre en œuvre l'approche de simulation proposée ici, il est nécessaire de bien maîtriser les conditions environnementales dans lesquelles la vigne se développe. De plus l'approche donne de meilleurs résultats lorsque le rendement est exprimé en matière sèche.

Au prix d'une légère dégradation de la qualité des résultats il est possible de mettre en œuvre notre approche de simulation à partir de données de rendements historiques, exprimées en masse fraîche.

Cette approche pourra donc être utilisée pour quantifier l'impact des MBV sur la production des parcelles de vigne. De plus comme les processus impactés par les MBV sont décrits de manière explicite dans le modèle de connaissance, notre approche de simulation pourra être couplée à un modèle de maladie pour améliorer la gestion des risques liés aux MBV.

Références bibliographiques

Di Gennaro S. F., Matese A., Gioli B., Toscano P., et al. 2017. Multisensor approach to assess vineyard thermal dynamics combining high-resolution unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing and wireless sensor network (WSN) proximal sensing. *Scientia horticulturae*, 221, 83-87.

Letousey P., Baillieul F., Perrot G., Rabenoelina F., et al. 2010. Early events prior to visual symptoms in the apoplectic form of grapevine esca disease. *Phytopathology,* 100(5), 424-431.

Van der Vaart E., Beaumont M.A., Johnston A. S., Sibly R.M. 2015. Calibration and evaluation of individual-based models using Approximate Bayesian Computation. *Ecological Modelling*, 312, 182-190.

> Test d'une méthode de diagnostic et de hiérarchisation des causes des bas rendements à la parcelle

Résumé

Une méthode de hiérarchisation des causes des bas rendements a été testée sur 7 réseaux de parcelles dans 3 régions viticoles françaises entre 2016 et 2018 par l'IFV et les Chambres d'agriculture. Le diagnostic, réalisé sur un millésime, permet de cibler les principaux déterminants du rendement dans une situation de cépage, type de produit et secteur géographique donné. Un tel diagnostic permet à une structure qui déplore un problème de bas rendements de développer un plan d'action pour regagner des rendements en adaptant les leviers prioritaires aux causes rencontrées. Le travail, réalisé dans le cadre du projet LONGVI (lauréat du Plan National Dépérissement en 2017), a permis de valider un protocole de terrain, et de proposer des supports de saisie (encore en cours de réalisation), de traitement et d'interprétation des données les plus automatisés possibles. Un traitement manuel reste important pour aller plus loin, et de ce fait, un accompagnement par une structure de R&D est recommandé. Au-delà de l'objectif méthodologique principal, même si les 7 diagnostics réalisés ne sont représentatifs que d'eux-mêmes et ne permettent pas de généraliser les causes des bas rendements à une autre échelle, ils mettent tout de même en exergue quelques points de vigilance comme le court-noué, l'enherbement des parcelles ou les ceps manquants/improductifs.

Introduction

Des bas rendements récurrents sont constatés dans de nombreuses régions françaises depuis les années 2000. A une échelle régionale, les rendements annuels sont fréquemment en deçà des rendementscibles autorisés et ce pour de nombreuses appellations différentes. A titre d'exemple dans le Val de Loire, les AOP Saumur et Vouvray par exemple sont respectivement à 49 et 43hl/ha de moyenne sur 5 ans pour 57 et 52hl/ha autorisés (source : déclarations de récolte 2011 à 2015). Le Plan National de

lutte contre les dépérissements du vignoble constate également une érosion annuelle des rendements ces dernières années (Source : mission FAM-CNIV-BIPE, 2015).

Les causes des bas rendements sont connues, et en dresser la liste n'a rien d'innovant. En revanche, leur hiérarchisation fait défaut. Or, regagner des rendements pour les vignerons qui le souhaitent implique de cibler les leviers prioritaires. Ces leviers peuvent varier d'une région à une autre, d'une exploitation à une autre, d'une parcelle à une autre. Ce projet se propose donc de mettre au point puis de tester un protocole simple et de terrain permettant de caractériser les causes des bas rendements présentes sur un réseau de parcelles afin d'en hiérarchiser l'importance avant d'envisager un plan d'action et des mesures correctives.

Pour cela, l'IFV et ses partenaires (Chambres d'agriculture) ont travaillé d'abord dans le cadre d'un projet méditerranéen en 2015 et 2016, puis nationalement, avec le projet LONGVI (LONGévité du VIgnoble) lauréat du Plan Dépérissement en 2017. Nous avons pour cela étroitement collaboré avec des caves coopératives, principales cibles de l'action et qui présentaient de multiples avantages pour notre étude : secteur géographique généralement réduit, diversité de producteurs, disposant souvent de données centralisées et, parfois ayant déjà engagé un plan d'action sur les rendements.

Un premier traitement des données déjà existant dans les caves avait été réalisé en amont du projet LONGVI. Ce travail, réalisé sur quelques caves du pourtour méditerranéen dans le cadre d'un projet régional FranceAgriMer, avait permis de montrer qu'audelà de la mise en évidence de l'effet millésime bien connu sur les rendements moyens de l'année, les bas rendements constatés sur une production moyenne régionale -point de départ de ce projet- se traduisent en réalité sur le terrain par de fortes disparités entre parcelles.

Rendement Hiérarchisation Leviers Plan d'action Dépérissement

Marion CLAVERIE IFV - ORANGE Tél : 04 90 11 46 28

Email: marion.claverie@vignevin.com



De même, une certaine fraction de parcelles montre les rendements régulièrement bas ou élevés tous les ans, quand d'autres montrent des niveaux fluctuants entre années, ce qui suggère déjà l'intervention de différents types de facteurs explicatifs différents, pérennes (ceps improductifs, court-noué ou terrain très maigre etc.) ou annuels (climat, coulure, maladies, fertilisation, entretien du sol...). Des premiers éléments d'explication avaient aussi été investigués mettant en évidence, à cette échelle, un effet des facteurs âge des parcelles et exploitation mais un effet moindre du cépage et pas d'effet du porte-greffe.

Ces observations, suggérant pleinement de s'intéresser aux causes des bas rendements à l'échelle parcellaire, ont laissé place à l'étape de diagnostic de terrain réalisé dans LONGVI. Dans ce but, un protocole de diagnostic agronomique a été élaboré et appliqué sur 7 réseaux-tests correspondant à chaque fois à un seul cépage, un seul objectif produit (d'IGP à Cru) et une petite surface viticole (afin de limiter les variations pédoclimatiques). Ce protocole a été testé sur un millésime, ce qui a pu donner lieu parfois à des compléments de suivi l'année suivante. Dans les réseaux, les parcelles ont été tirées au sort parmi les parcelles possibles, en prenant soin de représenter équitablement tous les niveaux de rendements sur le réseau, de très faible à l'objectif voire au-delà, tout en montrant des âges de parcelles variables et différents exploitants. Ces réseaux-tests étaient situés dans 3 régions viticoles françaises : 4 réseaux sur le pourtour méditerranéen, un en Beaujolais et 2 en Val de Loire. Le suivi de ces réseaux-tests nous a permis (i) de tester, affiner et valider une méthodologie de caractérisation des causes des bas rendements applicable par une structure, cave ou organisme, et (ii) de tirer quelques enseignements ou points de vigilance à partir des 7 cas particuliers rencontrés.

Quelle méthode et quels outils pour hiérarchiser les causes des bas rendements?

Le diagnostic agronomique reprend toutes les étapes d'élaboration du rendement et cherche à les caractériser. Le rendement de la vigne s'élabore sur 2 ans. L'élaboration du rendement commence l'année précédente avec l'initiation et la différenciation florale dans les bourgeons latents. La taille hivernale en vigne détermine le nombre de bourgeons latents conservés pour la production et le taux de débourrement le nombre effectif de bourgeons qui deviennent des rameaux fructifères. Passée la différenciation des inflorescences (qui a lieu entre le débourrement et la floraison), la fécondation des ovules (et sa réciproque en négatif, la coulure) fixe le nombre maximal de baies par grappes. Les étapes de grossissement puis de remplissage des baies terminent le processus qui mène à la récolte.

L'élaboration du rendement est sous la dépendance de facteurs pédo-climatiques (température, eau, lumière), physiologiques (relations source-puits du cep) et culturaux (taille, égrappage, fertilisation...) (Guilpart, 2014). Les maladies annuelles et de dépérissement (court-noué, maladies du bois...), ainsi que les accidents climatiques (gel, grêle, coulure) peuvent affecter ce rendement soit directement, en détruisant une partie de la récolte de l'année (mildiou, oïdium, pourriture...), soit en interférant avec l'élaboration des différentes composantes. Nous avons donc organisé notre protocole par étapes (fig.1) : le diagnostic agronomique démarre ainsi au débourrement par la caractérisation de la mortalité, de la densité et de la charge en bourgeons laissée à la taille et se termine avec les pesées de récolte l'année en cours. Pour cette étape à l'hectare, nous avons travaillé sur un échantillon de 100 parcelles. Puis, après réduction de l'échantillon à 30 parcelles, commence la caractérisation des différents facteurs agronomiques : l'alimentation en eau, en azote, en minéraux, l'entretien du sol, la présence de maladies de dépérissement (essentiellement maladies du bois et court-noué) et de maladies annuelles (mildiou, oïdium, tordeuses si besoin), la coulure, la « vigueur » et pour finir, le rendement parcellaire. Nous avons volontairement décrit les parcelles à l'aide d'un dispositif simple de 30 ceps regroupés en placettes. Il est à noter que le diagnostic porte quasi exclusivement sur l'état de la vigne et non sur les facteurs ou les pratiques à l'origine de cet état. Une fois un facteur limitant mis en évidence sur la vigne (par exemple une faible alimentation en azote) il est toujours possible de creuser en amont pour savoir à quoi cela est dû, que ce soit lié au matériel végétal (clone ou porte-greffe), à un état du milieu (sol ou climat) ou à une pratique culturale. Dans l'exemple d'une faible alimentation azotée diagnostiquée sur vigne, un terrain séchant et peu d'absorption d'azote, un défaut d'azote dans le sol du fait du fonctionnement du sol (matière organique, vie biologique...) ou d'un mangue de fertilisation peuvent expliquer le résultat sur la plante.

Les 7 réseaux ont été travaillés de la même manière. La mise en place du protocole a donné lieu, à l'issue des 3 ans du projet, à un bilan critique permettant de le modifier afin de n'en conserver que les notations et dates les plus pertinentes. Un protocole définitif a été validé basé sur 5 à 6 visites de parcelles pour noter les différents facteurs limitants possibles.

Une trame commune de saisie des notations existe, permettant de réaliser automatiquement divers graphiques comportant des aides à l'interprétation du niveau des facteurs limitants. D'autres traitements automatisés simples des résultats permettent de visualiser le niveau de facteurs limitants en regard du rendement obtenu, ainsi que des éléments de corrélation entre facteurs et niveau de rendement. Ces traitements automatisés constituent un dégrossissage du diagnostic permettant de suggérer rapidement des facteurs limitants très présents ou très forts. Toutefois, des traitements de données complémentaires, manuels cette fois, sont intéressants à mettre en œuvre en complément pour affiner et confirmer les points précédents. Ainsi ce traitement des données, qui se veut le plus automatisé possible, permet de visualiser les facteurs présents sur un réseau, et ce d'autant plus qu'ils sont fréquents et impactants. Mais il ne dispense pas l'utilisateur d'un accompagnement auprès d'un organisme technique, et ce à chaque étape de la réalisation du diagnostic.

Des questions restent en suspens sur ce protocole, qui mériteraient des investigations complémentaires, comme le bien fondé d'un diagnostic sur un millésime seulement, ou l'utilisation de placettes sur des parcelles de grande taille. D'autres travaux seraient également utiles sur certains indicateurs, notamment pour améliorer le diagnostic de l'état azoté de la vigne, pour lequel il manque un indicateur partagé, consensuel et interprétable. De même, l'évaluation de la présence du court-noué, basée sur le couplage de notations visuelles de symptômes et de confirmations par tests Elisa, a beaucoup profité de cette étude mais reste améliorable, notamment pour les cépages extériorisant peu les symptômes. De plus, présence de court-noué ne signifiant pas automatiquement nuisibilité directe sur le rendement, sa notation ne dispense pas d'observer la coulure et le millerandage. Enfin, si ce diagnostic met l'accent sur les facteurs limitants du rendement et leurs différences entre parcelles une même année, il ne s'attache pas à décrire précisément le niveau de potentiel initial de rendement sur une parcelle, c'est-à-dire le potentiel fixé par le sol, le méso-climat et le matériel végétal implanté (clone et porte-greffe). Un travail dans ce sens serait intéressant sur certains réseaux sur lesquels l'analyse des facteurs limitants seuls ne suffit pas à expliquer totalement le niveau de rendement obtenu.

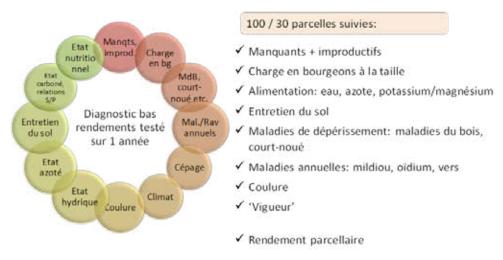


Figure 1 : démarche de diagnostic agronomique testée sur les 7 réseaux du projet LONGVI

Quels apports des différents diagnostics réalisés sur les causes des bas rendements ?

Le diagnostic des causes réalisé dans ce projet avait pour objectif, on l'a vu, de mettre au point une méthodologie transférable pour quiconque souhaite mieux caractériser ses causes de bas rendements dans sa situation propre. A ce titre, les caractéristiques des 7 réseaux suivis avaient été optimisées et n'avaient donc aucune prétention de représentativité. Il convient donc de rester prudent et ne pas généraliser à l'issue de ce travail la réponse à la question des causes des bas rendements en France.

Toutefois, ces 7 cas particuliers ont tout de même permis d'apporter de nombreuses informations, et un certain nombre de remarques ou de points de vigilance ressortent de ce travail.

La première concerne le court-noué. Il ressort de ce travail que le niveau de présence et de nuisibilité de cette virose grave est variable d'un réseau à l'autre, de très fortes dans certains réseaux (vignobles anciens, forte proportion de parcelles âgées) à modérée à faible dans d'autres (réseaux plus jeunes ou sur des terrains plus récemment plantés en vigne). Il serait d'ailleurs intéressant de réfléchir à l'explication de ces niveaux de présence, en fonction de l'ancienneté du vignoble et de l'âge des parcelles mais aussi des types de sols et des pratiques culturales réalisées sur le secteur (repos du sol ou rotation culturale en tête). Mais au-delà de cette hétérogénéité, un point commun est à noter entre tous les réseaux : tous les notateurs ont été surpris à la hausse par le niveau de court-noué dans leur secteur. Ce résultat a d'ailleurs justifié, à l'issue de la première année de diagnostic, de renouveler les notations sur l'année suivante, en ayant recours à plus de tests Elisa de confirmation des notations visuelles et ce sur 6 réseaux sur 7.

Toutes les confirmations ont conclu à une augmentation de la présence du court-noué sur les réseaux par rapport aux notation de la première année. La nuisibilité du court-noué, son impact sur le rendement (coulure, millerandage) est quant à elle variable et pas linéairement reliée à la prévalence. En effet, il est connu que l'expression des symptômes de court-noué et leur intensité est multi-factorielle dont le matériel végétal, le virus (et plus largement le virome des ceps), l'historique et possiblement la physiologie du cep font partie. Pour autant, la présence du virus sur tous les réseaux suggère, pour cette maladie incurable et d'évolution lente, une vigilance accrue pour mieux la détecter et prévenir les contaminations futures. Plusieurs projets sont en cours dans le cadre du Plan Dépérissement sur la thématique du court-noué.

Un second point de vigilance concerne l'enherbement. Là encore, les niveaux d'enherbement varient d'un réseau à un autre, d'une année à l'autre. Certaines parcelles sont enherbées volontairement (enherbement semé ou le plus souvent naturel), d'autres pas. A titre d'exemple, le réseau de Saumur suivi en 2018 ne présente que des parcelles enherbées dans l'inter-rang, puisque cela est rendu obligatoire par le cahier des charges de l'appellation. Toutefois, une marge d'adaptation existe d'une parcelle à l'autre en termes de surface couverte. Sur ce réseau, ainsi que dans une moindre mesure sur l'autre réseau ligérien (Vouvray), l'enherbement est le principal facteur explicatif du niveau de rendement. Plus largement sur les 7 réseaux, l'herbe ressort comme un déterminant important du rendement, car elle influe largement sur l'état hydrique et azoté de la vigne. Mais ce qu'on note surtout à travers ces 7 cas, c'est qu'il n'est pas possible d'avoir une préconisation unique sur le bien fondé de la présence d'herbe dans une parcelle : en terrain maigre ou en année sèche, la présence d'herbe diminue nettement le rendement et appelle à la vigilance mais dans d'autres parcelles en terrain profond et en année humide, l'enherbement est indispensable sur des parcelles vigoureuses et productives. Ainsi, ce « grand écart » observé sur ce facteur plaide pour une mise en œuvre plus systématique d'un diagnostic propre à chaque parcelle quant à la nécessité de présence et les modalités de gestion de l'herbe, et plus généralement, de l'entretien du sol dans le contexte de recherche d'alternatives au désherbage chimique.

En lien avec le point précédent sur l'herbe, et plus largement sur l'alimentation hydrique et azotée de la vigne, ce travail a fait ressortir l'importance du potentiel de la parcelle de départ. L'analyse de certains réseaux en particulier, sur lesquels ce potentiel était connu a priori (certains quartiers en sols plus profonds et d'autres en sols plus maigres) le montre nettement et suggère des différences importantes dans le potentiel de départ des parcelles sur un même secteur, différences du même niveau d'amplitude que certains facteurs limitants cumulés. Enfin un dernier point de vigilance mis en lumière par ce travail concerne la présence des ceps morts, manquants ou des jeunes improductifs (fig.2). En moyenne sur les 7 réseaux confondus, les ceps improductifs s'élèvent à 15% de moyenne. Ce chiffre est bien sûr le reflet du choix des réseaux tests (il ne prétend pas être représentatif des taux d'improductifs de ces régions ou nationaux), et il cache de grandes disparités entre réseaux, notamment en lien avec l'âge moyen des parcelles. L'impact du taux d'improductifs est à relativiser parcelle par parcelle, selon le niveau de rendement agronomique des ceps. Par exemple, sur des parcelles montrant des rendements par cep très faibles (pour des raisons diverses), les ceps improductifs ne constitueront pas le facteur limitant principal. Dans ce cas, il est d'ailleurs probable qu'une évaluation économique conclurait qu'il vaut mieux arracher et replanter la parcelle que de la complanter. Toutefois, au-delà de ces éléments, il demeure qu'à l'échelle plus « macro » d'une exploitation, d'une cave ou d'une région viticole, les manquants improductifs constituent une perte sèche de production.



Figure 2 : ceps improductifs sur un parcelle d'un réseau de LONGVI

Conclusion

Le projet LONGVI, démarré en 2017, a permis de poursuivre la démarche de caractérisation des causes des bas rendements à la parcelle et de l'étendre à d'autres régions que le pourtour méditerranéen. A l'issue des 3 ans du projet, nous disposons d'un protocole de terrain pour la caractérisation des causes des bas rendements permettant de cibler les leviers prioritaires adaptés à la situation d'intérêt considérée. Le protocole est assorti d'une démarche de représentation, de traitement et d'aide à l'interprétation des facteurs limitants, partant de l'évaluation des ceps manquants/improductifs jusqu'à l'alimentation des ceps, en passant par les maladies annuelles et de dépérissement. Les supports de saisie sont encore en cours d'élaboration (site internet envisagé). La mise en œuvre de cette démarche est logiquement préalable à la mise en place d'un plan d'action pour regagner des rendements. A ce titre, un accompagnement par une structure d'expérimentation ou de conseil est recommandée.

Au-delà du livrable méthodologique, et même si le travail n'a pas vocation à répondre de manière générique à la question des causes des bas rendements viticoles en France, il a toutefois permis de mettre en évidence certains facteurs à surveiller, comme la virose du court-noué (d'impact variable mais ayant surpris à la hausse sur tous les réseaux testés), l'enherbement des parcelles (tantôt à éviter, tantôt indispensable avec toutes les nuances intermédiaires) ou les ceps improductifs (constituant, au-delà du diagnostic à la parcelle, un pourcentage de perte sèche de production pour une structure). Enfin, et au-delà des facteurs limitant le rendement, cette étude met aussi l'accent sur l'importance du potentiel parcellaire de départ et donc des conditions d'implantation : terrain, climat, clone et porte greffe.

Ce qu'il faut retenir

- Une méthode de terrain pour hiérarchiser les causes des bas rendements a été élaborée dans le cadre du projet PNDV 2017 LONGVI.
- La méthode a été testée sur 7 réseaux-tests dans le Sud Est, le Beaujolais et le Val de Loire (secteur de Saumur et Vouvray) chaque réseau porte sur un cépage et un type de produit a été conduite un petit secteur géographique (maximum 10*20 km) et un seul millésime (2016, 2017 ou 2018).
- Cibler les causes principales des bas rendements propres à une situation (secteur, cépage, produit...) est un préalable à un plan d'action permettant de cibler les leviers prioritaires à mettre en œuvre.
- Le livrable consiste en un protocole et les supports associés et aides à l'interprétation, transférable à d'autres situations intéressées. Toutefois un accompagnement par une structure de conseil ou R&D est fortement recommandée.
- En marge de l'objectif principal, ce travail a également permis de mettre en avant quelques points de vigilance comme le court-noué, l'herbe ou les manquants/improductifs, ainsi que l'importance du potentiel de rendement initial, lié aux choix d'implantation de la parcelle.

Et après?

- Les supports de saisie et de traitement des données sont encore en cours de réalisation.
- Il pourrait être intéressant de mettre en œuvre le protocole finalisé sur un dernier réseau test et qui utiliserait les supports de saisie une fois produits.
- Des améliorations pourraient être apportées au protocole concernant certains indicateurs ou la sensibilité de la méthode au millésime sur lequel elle est faite.

Remerciements

Les auteurs remercient tous les partenaires responsables des réseaux-tests : Chambres d'agriculture de la Drôme, Gard, Hérault, Indre-et-Loire, Jura, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire et Vaucluse ; ainsi qu'à l'IFV, les Pôles Beaujolais Bourgogne Jura Savoie, Val de Loire et le laboratoire d'analyses virologiques du Grau du Roi.

Les auteurs remercient sincèrement les structures caves coopératives et tous les vignerons qui ont mis à disposition leurs parcelles et parfois du temps pour ces travaux.

Les auteurs remercient également le Casdar et le CNIV pour leur soutien financier dans le cadre du PNDV.

References bibliographiques

Guilpart, N. (2014). Relations entre services écosystémiques dans un agroécosystème à base de plantes pérennes: compromis entre rendement de la vigne et régulation de l'oïdium. Collège Doctoral du Languedoc Roussillon. Montpellier, France, Montpellier SupAgro. PhD Thesis: 172.



Stratégies de lutte contre les dépérissements du vignoble



> Sélection de solutions pour lutter contre les maladies du bois : premiers résultats sur les effets des produits

Résumé

Dans le contexte des maladies du bois de la vigne (MBV), et plus spécifiquement des dépérissements aux Botryosphaeriacées, différentes solutions (AD) ont été testées, seules ou en combinaison, afin d'évaluer leur potentiel en terme de protection préventive. Les neuf solutions candidates étaient des champignons (AD1, solution de référence Esquive® WP à base d'un champignon Trichoderma, solutions AD2, AD9), bactéries (AD3, AD5, AD6), dérivé de levure (AD4) ou des substances chimiques (AD7, AD8). Dans un premier temps, des tests in vitro ont été réalisés pour évaluer le potentiel antagoniste ou biocide des solutions. Puis, in planta et en conditions contrôlées, des boutures de Cabernet-Sauvignon âgées de 2 mois ont été traitées dans un premier temps individuellement par les solutions puis ensuite artificiellement infectées par Diplodia seriata ou Neofusicoccum parvum, puis, dans un second temps, par une combinaison 2 à 2 des solutions. La solution AD1 a été appliquée au niveau d'une blessure couplée à une application foliaire des solutions présentant les meilleurs résultats de protection d'après les essais des solutions seules (AD3, AD4, AD5, AD7 et AD9). Les mêmes essais ont été conduits au vignoble sur des ceps de Mourvèdre et Cabernet Franc. Enfin, les mêmes combinaisons de solutions ont été testées au vignoble sur des plaies de taille, en conditions artificielles d'infection par Eutypa lata et Phaeomoniella chlamydospora. En conclusion de ces différentes expériences, les deux combinaisons de solutions qui ont donné des résultats prometteurs sont AD1-AD4 et AD1-AD5. En continuité de ce travail, des essais ont été réalisés en conditions de production en pépinière et au vignoble sur 10 parcelles.

Introduction

Les Maladies du Bois de la Vigne (MBV) représentent aujourd'hui une problématique majeure pour la filière viticole et regroupent principalement trois maladies : l'Esca, les dépérissements à Botryosphaeria (BDA) et l'Eutypiose. Ces maladies sont particulièrement complexes car de nombreux agents pathogènes en sont la cause, ils colonisent puis dégradent le bois des ceps qui est difficilement atteignable par les solutions de protection. Aujourd'hui, aucun moyen de protection efficace à 100% n'est disponible suite à l'interdiction en 2001 de l'arsénite de sodium. Depuis, l'épidémie des MBV progresse avec une incidence moyenne qui varie de 3 à 20% sur les pieds de vigne selon les régions françaises. Ces maladies engendrent des pertes économiques conséquentes pour la filière viticole régionale. FranceAgriMer avait permis de montrer qu'au-delà de la mise en évidence de l'effet millésime bien connu sur les rendements moyens de l'année, les bas rendements constatés sur une production moyenne régionale -point de départ de ce projet- se traduisent en réalité sur le terrain par de fortes disparités entre parcelles. Dans le contexte évolutif des MBV, et de déficit en movens de lutte. le projet ADVANTAGE (2015-2019) avait pour objectif d'établir une stratégie de protection combinatoire, avec l'étude d'associations de solutions conventionnelles et de solutions de biocontrôle, tout au long de la chaîne de production d'un pied de vigne depuis la pépinière jusqu'au vignoble. Ainsi, 9 solutions candidates ont été testées avec une certaine diversité vis-à-vis de leur type et donc probablement de leur efficacité. Ces 9 solutions étaient soit des champignons (AD1, AD2, AD9), soit des bactéries (AD3, AD5. AD6), soit des dérivés de levure (AD4) ou soit des substances chimiques (AD7, AD8). Parmi les 9 solutions candidates, AD1 a été utilisée comme référence dans le projet, car elle correspond au produit Esquive® WP commercialisé par Agrauxine pour lutter contre les MBV ; ainsi les combinaisons testées comprenaient systématiquement AD1 dans un objectif d'optimiser son efficacité.

Botryosphaeriacées
Biocontrôle
Protection
Plaie de taille
Solutions

Florence Fontaine¹, Cindy Coppin¹, Patricia Letousey², Mickaël Cadiou², Pascal Lecomte³, Philippe Larignon⁴, Christophe Clément¹, Patrice Dubournet⁵, Nicolas Hyzy⁵, Marion Sineux⁶, Olivier Zekri⁶

¹SFR Condorcet FR CNRS 3417, Université de Reims Champagne Ardenne, Unité Recherche EA 4707 RIBP Tel : 03 26 91 33 18 / 06 33 92 64 75 ; Email : florence.fontaine@univ-reims.fr

² Agauxine by Lesaffre

³ UMR Santé et Agroécologie du vignoble, INRA Bordeaux Sciences Agro

⁴ Institut Français de la Vigne et du Vin

⁵ Bayer SAS

Mercier Frères SARL

La première étape dans ce projet ADVANTAGE a d'abord été de faire un état des lieux des méthodes d'évaluation de l'efficacité des solutions en conditions contrôlées et des critères associés, et de proposer des protocoles harmonisés pour ces méthodes. Ensuite, les premiers essais réalisés ont consisté à évaluer *in vitro* le potentiel antagoniste des solutions vis-à-vis des principaux champignons impliqués dans les MBV, *Eutypa lata, Diplodia seriata, Neofusicoccum parvum, Phaeoacremonium minimum* et *Phaeomoniella chlamydospora*. Pour cela, des tests de confrontations *in vitro* ont été réalisés. Puis, les 9 solutions ont été testées individuellement et, après une sélection des meilleures solutions, en combinaison par 2 incluant toujours AD1 *in planta* et en conditions contrôlées (en serre). La méthodologie a été initialement une application racinaire ou foliaire selon les solutions puis uniquement foliaire sauf pour AD1, une application à l'aide d'un pinceau sur la tige herbacée a été retenue, la finalité étant de cibler les contaminations annuelles dues aux Botryosphaeriacées. En parallèle, les mêmes combinaisons ont été évaluées au vignoble avec inoculation artificielle, d'une part en utilisant une méthodologie proche de celle utilisée en conditions contrôlées et d'autre part par une application au niveau des plaies de taille pour évaluer le potentiel des solutions à protéger les plaies des futures contaminations. Suite à ces différents essais, deux combinaisons de solutions, AD1-AD4 et AD1-AD5, ont été retenues pour des essais en pépinière et au vignoble en conditions de production.

Quel est le potentiel antagoniste ou biocide des solutions candidates vis-à-vis de 5 pathogènes impliqués dans les MBV ?

L'objectif de cette action est d'évaluer *in vitro* le potentiel antagoniste des solutions candidates vis-à-vis de 5 agents fongiques pathogènes impliqués dans les MBV. Pour les solutions biologiques (AD1, 2, 3, 5, 6, 9), des tests de confrontations ont été réalisés en boîtes de Petri ; pour les solutions chimiques (AD7 et 8), ce sont des tests biocides qui ont été réalisés en boîtes de Petri. Au vu des pourcentages d'inhibition de la croissance des pathogènes obtenus (Tableau 1 et Figure 1), les solutions les plus prometteuses sont AD1, AD3, AD5, AD7, AD8 et AD9.

		AD1	AD2	AD9		AD7	AD8	
D.	12°C	59	15	15	Ds	56	47	
Ds	25°C	56	6	14	Np	64	15	
	12°C	67	46	50	El	88	49	
Np	25°C	73	13	20	Pal	28	6	
	12°C	44	5	8	Pch	100	81	
El	25°C	44	0	0		AD3	AD5	AD6
	12°C	25	0	0	Ds	33	30	22
Pal	25°C	79	25	40	Np	14	7	0
	12°C	75	16	19	El	36	37	3
Pch	25°C	68	28	35	Pal Pch	18 40	43 25	9

Tableau 1. Pourcentages d'inhibition de croissance des différents pathogènes étudiés, obtenus en tests de confrontation ou biocides avec les solutions. Ds = Diplodia seriata, Np = Neofusicoccum parvum, El = Eutypa lata, Pal = Phaeoacremonium minimum et Pch = Phaeomoniella chlamydospora.

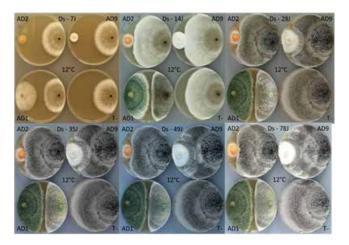


Figure 1. Exemples de tests de confrontation directe des trois solutions candidates fongiques avec *Diplodia seriata* (12°C) après 7, 14, 28, 35, 49 et 78 jours d'incubation. La modalité pathogène seule est toujours située en bas à droite (T-).

Parmi les solutions, lesquelles sont efficaces *in planta* sous serre pour protéger la vigne contre 2 champignons impliqués dans le dépérissement aux Botrvosphaeriacées ?

Au démarrage du projet, nous avons évalué séparément l'effet de solutions en tant que protecteur préventif lors d'une infection par Diplodia seriata ou Neofusicoccum parvum, 2 agents pathogènes impliqués dans le dépérissement aux Botryosphaeriacées. Ces expérimentations ont été réalisées à l'aide de boutures de Cabernet-Sauvignon, décrit comme sensible aux maladies du bois, qui ont été traitées par applications foliaire ou racinaire selon les solutions puis infectées artificiellement par un agent pathogène. L'efficacité de la solution candidate a été évaluée en termes de taille des nécroses induites par l'agent pathogène, le ré-isolement du pathogène au niveau de la zone d'infection, le ré-isolement des solutions candidates vivantes (bactéries, champignons) ainsi que des réponses de la vigne par le suivi de l'expression de gènes de défense (PR protéines, voie des phénylpropanoïdes, détoxication) au niveau des feuilles 4 et 7 jours après l'infection et au niveau des tiges herbacées 7 jours après l'infection. Parmi les solutions, la solution AD9 (champignon) a montré des résultats très encourageants en termes de réduction de la taille des chancres externes par rapport aux boutures infectées par Neofusicoccum parvum (Figure 2) et de colonisation de la plante. Au niveau des réponses de défense de la plante, les solutions testées les induisent majoritairement sauf pour la solution AD4 (dérivé de levure) pour laquelle une inhibition a été observée. Dans nos conditions d'expérimentations, peu de différences sont à noter selon le pathogène considéré. Au final, les solutions AD3, AD4, AD5, AD7 et AD9 ont été retenues pour évaluer leurs effets en combinaison avec AD1 dans le but d'obtenir une meilleure efficacité par rapport à une application AD1 seul.

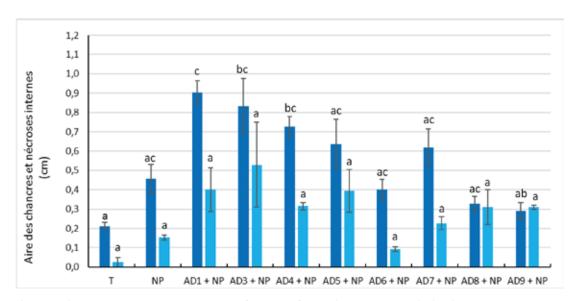


Figure 2. Aires des chancres externes (bleu foncé) et des nécroses internes (bleu clair) induites par *Neofusicoccum* parvum (NP) sur des boutures de *V. vinifera* cv Cabernet Sauvignon 2 mois post-inoculation selon les solutions testées individuellement (application racinaire).

Quelles sont les combinaisons de solutions qui ont donné des résultats intéressants sous serre ?

Pour la suite des expérimentations, la solution AD1 a été appliquée au pinceau au niveau de la tige herbacée de la bouture qui sera par la suite infectée par le pathogène. Les autres solutions retenues ont été appliquées au niveau des feuilles par pulvérisation 8 jours après l'application d'AD1 à l'exception de la solution AD9 qui a été appliquée en co-inoculation avec AD1. L'effet de ces traitements appliqués de façon préventive a été évalué selon les mêmes critères que précédemment. Les principaux résultats sont : une meilleure efficacité de la combinaison AD1-AD3 avec une forte réduction des nécroses induite par *N. parvum* probablement en lien avec sa faible croissance et une forte induction des réponses étudiées chez la vigne (Tableau 2, Figure 3). Les autres combinaisons réduisent également de manière significative la taille des nécroses comparativement à une application d'AD1 seul (AD1-5 > AD1-4 > AD1-7 > AD1-9 > AD1 seul) avec des réponses de défense majoritairement réprimées. Un point important à souligner est que AD1 est nettement moins ré-isolé dans toutes les combinaisons sauf pour AD1-AD4. Le temps d'application entre AD1 et les autres solutions, 8 jours, n'a peutêtre pas été suffisant pour permettre un bon développement et une bonne installation d'AD1. A l'issue de ces résultats, il a été décidé de s'intéresser plus spécifiquement aux combinaisons AD1-AD4 et AD1-AD5. Aucune différence significative entre les différentes fréquences d'applications des solutions AD4 et AD5.

Il a ainsi été proposé de tester une application d'AD1 suivi d'une, deux ou trois applications d'AD4 ou AD5 réalisées à une semaine d'intervalle, comme cela a été testé au vignoble. En conditions contrôlées, ces es-

Modalités	Pourcentage réduction longueur nécroses internes	Pourcentage réduction aires nécroses internes
AD1	35%	51%
ADI-AD3	50%	76%
ADI-AD4	46%	66%
ADI-AD5	46%	69%
ADI-AD7	42%	58%
ADI- $AD9$	28%	45%

sais ont confirmé le potentiel protecteur des 2 combinaisons AD1-AD4 et AD1-AD5 par une réduction significative de la taille des nécroses et un faible ré-isolement du pathogène inoculé. Les solutions AD1 (champignon) et AD5 (bactérie) ont été ré-isolées en fin d'expérimentation, soit 2 mois après leur application. Toutefois, nous n'avons observé aucune différence significative entre les différentes fréquences d'applications des solutions AD4 et AD5.

Tableau 2. Pourcentage de réduction des longueurs et aires des nécroses internes induites par Neofusicoccum parvum sur des boutures de V. vinifera cv Cabernet Sauvignon 2 mois post-inoculation selon les combinaisons de solutions testées.

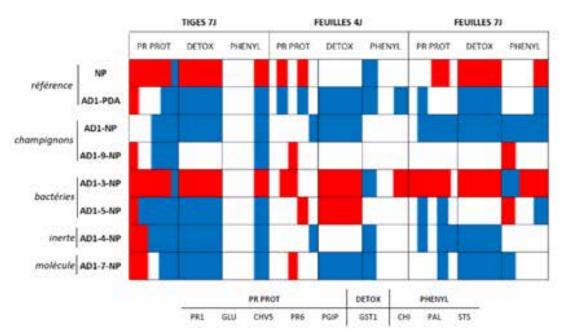


Figure 3. Récapitulatif des profils d'expressions obtenus pour les différentes modalités inoculées avec *Neofusicoccum parvum* (NP) au niveau des feuilles et des tiges herbacées sur des boutures de *V. vinifera* cv Cabernet-Sauvignon.

PR PROT : PR protéines, DETOX : détoxification, PHENYL : phénylpropanoïdes, j : jours ; code couleur : bleu = inhibition, rouge = induction, blanc = pas de changement.

Quel est le potentiel de protection des solutions au vignoble en lien avec une contamination annuelle des Botryosphaeriacées ?

Les solutions ont été évaluées en association ou non avec AD1 envers deux espèces de *Botryosphaeriaceae* (*Neofusicoccum parvum, Diplodia seriata*) dans le vignoble des Costières de Nîmes sur une parcelle de Mourvèdre (2016) et de Cabernet Franc (2017). Ces tests ont consisté à blesser un rameau au niveau du troisième mérithalle à l'aide d'une lame de scalpel, puis à appliquer sur cette blessure au moyen d'un pinceau la ou les solutions à tester, en fonction de l'année : test des solutions en solo en 2016, test des solutions en combinaison en 2017. En 2017, les solutions sélectionnées (voir ci-dessus question 2) ont en effet été testées en combinaison avec AD1. L'intervalle entre le traitement AD1 et le traitement avec AD3, AD4, AD5, AD7 ou AD9 a été d'une semaine. L'agent pathogène y a été apporté sous forme d'un implant mycélien le lendemain du 2ème traitement. La solution AD4, contrairement aux autres solutions, a été appliquée par pulvérisation sur le feuillage à deux reprises, environ une semaine après l'application d'AD1 et deux ou trois jours avant l'apport de l'agent pathogène. Tous ces essais ont été effectués autour du stade floraison sur huit ceps par agent pathogène.

Après quatre mois d'incubation, les rameaux ont été prélevés et coupés longitudinalement pour mesurer la longueur des nécroses provoquées par les deux agents pathogènes. Les résultats 2016 montrent que le développement de *Diplodia seriata* est inhibé suite au traitement avec les solutions AD2, AD5, AD6, AD7 et AD8 (Figure 4). En 2017, la combinaison AD1/autre solution n'a pas apporté d'amélioration sur l'efficacité d'AD1 envers les deux espèces de *Botryosphaeriaceae* (Figure 4 pour *Diplodia seriata*).

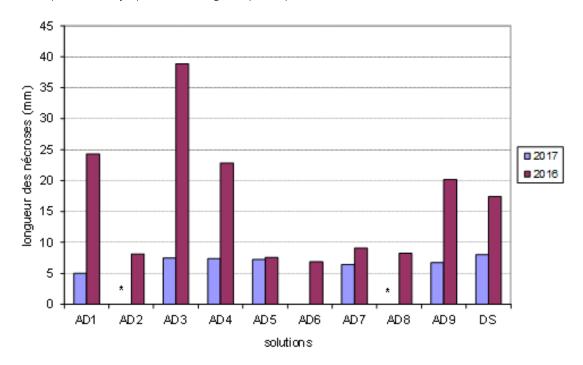


Figure 4. Effet des solutions en association (2017) ou non (2016) avec AD1 envers le développement de *Diplodia seriata* (DS) mesuré par la longueur des nécroses qu'il provoque. L'astérisque indique que ces tests n'ont pas été effectués en 2017. La modalité DS correspond au rameau inoculé par *Diplodia seriata* en absence de tout traitement.

Quel est le potentiel des solutions pour protéger les plaies de taille au vignoble ?

L'aptitude des solutions candidates à la protection des blessures de vigne a été évaluée pour partie par des tests réalisés au vignoble sur des plaies de taille, en conditions artificielles d'infection. La méthode suivie a été celle proposée par la Commission des Essais Biologiques (CEB, de l'Association 'Végéphyl' ex-AFPP), la méthode CEB n°155 « Eutypiose » (révisée en 2006). Mis en place dans la région bordelaise deux années consécutives (2016 et 2017), le principe de ces tests a été le suivant : des sarments ont été taillés, traités préventivement avant d'être contaminés par le dépôt d'un inoculum préparé au laboratoire. Après 8 mois d'incubation, la présence des pathogènes inoculés a été vérifiée par ré-isolement au laboratoire dans les tissus sous-jacents (entre 0,5 à 4 cm) aux plaies de taille (au total 25 bûchettes de bois par sarment ont été examinées). Deux pathogènes parasites des blessures d'hiver ont été inoculés : Eutypa lata et Phaeomoniella chlamydospora. L'efficacité a été mesurée sur la base du nombre de sarments infectés sachant que l'isolement d'une colonie d'un champignon pathogène à partir d'une seule bûchette de bois suffit à déclarer le sarment infecté. En 2016, l'objectif était d'évaluer toutes les solutions candidates disponibles, soit 8 solutions. Leur efficacité était comprise entre 6 et 91% vis-à-vis d'Eutypa lata et entre 8 et 82 % vis-à-vis de Phaeomoniella chlamydospora. En 2017, l'objectif était de tester des combinaisons avec les meilleures solutions candidates, soit cinq combinaisons. Leur efficacité a varié de 25 à 75% vis-à-vis d'Eutypa lata et de 24 à 50 % vis-à-vis de Phaeomoniella chlamydospora. Les combinaisons les plus performantes ont été AD1-AD3 et AD1-AD4.

Conclusion

Ce qu'il faut retenir

Travail collaboratif entre différents partenaires/ complémentarité des compétences.

Homogénéisation des méthodologies.

Un travail progressif, allant de l'in vitro à l'in planta en conditions contrôlées, pour terminer par des applications au vignoble.

Le développement de stratégies de protection combinant plusieurs solutions contre les MBV. Au départ du projet 9 solutions, puis à l'arrivée 2 solutions sélectionnées pour être testées au vignoble en combinaison avec Esquive® WP en conditions de production.

Et après?

Essais au champ sur 10 parcelles en 2018 et 2019 pour confirmer l'efficacité de protection contre les MBV des 2 combinaisons de solutions sélectionnées.

Si résultats positifs, deux nouveaux produits phytosanitaires de biocontrôle pourraient être disponibles sur le marché d'ici 3 à 5 ans pour lutter contre les MBV en combinaison avec Esquive® WP®.

Remerciements

Nous remercions tous les partenaires du projet ADVANTAGE (Agrauxine, Bayer, Bordeaux Sciences-Agro, Cybeletech, IFV, INRA-UMR SAVE, Mercier, Telespazio, URCA), les financeurs du projet (BPI France, le conseil régional des Pays de la Loire, le conseil régional Centre, le conseil régional de Nouvelle Aquitaine), ainsi que les pôles de compétitivité ayant co-labellisé le projet (Vegepolys Valley et Agri Sud-Ouest Innovation).



➤ Mobilisation et innovation vigneronne : réseaux de viticulteurs-acteurs pour tester et transférer des pratiques innovantes

Résumé

Le dépérissement est un enjeu majeur qui touche le vignoble français et impacte sa productivité. En 2017, les interprofessions via le CNIV, le Ministère de l'Agriculture et FranceAgriMer se sont mobilisés autour d'une action nationale : le Plan National de lutte contre les Dépérissements du Vignoble (PNDV). Il a pour but de fédérer toute la filière autour des dépérissements de la vigne. Dans le cadre, un projet mené par les Chambres d'agriculture a été engagé sous le nom de Mobilisation et Innovation Vigneronne (MIV). Il donne une place importante aux vignerons qui en sont les acteurs principaux. A ce jour et dans le bassin ligérien, ils sont au nombre de 43 et mènent 55 essais. Le projet aborde quatre thématiques de la viticulture : le matériel végétal, les pratiques culturales, la limitation du stress hydrique et le travail du sol. L'objectif est de mettre en relief et transférer les bonnes pratiques pour lutter contre les dépérissements et à terme proposer un itinéraire technique défavorable aux maladies du bois. Les premiers résultats concernant les pratiques culturales (recépage, curetage, regreffage, taille) sont prometteurs et les essais sont voués à être reconduits. Pour les autres thématiques, l'acquisition de données a débuté mais un pas de temps plus long est nécessaire pour en tirer des conclusions. Cette dynamique se prolonge par le dépôt d'un dossier au nouvel appel à projet du PNDV en 2020, pour capitaliser et transférer les enseignements du MIV aux plus grands nombres de viticulteurs et dans tout le territoire français.

Introduction

En France, les maladies du bois et autres facteurs de dépérissement du vignoble induisent une perte annuelle de rendement de 4,6 hl/ha, selon FranceAgriMer (CNIV, 2017). Ce chiffre représente un enjeu majeur pour le premier secteur agricole français en matière de valeur, selon l'Agreste. Pour y répondre, le Comité Nationale des Interprofessions des Vins à appellation d'origine et à indication géographique (CNIV) a lancé le Plan National Dépérissement du Vignoble (PNDV), avec le soutien du Ministère de l'Agriculture et de FranceAgriMer. Ce dernier a pour but de concentrer et concerter l'ensemble de la filière, des chercheurs aux vignerons en passant par les institutions et les pépiniéristes, autour de ce sujet.

Dans le cadre de ce plan national, des projets sont menés par les chercheurs mais aussi par les vignerons euxmêmes. Depuis 2017, les Chambres d'agriculture ont lancé « Mobilisation et Innovation Vigneronne (MIV) » pour repositionner au cœur de cet enjeu les principaux acteurs de la filière : les viticulteurs. Par groupe dans différents bassins de France, ils sont amenés à « échanger sur leur perception et les problématiques liées au dépérissement de leur vignoble » (Rocque, Chambre d'agriculture d'Indre et Loire, 2017). De ces échanges collaboratifs, des itinéraires techniques innovants et nouvelles pratiques culturales émergent et sont testés sur le terrain.

Dans la Vallée de la Loire, quatre départements ont répondu présents pour développer MIV : Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Indre et Loire et Loir-et-Cher. Les Chambres d'agriculture et 43 vignerons mènent 55 essais sur quatre problématiques majeures : le matériel végétal, les pratiques culturales et le stress hydrique, le travail du sol.

Mobilisation Viticulteurs-acteurs Pratiques innovantes Dépérissements

Auteurs

Audrey DUBOIS, Adeline BOULFRAY MALLET, Thibault LECUYER, Thomas CHASSAING, Estelle DEVROUTE, Céline DEON

Auteurs principaux
Audrey DUBOIS, Thomas CHASSAING
Chambres d'agriculture Centre-Val de Loire et Pays de la Loire
Tél. 02 47 48 37 80

Tél.: 02 47 48 37 80 Portable: 06 24 79 88 68

Comment agir sur le matériel végétal pour contrer le dépérissement ?

Le but de cette première problématique est d'étudier la qualité du matériel végétal pour lutter contre les dépérissements de la vigne. Par matériel végétal, plusieurs sujets sont traités : la comparaison de clones, la longueur des racines, les différences de plants ou de greffes. La qualité du plant et du point de greffe influencent fortement la circulation de la sève et peuvent avoir des répercussions sur la résistance des vignes aux maladies du bois. C'est pourquoi les clones, les différents plants, les différentes greffes sont étudiés. Concernant les racines, lors de la plantation ou complantation, plus elles sont longues, plus les réserves carbonées potentielles sont grandes et mobilisables pour que le plant se défende contre les maladies du bois. Il est donc important de s'intéresser à la longueur des racines pour lutter contre les dépérissements.

Essais	Explications	Résultats
Comparaison de clones	3 parcelles d'une trentaine d'années : 159 et 376 sur porte-greffes SO4 ; 376 et 297 sur porte-greffes 3309C en Sauvignon Blanc	Depuis 2018, pas de différence significative sur les 3 parcelles suivies
Longueur d'enracinement	 lère parcelle : Cabernet Franc avec des longueurs de racines de 2 à 8 cm. 2è parcelle : Chenin et des racines entre 2, 6 et 16cm. La dernière avec du Cabernet Franc, et des racines entre 2, 6 et 16 cm. 	Pas de différence dans la pousse de ces jeunes parcelles (2019).
Différentes greffes	Comparaison greffes anglaises et Omega	A ce jour, pas de maladie du bois observée.
Différents plants	Comparaison plants haut de gamme et plants traditionnels	Plantée en 2017 et 2019, en attente de résultats

Pour la plupart des expérimentations réalisées jusqu'à ce jour, les résultats ne peuvent être analysés statistiquement en raison du nombre faible de données et du pas de temps trop important (une seule série de données pour une année). Cependant, il est intéressant de noter que les vignerons sont prêts à modifier leur matériel végétal pour contrer le dépérissement. Ces études doivent être reconduites pour pouvoir observer des différences sur plusieurs années et pouvoir en faire des conclusions. Pour aller plus loin, des essais seront mis en place autour de l'élaboration d'un cahier des charges Ceps SICAVAC sur des cépages autre que le Sauvignon Blanc.

Quelles pratiques culturales permettraient de contrer les dépérissements du vignoble ?

Différentes pratiques culturales sont étudiées dans cette partie : la taille, le regreffage, le curetage et l'ébourgeonnage et recépage dans les 3 départements.

	Essais	Explications	Résultats
		 1 parcelle en non taille la première année Période de taille : 2 parcelles en taille tôt et tard Mode de taille : 2 parcelles : Taille minimale Guyot Poussard, Taille Habituelle 	A ce jour, aucune différence n'est identifiée mais ces observations seront à considérer à long terme.
	Taille	2 parcelles en taille Guyot Poussard sur du Chenin depuis 2016	Tendance : moins d'expressions de symptômes de maladie du bois et de stress hydrique, moins de complants sur la partie taillée en Guyot Poussard.

	1 parcelle regreffée en 2018	Reprise : 88% de pieds regreffés		
Regreffage	Regreffage depuis 2013 : Observations depuis 2017, aux vendanges 2018	Reprise : 75% et 80% Les ceps regreffés ont un rendement moyen de + 146 % par rapport au rendement de ceps complantés		
Curetage	10 essais sur les 3 départements	En moyenne, sur 100 ceps curetés plus de 90 sont sains		
Recépage	1 essai en Chenin sur une parcelle de 22 ans	94% d'augmentation de fréquence de pampre sur les ceps marqués Plus concrètement, on pourrait receper l'intégralité d'une parcelle sur 4 ans		
Formations	Curetage/recépage : 80 viticulteurs et salariés formés en Val de Loire Taille : depuis 2017, presque 300 vignerons ou salariés ont été formés à la taille			

Les résultats des différentes pratiques culturales sont très encourageants. La taille a une dimension plus préventive que les autres techniques et les effets seront mesurables à plus long terme. Pour aller plus loin, des essais sur la complantation en racines longues après arrachage de la pépinière à l'aide d'un plantoir spécifique sont en cours. De plus, des essais « Ebourgeonnage » sur des pieds formés sont étudiés. A ce jour, c'est le 2ème hiver où la taille Chablis est elle aussi testée en région, au clos cristal. Enfin, l'association technique recépage et curetage semble pertinente en matière de temps de travaux et efficacité.

Est-ce que le travail du sol a une influence sur les dépérissements ?

La gestion des couverts et du sol peuvent influencer la concurrence qu'il peut y avoir entre la vigne et son environnement, donc ses ressources. Indirectement, cette concurrence va impacter la résistance de la vigne face aux maladies du bois. En Indre et Loire, différents travaux sont étudiés : le labour et le travail du sol par un cheval.

Essais	Explications	Résultats
Labour	1 parcelle avec : - La partie de gauche : labour à l'automne 2018 et défoncée à 50-60 cm de profondeur au printemps - La partie de droite : travail au canadien à l'automne	A plus grande échelle, cela permettrait de comprendre la relation entre le travail du sol et son influence sur les dépérissements du vignoble.
Travail à cheval	1 parcelle : une moitié en travail à cheval et l'autre moitié en travail mécanique	Première tendance : la repousse est meilleure dans la partie travaillée à cheval

Ces expérimentations sont plutôt prometteuses et sont amenées à être reconduites. En effet, la vigne moins stressée serait plus à même de répondre à la pression fongique.

Conclusion

Finalement, les vignerons par leurs pratiques, sont les premiers acteurs à lutter contre les dépérissements. Mobilisation et Innovation Vigneronne (MIV) a permis de mettre en relief ces pratiques et d'analyser leurs impacts. A ce jour, après deux années d'observations, les analyses sont compliquées en raison du nombre de données faibles. Cependant, il est à noter que la mobilisation des vignerons autour des dépérissements est importante. Leurs pratiques innovantes autour des quatre problématiques démontrent que les solutions pourraient venir du terrain en lui-même et que la filière est motrice de changement de pratiques.

Ce qu'il faut retenir?

Mobilisation importante des vignerons autour des dépérissements : 43 viticulteurs mobilisés, 55 essais sur tout le bassin ligérien.

Projet commun à trois Chambres d'agriculture.

Premiers résultats prometteurs.

Formations des Chambres aux maladies du bois et aux nouvelles pratiques, par exemple « Prévenir les maladies du bois grâce à la taille dès la plantation ».

Et après?

Le CNIV et FranceAgriMer ont lancé un appel à proposition en octobre 2019 de Recherche Innovation et Développement dans le cadre du PNDV. Les Chambres d'agriculture de la région en collaboration avec celles d'autres régions viticoles se sont concertées pour proposer un projet. Nous sommes actuellement dans l'attente des réponses du CNIV. Ce projet aurait pour but d'une part de donner suite aux essais qui ont bien fonctionné, et d'autre part de capitaliser et transférer les premiers résultats au sein de toute la filière.

Deux journées de restitution auprès des viticulteurs seront organisées dans le bassin, avec quatre thématiques : des témoignages de vignerons des groupes MIV, les résultats d'expérimentations, des témoignages de pépiniéristes et des résultats économiques.

Remerciements

Les auteurs remercient l'équipe MIV ligérienne : Adeline Boulfray Mallet (CA37), Estelle Devroute (CA41), Thibault Lecuyer (CA37) et les services viticulture. Ils remercient de même InterLoire, le CNIV et FranceAgriMer, les financeurs du projet MIV, ainsi que les vignerons et les pépiniéristes mobilisés dans les différents groupes.

Références bibliographiques

CHAMBRE D'AGRICULTURE D'INDRE ET LOIRE, 2019. Réseau des parcelles MIV (37), Observations des maladies du bois. novembre 2019.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU LOIR-ET-CHER, 2019. Réseau des parcelles MIV (41), Observations des maladies du bois. novembre 2019.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU MAINE-ET-LOIRE, 2019. Réseau des parcelles MIV (49), Observations des maladies du bois. novembre 2019.

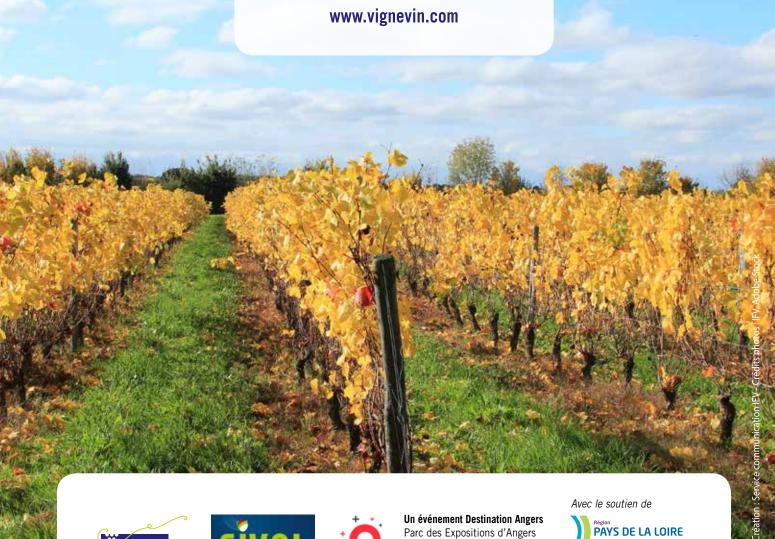
CNIV, 2017. Présentation du plan I Plan National Dépérissement du Vignoble. In : [en ligne]. 2017. [Consulté le 27 novembre 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.plan-deperissement-vigne.fr/presentation-du-plan. ROCQUE, Anastasia et CHAMBRE D'AGRICULTURE D'INDRE ET LOIRE, 2017. Mobilisation et Innovation Vigneronne. juillet 2017.





PÔLE VAL DE LOIRE-CENTRE

42, rue Georges Morel BP 60057 - 49071 BEAUCOUZE Cedex Tél. +33 (0)2 41 39 98 55 Fax +33 0)2 41 22 56 76 Mail: jocelyne.marsault@vignevin.com









Route de Paris 49 044 Angers Cedex 01 angers Tél. +33 (0) 2 41 93 40 40

