



HAL
open science

Traiter avec précision – concepts en jeu dans le contexte de la gestion du mildiou et de l'oïdium de la vigne.

Olivier Naud, A. Davy, Sébastien Codis

► To cite this version:

Olivier Naud, A. Davy, Sébastien Codis. Traiter avec précision – concepts en jeu dans le contexte de la gestion du mildiou et de l'oïdium de la vigne.. Innovations Agronomiques, 2018, 65, pp.17-22. 10.15454/F5MZZT . hal-01954726

HAL Id: hal-01954726

<https://hal.science/hal-01954726>

Submitted on 13 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Traiter avec précision – concepts en jeu dans le contexte de la gestion du mildiou et de l'oïdium de la vigne

Naud O.¹, Davy A.², Codis S.³

¹ ITAP, Irstea, Montpellier SupAgro, Univ Montpellier - BP 5095, F-34196 Montpellier Cedex 5

² IFV Bordeaux Aquitaine, 39, rue Michel Montaigne, F-33290 Blanquefort

³ IFV ITAP-Irstea, 361 rue J.F. Breton - BP 5095, F-34196 Montpellier

Correspondance : olivier.naud@irstea.fr

Résumé

Le contexte technologique de l'agriculture numérique crée de grands espoirs pour la protection des cultures. Cependant, la protection de la vigne contre le mildiou et l'oïdium reste un défi pour la réduction des intrants et est donc un cas d'étude pertinent de l'apport de ces technologies. Nous analysons dans cette communication les enjeux de la précision, et des imprécisions, en pulvérisation, sous l'angle temporel comme sous l'angle spatial. Nous mettons en évidence l'intérêt de la mise en œuvre de systèmes de mesure, de traçabilité, d'aide à la décision, et de partage de données et de connaissances pour donner aux agriculteurs, aux conseillers et à la profession en général, les moyens d'un apprentissage localement appropriable des méthodes de gestion conduisant à une forte réduction des intrants et des risques associés.

Mots-clés: Agriculture de précision, Pulvérisation de précision, *Plasmopara viticola*, *Erisyphe necator*, Décision, Dose

Abstract: Spraying crops with precision – concepts at stake in the context of grapevine downy and powdery mildews management

The technological context of smart and precision agriculture has created great hope for crop protection. Yet, the protection of vine against downy and powdery mildews is still a challenge for the reduction of pesticide input and is thus an adequate case study about contribution of ICT to this objective. We analyse in this communication the stakes of precision, and imprecisions, in spraying, with respect to both temporal and spatial dimensions. We underline the interest of implementing ICT systems, sensors, traceability means, decision support tools and data and knowledge sharing, in order to bring farmers, advisers, and the profession in general, the means of a locally appropriable learning of the methods and risks of low enough input management.

Keywords: Precision agriculture, Precision spraying, *Plasmopara viticola*, *Erisyphe necator*, Decision, Dose

Introduction

Le contexte de l'agriculture numérique, avec ses offres et ses potentiels en termes de capteurs, de cartographie, de systèmes d'information, d'outils d'aide à la décision, de robots, crée de grands espoirs en matière de réduction d'intrants et de méthodes alternatives pour la protection des cultures. Les pathosystèmes du mildiou et de l'oïdium de la vigne présentent des difficultés particulières, techniques, agronomiques, économiques et organisationnelles qui justifient qu'aujourd'hui de nombreux traitements

soient réalisés sur les parcelles pour maîtriser ces maladies (Pertot et al, 2017), en bio comme en conventionnel. Ils offrent donc un cas d'étude particulièrement pertinent pour étudier les apports des concepts de l'agriculture de précision. Nous nous proposons dans cette intervention de développer la notion de précision autour du temps, le temps qu'il fait et le temps qui s'écoule, et de l'espace, en abordant les différentes échelles de l'intervention d'une pulvérisation phytosanitaire. Nous nous focaliserons ensuite sur la précision de l'action au travers de la dose épandue, de la dose effectivement apportée au végétal, et de la question de l'adaptation de la protection mise en œuvre aux caractéristiques de la canopée. A travers cette question, et en soulignant les multiples sources d'incertitude et le manque de connaissances disponibles au plan opérationnel, nous mettrons en évidence l'intérêt de construire des réseaux massifs de sources de données sur les traitements réalisés en production, particulièrement sur les parcelles dont l'indice de Fréquence de Traitement (IFT) est faible.

1. Agir avec précision dans le temps d'une saison

1.1 *Eléments succincts de raisonnement sur le positionnement des interventions*

Le raisonnement de protection classique contre le mildiou de la vigne, et que propose de façon perfectionnée le système d'aide à la décision Decitrait', consiste à estimer la prochaine date critique et un niveau de risque à cette date, puis à traiter avant cette date critique, avec un produit déterminé par le viticulteur, à un niveau de dose adapté selon des règles expertes par rapport au risque estimé. Dans le cas du mildiou de la vigne, la pluie prévue, qui favorise les contaminations en permettant au pathogène *plasmopara viticola*, une micro-algue, de pénétrer dans la plante via les stomates, contribue fortement à déterminer la prochaine date critique, dès qu'un niveau de risque de présence du pathogène est supposé atteint. L'historique du climat, températures et quantité de précipitations jusqu'à la date courante, voire en prévision jusqu'à la date critique, permet de déterminer un niveau de risque théorique grâce notamment à des modèles bioclimatiques. Le raisonnement de la lutte contre l'oïdium, *erisyphes necator*, champignon cryptogame, n'est pas basé sur les pluies prévues, car le développement du pathogène est essentiellement fonction de l'humidité et de la température. Il existe des modèles bioclimatiques, mais la pratique et le conseil sont essentiellement basés sur la protection de la phase critique de floraison et de formation des grappes, donc avec une protection anticipée de quelques semaines avant la floraison, et souvent maintenue jusqu'à la fermeture de la grappe.

1.2 *Décider et intervenir pendant la saison*

La croissance pendant la saison s'accompagne d'une forte évolution de la quantité de feuillage, avec des index de surface foliaire variant de 0,1 à plus de 3 ha de feuilles par hectare au sol en fin de saison. Pourtant, la dose homologuée, exprimée en masse ou volume de produit actif par hectare, reste en France constante sur toute la période végétative, ou le cas échéant sur la période pour laquelle le produit est homologué. Lorsqu'un même matériel est utilisé du début à la fin de saison, son efficacité, à savoir la proportion de produit qui atteint la cible sur le volume total épandu, est très variable, et faible en début de saison.

Même sans réduction de dose, et avec un nombre conséquent de traitements, les échecs de protection, qui sont considérés comme tels par les producteurs à partir de quelques pourcents d'intensité sur grappe, ne sont pas rares les années de forte pression parasitaire. A l'inverse, nombre de situations gérées avec des systèmes d'aide à la décision visant la réduction d'intrants comme Mildium (Delière et al, 2015) ou Optidose (IFV, 2015) ont montré que des itinéraires à faible IFT permettent d'obtenir des protections satisfaisantes au plan technique (Mailly et al, 2017). La tolérance technique aux symptômes sur feuille et la tolérance économique aux symptômes sur grappes restent faibles.

Concernant la question de la détection des maladies par observation ou capteurs pour agir de façon localisée et limitée, il faut noter que les symptômes apparaissent bien après la contamination, jusqu'à plus d'une semaine voire plus de deux semaines (notamment cas du mildiou sur grappe). D'autre part, les produits sont pour l'essentiel plutôt considérés comme préventifs de nouvelles contaminations que comme « curatifs ». La démarche consistant à traiter uniquement sur symptômes, qui relèverait de façon immédiate et claire de l'agriculture de précision n'est donc guère prometteuse en termes d'efficacité.

Enfin, en supposant que l'on détermine avec précision la période optimale pour traiter, avec une dose ajustée, la question des ressources matérielles et de la main d'œuvre se pose. Certaines exploitations sur-dimensionnent leur parc matériel pour pouvoir agir avec réactivité à la survenue d'un événement risqué, d'autres aux ressources plus limitées adaptent leur calendrier de traitement en fonction d'éléments organisationnels (calendrier de disponibilité de personnels peu nombreux, autres tâches, conséquences des délais de réentrée sur les parcelles,...) au risque de ne pas traiter au meilleur moment et avec la meilleure dose.

2. Traiter de façon adaptée selon le lieu et le milieu : la précision spatiale

La taille en gobelet est devenue très minoritaire au profit de conduites palissées avec la mécanisation de la viticulture. Il reste que le vignoble français représente une grande variété de densités et de modes de conduite, avec des cépages présentant des caractéristiques foliaires et de comportement en réaction aux maladies différentes. Compte-tenu de la longévité d'une parcelle, on peut observer également une assez grande variabilité au sein d'une même exploitation viticole. Ceci conduit à considérer que la viticulture de précision, et en particulier la pulvérisation de précision en viticulture, ne concerne pas que la gestion de la variabilité intra-parcellaire. Les comparaisons inter-parcellaires représentent une première échelle d'analyse pertinente pour la pulvérisation de précision.

Avec les technologies de pulvérisation actuellement employées, l'efficacité de la pulvérisation, à savoir le ratio de dose effectivement apportée sur la cible du traitement sur la dose épandue et impactant l'environnement et l'opérateur, est très variable selon la configuration du végétal et son stade de développement. Un aspect majeur de la précision spatiale en pulvérisation est donc de caractériser les variations du port végétatif et de la densité foliaire, que nous abordons dans cette section. Nous aborderons ensuite le cas spécifique de la pulvérisation basée sur une stratégie de confinement.

2.1 Rendement et homogénéité de la pulvérisation

Compte-tenu des technologies employées, il convient ici de distinguer la quantité interceptée et l'homogénéité dans une section transverse au couvert végétal, et notamment la question de la bonne « pénétration » de la bouillie au cœur du couvert, et la variation de ces paramètres lors de l'évolution du pulvérisateur dans le champ ou d'une parcelle à l'autre. Même s'il pourrait apparaître souhaitable de régler les paramètres de pulvérisation pour chaque parcelle, cela est peu fait en pratique, pour des raisons de temps et de réglages en général peu ergonomiques.

Selon les technologies employées, et, pour la technologie à voûte pneumatique, selon son mode d'utilisation (passage un rang sur deux, un rang sur trois, un rang sur quatre), une seule ou les deux faces du couvert sont pulvérisées. La quantité de produit qui atteint la cible pour une quantité pulvérisée donnée dépend de la qualité des réglages géométriques des buses ou diffuseurs, et également de questions physiques de balistique des gouttes et de mécanique des fluides.

La pratique souvent recommandée à une époque de moindre conscience des enjeux environnementaux et de santé consistait à pulvériser des gouttes fines pour obtenir un brouillard supposé homogène et à accompagner ces gouttes d'un débit d'air permettant un mouvement des feuilles suffisant pour que tout

le couvert reçoit de la pulvérisation. Cette stratégie s'accompagnait de phénomènes de dérive, pulvérisation dispersée au-delà du couvert et dans l'atmosphère. Il a été maintenant démontré que la génération de gouttes moins fines permettait de limiter la dérive sans diminuer ni l'efficacité ni l'homogénéité de la pulvérisation lorsqu'on considère une quantité déposée moyenne par feuille.

Lorsqu'une seule face est pulvérisée, un compromis doit être trouvé entre qualité de répartition et traversée d'une partie de la pulvérisation au-delà du couvert à protéger, ce qui ne favorise pas l'efficacité. Les technologies de pulvérisation en jet porté et face par face ont montré une efficacité et qualité de répartition significativement meilleures. Malgré tout, les difficultés d'adaptation et de réglage en début de végétation ne permettent pas une efficacité satisfaisante au plan environnemental aux premiers stades de croissance. Globalement, l'efficacité des pulvérisateurs aux premiers stades de croissance est médiocre, mais comme la surface de feuilles à protéger est faible et que la législation autorise la pleine dose homologuée, la quantité de dépôts par surface de feuille est en général suffisante pour les objectifs de protection, au détriment des critères environnementaux.

2.2 Mesurer, modéliser et prévoir les doses apportées

Les problématiques d'efficacité et d'homogénéité, et de leur variabilité, ayant été soulevées, l'objet de la pulvérisation de précision, qui est *in fine* d'apporter la bonne dose aux bons endroits, a toute l'apparence d'un défi.

S'il y a de la place pour une amélioration des technologies de base disponibles pour la pulvérisation sur les vignes palissées, les sciences et technologie de l'information et de la communication ont pourtant aussi tout leur rôle à jouer, dès à présent.

En effet, il est possible de caractériser précisément le végétal, par des capteurs optiques à haute résolution comme le lidar (Bastianelli et al., 2017), et également de façon approchée avec des dispositifs piétons. Et il est possible d'évaluer de façon relativement répétable la quantité de pulvérisation et sa répartition en hauteur ou en profondeur, par échantillonnage des dépôts au sein du couvert ou en utilisant un banc comme EvaSprayViti (Naud et al., 2014). Utilisant conjointement ces données, un objectif de recherche est de construire des modèles de prédiction permettant d'évaluer la quantité effective déposée et sa variabilité au sein du couvert, ceci à l'échelle de quelques mètres sur un rang ou à l'échelle de la parcelle. En couplant ces modèles avec une traçabilité des quantités épandues, il deviendrait alors possible de mieux estimer, année après année, et de façon collaborative, la réponse du pathosystème aux quantités effectivement déposées. Il est également envisageable, et des prototypes ont été développés (Tona et al., 2017), de mettre en œuvre des automatismes pour adapter la pulvérisation au couvert mesuré en temps réel.

2.3 La pulvérisation confinée

Une alternative aux automatismes, pour les cultures palissées basses comme la vigne, est de confiner la pulvérisation. Ceci limite les problèmes de dérive. On distinguera les appareils à panneaux simples et les appareils à panneaux récupérateurs. Ces derniers ont un intérêt particulier en début de végétation, puisque l'adéquation entre la surface de végétal à couvrir et la dose apportée se fait avec une minimisation des pertes en dehors de la cible. Des questions de maniabilité sont régulièrement soulevées à propos de ces appareils. Même avec ces technologies qui limitent les quantités épandues en début et milieu de végétation grâce au recyclage des excès, il reste important de caractériser le végétal et de modéliser les dépôts, afin de prédire les dépôts effectifs et leur répartition dans le couvert.

3. Les sources d'incertitudes

Une source majeure d'incertitude concerne la capacité à prédire les lieux probables dans les parcelles de survenue des premiers foyers d'infection et les dates d'apparition en un lieu donné. Dans le cas des deux pathogènes considérés, une conservation hivernale a lieu, via les feuilles tombées en hiver pour le mildiou, et dans les bourgeons ou par les cléistothèces retenus sur le cep pour ce qui concerne l'oïdium. Le caractère éminemment stochastique et multi-factoriel des infections effectives rend les dynamiques d'expansion spatiale des épidémies peu reproductibles d'une année sur l'autre. Ce serait donc un défi relevant de la fouille de données massives, dans la mesure où ces données seraient régulièrement disponibles en production, que de réduire un peu ces incertitudes.

Au plan opérationnel, l'alimentation en données des modèles bioclimatiques pose la question de la fiabilité des données quantitatives et spatialisées de précipitations. Même lorsqu'on dispose de données radar, beaucoup plus précises au plan géographique que les données de stations météorologiques, l'information fournie sur la quantité de précipitation reste une estimation incertaine. La prévision des événements de pluie reste également assez incertaine, au-delà de quelques jours, et notamment sur la quantification des pluies prévues. Du fait de la grande variabilité des situations, les modèles épidémiologiques bioclimatiques ne sont pas considérés par les praticiens comme suffisants pour être exploités seuls dès lors notamment que l'objectif est d'évaluer si, pour une période donnée, il est possible de conclure à la non nécessité de traiter. En ce qui concerne la gestion de dose, le manque de connaissances des agriculteurs sur le niveau de résistance aux matières actives sujettes à ces phénomènes des souches rencontrées sur leurs parcelles peut être considéré comme un frein à la réduction des doses pour nombre de prescripteurs.

Au plan économique, compte-tenu de la difficulté technique à gérer le risque, du relativement faible coût des produits de lutte contre le mildiou et contre l'oïdium vis-à-vis des pertes potentielles sur la récolte, et de la difficulté à faire le marketing de l'effort de réduction d'IFT, les viticulteurs sont peu incités à réduire leur consommation d'intrants fongicides. Il est à noter qu'une étude technico-économique de la pulvérisation de précision orientée coûts de production a été publiée en 2017 (Tona et al, 2017).

4. Vers des traitements de précision

Le bilan des facteurs de variabilité de la pulvérisation phytosanitaire interprété sous l'angle de l'agriculture de précision fait apparaître la dose effectivement déposée rapportée à une surface végétale protégée comme un concept central sur lequel des connaissances doivent être acquises, au-delà des informations actuellement disponibles auprès des viticulteurs et des conseillers. En effet, ces connaissances disponibles sont résumées en France par une dose homologuée à l'hectare cadastral, une période dite de rémanence qui est une abstraction des dynamiques d'évolution de la résistance du végétal protégé aux nouvelles infections, et une description des modes d'action des matières actives.

Dans l'attente et en combinaison d'autres évolutions comme la mise en œuvre de variétés résistantes ou de systèmes agronomiques agroécologiques, une évolution systémique et collaborative pourrait résulter d'une application des technologies de l'information et de la communication, dès lors qu'agriculteurs et conseillers pourraient s'approprier les données et informations résultant d'un ensemble d'outils : mesures sur le végétal tout au long de la saison, traçabilité des épandages et prédiction des quantités effectivement déposées sur les surfaces à protéger, évaluation des résultats de protection, aide à la décision en cours de saison intégrant également les questions organisationnelles et de logistique.

Il apparaît particulièrement important pour la qualité des apprentissages effectués de construire des réseaux numériques de sources de données sur les traitements réalisés en production conduisant en fin de saison à des indices de Fréquence de Traitement (IFT) faibles relativement au secteur considéré.

Références bibliographiques

Bastianelli M., de Rudnicki V., Codis S., Ribeyrolles X., Naud O., 2017. Two vegetation indicators from 2D ground Lidar scanner compared for predicting spraying deposits on grapevine. Proceedings (extended abstracts) of the 2017 EFITA WCCA conf, Montpellier, 153-154.

Delière L., Cartolaro P., Léger B., Naud O., 2015. Field evaluation of an expertise-based formal decision system for fungicide management of grapevine downy and powdery mildews. *Pest management science*, 71(9), 1247-1257.

IFV, 2015. Optidose URL <http://www.vignevin-epicure.com/index.php/re/optidose2/optidose> (Accès juin 2018).

Mailly F., Hossard L., Barbier J.-M., M. Thiollet-Scholtus M., Gary C., 2017. Quantifying the impact of crop protection practices on pesticide use in wine-growing systems. *European Journal of Agronomy*, 84, 23-34.

Naud O., Verges A., Hebrard O., Codis S., Douzals J. P., Ruelle B., 2014. Comparative assessment of agro-environmental performance of vineyard sprayers using a physical full scale model of a vineyard row. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering: AgEng 2014 Zürich. The European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng), 2014. Paper C0661.

Pertot I., Caffi T., Rossi V., Mugnai L., Hoffmann C., Grando M. S., Gary C., Lafond D., Duso C., Thiery D., Mazzoni V., G. Anfora G., 2017. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection* 97, 70-84.

Tona E., Calcante A., Oberti R., 2017. The profitability of precision spraying on specialty crops: a technical–economic analysis of protection equipment at increasing technological levels. *Precision Agriculture*, DOI 10.1007/s11119-017-9543-4, 24 p.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL ou DOI).