



HAL
open science

EvaSprayViti: Une vigne artificielle pour l'optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture

Sébastien Codis, Adrien Verges, Bernadette Ruelle, Olivier Hébrard, Jessica Magnier, Patrick Montegano, Xavier Ribeyrolles

► To cite this version:

Sébastien Codis, Adrien Verges, Bernadette Ruelle, Olivier Hébrard, Jessica Magnier, et al..
EvaSprayViti: Une vigne artificielle pour l'optimisation agro-environnementale de la pulvérisation
en viticulture. Innovations Agronomiques, 2015, 46, pp.27-37. 10.15454/1.4622665411296555e12 .
hal-04501422

HAL Id: hal-04501422

<https://hal.inrae.fr/hal-04501422>

Submitted on 12 Mar 2024

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

EvaSprayViti : Une vigne artificielle pour l'optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture

Codis S.¹, Vergès A.¹, Ruelle B.², Hebrard O.², Magnier J.², Montegano P.², Ribeyrolles X.²

¹ IFV Montpellier, 361 rue Jean-François Breton 34196 Montpellier

² IRSTEA/ UMR ITAP, 361 rue Jean-François Breton 34196 Montpellier

Correspondance : sebastien.codis@vignevin.com

Résumé

Le parc de pulvérisateurs existant et la majorité des matériels neufs vendus actuellement sont en décalage avec les enjeux agro-environnementaux et sociétaux (réduction de l'utilisation des intrants phytosanitaires, limitation des risques environnementaux et de l'exposition des opérateurs et des riverains). Le parc se caractérise par une grande diversité à la fois en termes de technologies (pneumatique, jet porté, jet projeté) mais également de configurations de machines (voûte, face par face, aéroconvecteur, ...). En l'absence d'indicateurs chiffrés des performances des matériels, il est difficile pour l'ensemble des acteurs de la filière (constructeurs, conseillers agricoles) d'orienter l'évolution du parc vers des machines plus performantes et de proposer aux professionnels des pratiques de pulvérisation limitant le recours aux intrants phytosanitaires. Or, des solutions technologiques permettant de réduire significativement l'utilisation des produits phytosanitaires et de préserver l'environnement existent. Elles mériteraient d'être promues auprès des professionnels. A cette fin, des méthodes d'évaluation des technologies sont nécessaires. Les travaux conduits dans le cadre du projet ECOSPRAYVITI (IRSTEA, IFV) ont permis entre 2011 et 2013 le développement d'un nouvel outil de caractérisation des performances agronomiques et environnementales des pulvérisateurs. L'outil baptisé EvaSprayViti est une vigne artificielle modulable qui permet une mesure objective et répétable de la qualité de pulvérisation et le test en conditions contrôlées des performances des différents matériels et pratiques de pulvérisation. Ce banc d'essai reproduit 4 rangs de vigne de 10 m de long chacun. Trois configurations différentes du banc, correspondant à trois stades de développement de la vigne (début, milieu et pleine végétation) permettent de tester les pulvérisateurs et les pratiques de pulvérisation selon l'évolution de la végétation. Une vidéo de présentation de l'outil est accessible à partir du lien ci-après : <http://www.youtube.com/watch?v=nAqYak8Em4g>

Mots-clés: vigne, évaluation agroenvironnementale des pulvérisations viticoles, EvaSprayviti, dose de produit phytosanitaire.

Abstract: EvaSprayViti: an agro-environmental test bed for objective assessment of pesticide application performance in viticulture.

The existing sprayer park and the majority of new equipments currently sold are out of step with agri-environmental and societal challenges (reduction of pesticide use, limitation of environmental risks and operators' and residents' exposure). The park is characterized by a great diversity in terms of technologies (pneumatic, air-assisted sprayer, projected sprayer), but also in terms of machine configurations (arch, side by side sprayer, airblast sprayer, ...). Without quantified indicators of sprayer performance, it is difficult for all stakeholders (manufacturers, agricultural advisers) to guide the evolution of the park to more powerful machines and to offer professional spraying practices limiting the use of pesticides. However, technological solutions exist to significantly reduce the use of pesticides and to preserve the environment. They deserve to be promoted. To this end, technology assessment methods are needed. The work conducted under the project ECOSPRAYVITI (IRSTEA, IFV) allowed between 2011 and 2013 the development of a new tool for the characterization of agronomic and environmental performance of sprayers. This test bed called EvaSprayViti is a modular artificial vine that provides an objective and reproducible measurement of the spray quality and enables to test under

controlled conditions the performance of different sprayers and spraying practices. This test bed reproduces 4 vine rows each 10 meters long. Three different configurations of the test bed corresponding to three growth stages of the vine (beginning, middle and full vegetation) enable to test sprayers and spraying practices according to changes in the vegetation structure. A video presentation of the tool is available using this link: <http://www.youtube.com/watch?v=nAqYak8Em4g>

Keywords: viticulture, sprayer test bed, pesticide application performance, EvaSprayviti, pesticide dose rate

Introduction

La protection de la vigne contre les bioagresseurs est indispensable pour une production de vins de qualité. Elle repose aujourd'hui majoritairement sur l'utilisation de produits phytopharmaceutiques (PP). La recherche d'alternatives et la réduction du recours à ces produits sont un axe de recherche prioritaire pour la filière vitivinicole.

En viticulture conventionnelle, mais aussi biologique, l'enjeu est d'assurer une bonne protection de la vigne tout en diminuant les doses appliquées et le nombre de traitements. L'optimisation de la pulvérisation apparaît comme un moyen concret pour répondre à court terme à cette problématique. En effet, la capacité du matériel à localiser le maximum de bouillie pulvérisée sur la cible et de la manière la plus homogène possible est l'un des points clés pour augmenter l'efficacité de la protection et réduire les quantités de PP employées à chaque intervention (Pergher *et al.*, 2008) En ce qui concerne les risques environnementaux, la conception de l'appareil est tout aussi déterminante puisqu'elle conditionne, en association avec les pratiques, les pertes de produits dans les différents compartiments de l'environnement (sol et air).

Le projet ECOSPRAYVITI, conduit par l'IFV et IRSTEA entre 2011 et 2013, a consisté à développer de nouvelles méthodologies pour apprécier les performances agronomiques et environnementales des systèmes de pulvérisation. Il s'agit d'une part à long terme de contribuer à l'amélioration du parc de pulvérisateurs viticoles en service (Codis *et al.*, 2013) et d'autre part à plus court terme de définir les pratiques de pulvérisation qui permettent de limiter le recours aux intrants phytosanitaires tout en maintenant l'efficacité de la protection.

1. Bilan des évaluations des pulvérisateurs conduites au vignoble (2010-2011)

Dans un premier temps (2010 et 2011), des évaluations de différentes technologies de pulvérisation ont été effectuées au vignoble par des essais conduits selon la norme ISO22522:2007. La méthode consiste à pulvériser un traceur sur la vigne après avoir disposé des cibles artificielles au sein de la végétation. Ces cibles servent à collecter le traceur que l'on dose ensuite par unité de surface. Selon les stades végétatifs, le nombre de collecteurs est ajusté entre 100 et 540 par essai de matériel.



Photo 1 : Collecteur positionné dans la vigne

On évalue les performances de la pulvérisation en ramenant la quantité de traceur collectée par unité de surface de collecteur à la quantité de traceur pulvérisée par hectare cadastral. On définit cette grandeur comme la « dose effective », c'est-à-dire la dose effectivement reçue par unité de surface sur les organes à protéger. L'unité habituellement choisie pour l'exprimer est le nanogramme (ng) de

traceur par décimètre carré (dm²) de feuilles, pour 1 gramme (g) de traceur appliqué à l'hectare (ha) : ng/dm² pour 1g/ha.

De nombreux essais de matériels de pulvérisation correspondant à différentes combinaisons entre les technologies de pulvérisation, les configurations du matériel et les réglages, ont été réalisés sur des vignes étroites (espacement 1,2 m entre rangs) et des vignes larges (espacement 2,5 m entre rangs), en début de végétation et en pleine végétation.

Les résultats des essais de pulvérisateurs réalisés au vignoble ont permis de mettre en évidence une très forte variabilité des quantités de produits déposées par unité de surface de feuilles entre modalités, une modalité correspondant à l'utilisation d'un pulvérisateur selon un réglage donné (orientation des diffuseurs, type de buses utilisé, nombre de rangs traités par passage, ...), allant approximativement de 50 à 700 ng par dm² de feuilles pour une même quantité de produit appliqué à l'hectare (ici 1g) en fonction des situations, soit un rapport de 14 entre les valeurs extrêmes de dépôt, toutes modalités confondues.

Ces travaux ont également permis de montrer que l'application d'une même dose à l'hectare entraîne des variations très significatives de doses effectives, pour un même pulvérisateur en fonction de la structure de la végétation cible, notamment entre les stades de début et de pleine végétation (Hebrard, 2012 ; Walklate et al., 2011) L'application des produits phytosanitaires sur la vigne semble donc pouvoir être optimisée en prenant en compte l'architecture de la végétation (stade végétatif, mode de conduite) (Frießleben *et al.*, 2007 ; Koch, 2007 ; Toews, 2012). Cela confirme la pertinence des systèmes d'expression des doses (cas de l'Allemagne ou de la Suisse) où la dose homologuée n'est pas fixe mais évolue selon les stades végétatifs pour tenir compte de l'évolution de la surface à traiter (Codis et al., 2012 ; Cross, 2009 ; Viret *et al.*, 2010). En outre, une forte diversité des performances des appareils de traitements est apparue, avec pour une situation parcellaire donnée, des rapports pouvant être supérieurs à 3 entre les quantités de produits déposées par unité de surface selon les appareils. Ces résultats laissent donc entrevoir des perspectives de réduction significative du recours aux intrants phytosanitaires en adaptant les pratiques et les choix de technologies, tout en conservant l'efficacité des traitements. Ces perspectives restent maintenant à définir et à encadrer. A cette fin, il est rapidement apparu que la réalisation des tests de performance des pulvérisateurs au vignoble présentait un certain nombre de contraintes dont la saisonnalité induite par la croissance de la végétation, la rapidité de croissance de la végétation notamment lors des premiers stades végétatifs et la difficulté pour comparer des résultats conduits sur des parcelles différentes.

2. Le banc EvaSprayViti : une nouvelle structure pour l'évaluation des performances des pulvérisateurs

2.1 Présentation du banc EvaSprayViti

Pour remédier à ces contraintes, l'IFV et IRSTEA ont mis en place un nouvel outil d'évaluation des performances agronomiques et environnementales des techniques de pulvérisation. Il s'agit du banc de vigne artificielle EvaSprayViti qui reproduit 4 rangs de vigne de 10 m de long chacun.

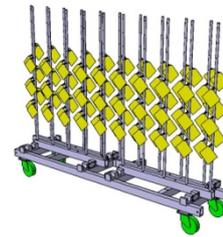
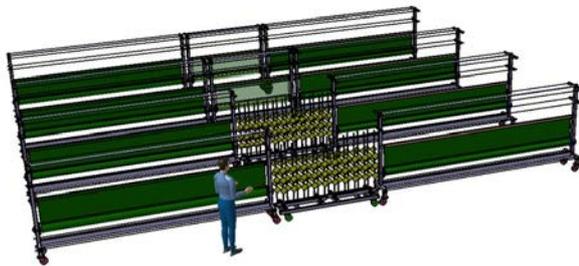
Cette structure est composée de l'association de bancs de collecte et de rangs de bordure. Les rangs de bordure ont pour fonction de simuler l'environnement que rencontrent les flux d'air au cours d'une pulvérisation. Les bancs de collecte, constitués de rameaux et de feuilles, permettent de caractériser précisément la qualité agronomique de la pulvérisation en fournissant des informations sur la quantité de bouillie déposée par unité de surface de feuille pour un gramme de bouillie pulvérisé à l'hectare, ainsi que sur la distribution du dépôt dans la végétation (évaluation de l'homogénéité de répartition du produit et notamment de la pénétration).



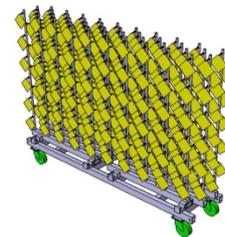
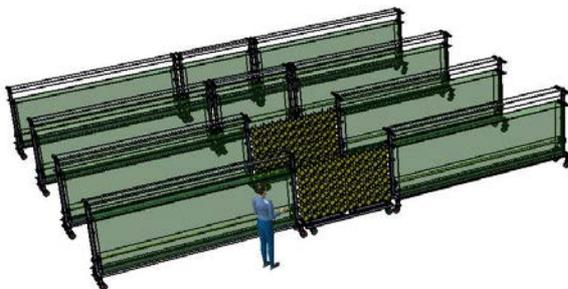
Photo 2 : Test d'un pulvérisateur face par face sur le banc EvaSprayViti



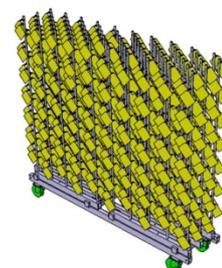
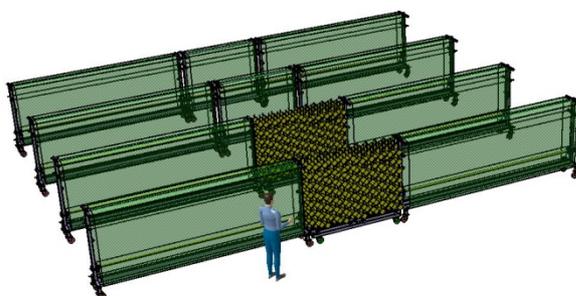
Photo 3 : Une feuille du banc après pulvérisation de traceur



Stade de début de végétation (SFT= 0,24 ha/ha). La végétation est divisée en 4 compartiments sur l'épaisseur



Stade de milieu de végétation (SFT= 0,88 ha/ha). La végétation est divisée en 6 compartiments : 2 sur l'épaisseur et 3 sur la hauteur



Stade de pleine végétation (SFT= 1,68 ha/ha). La végétation est divisée en 9 compartiments : 3 sur l'épaisseur et 3 sur la hauteur

Figure 1 : Les différentes configurations du banc de test

L'espacement entre rangs choisi pour conduire ces évaluations est de 2,5 mètres mais il peut être modifié en fonction de l'écartement pratiqué dans le vignoble concerné. Le banc est modulable (Figure 1) : trois configurations différentes du banc correspondant à trois stades de développement de la vigne (début, milieu et pleine végétation) permettent de tester les pulvérisateurs dans les différentes situations rencontrées sur la saison végétative. Le banc de collecte est décomposé en compartiments suivant l'axe hauteur / épaisseur. Le nombre de compartiments varie de quatre à neuf suivant le stade végétatif.

2.2 Choix d'indicateurs de qualification agro-environnementale des pulvérisateurs

Trois indicateurs complémentaires de performance agronomique et environnementale ont été développés :

1. **La quantité moyenne de produit déposé par unité de surface sur la végétation** pour une même quantité de produit pulvérisé par hectare. Comme précédemment, la dose effective est exprimée en ng/dm² pour un gramme appliqué par hectare ;
2. **Un indicateur d'homogénéité de la répartition des dépôts de produits au sein de la végétation.** C'est un Coefficient de Variation (CV exprimé en pourcentage) calculé sur les dépôts moyens de produit dans les différents compartiments qui composent la canopée (Exemple : pour le stade pleine végétation, le CV est calculé à partir des valeurs de dépôts moyens obtenus dans chacun des 9 compartiments qui composent la canopée).
3. **Le pourcentage de pertes de produit dans l'environnement** (pourcentage du produit appliqué qui n'atteint pas le végétal et ne participe pas à la protection).

3. Les résultats obtenus sur le banc EvaSprayViti

3.1 Présentation des modalités testées

Sur les deux années 2012 et 2013, 6 grandes catégories d'appareils ont été testées (avec de 1 à 2 appareils par catégorie) aux trois stades végétatifs en mettant en œuvre différents réglages comme présenté dans le Tableau 1.

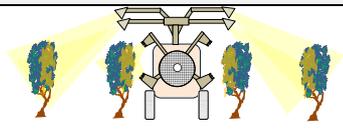
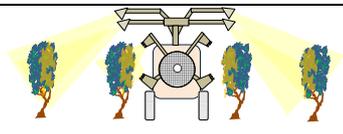
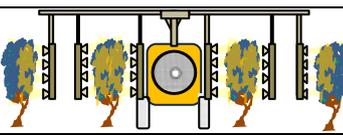
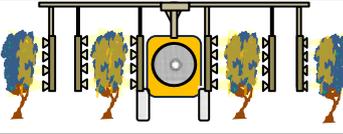
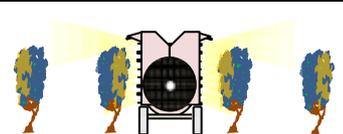
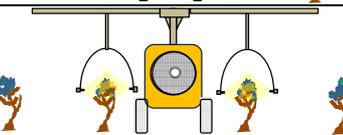
Matériel testé	Schémas	Réglages évalués	Couleur des points sur la Figure 4
Voûte pneumatique utilisée tous les 3 ou 4 rangs			Rouge
Voûte pneumatique utilisée tous les 2 rangs		Influence de la vitesse d'avancement et du volume/hectare	Jaune
Face par face pneumatique			Bleu
Face par face jet porté		Différents types de buses (classiques, injection d'air) distance des diffuseurs par rapport à la végétation	Vert
Aéroconvecteur Tangentiel jet porté		Différents types de buses (classiques, injection d'air)	Jaune
Rampe premiers traitements jet projeté		Différents types de buses (classiques, injection d'air)	Violet

Tableau 1 : Différentes configurations du banc de test correspondant à différents types de matériel de pulvérisation

3.2 Analyse globale des résultats

Entre 2012 et 2013, plus d'une centaine d'essais ont été menés. Les résultats de ces essais ont été consignés dans une base de données unique. La centaine de points qui composent la Figure 2 représentent chacune des mesures de dépôt de pulvérisation moyen de la centaine de modalités testées, selon le stade végétatif.

La Figure 2 permet de constater qu'avec les appareils testés, pour une même quantité de produit appliquée sur un hectare cadastral de vigne, en fonction des pratiques de pulvérisation et du stade végétatif recevant le traitement, les quantités moyennes de produit déposées par unité de surface sur la végétation varient dans un rapport de 1 à 9. Pour chaque stade végétatif, on constate de forts écarts entre les différents appareils testés. Le rapport de dose effective entre les modalités d'application les plus performantes et les moins performantes est d'un facteur 5 en début de végétation, 3 en milieu de végétation et 2 en pleine végétation. Il apparaît donc que, dans la pratique, des marges de sécurité en termes de qualité de protection existent et pourraient être exploitées pour accompagner les utilisateurs de produits phytosanitaires dans leur démarche d'optimisation des doses appliquées. Il reste à identifier les paramètres qui déterminent ces marges de sécurité pour être en mesure de les prédire et offrir aux viticulteurs des outils de gestion du risque selon leur situation.

Cette figure met en évidence que le rendement de l'opération de pulvérisation offert par les pulvérisateurs testés et les diverses façons de les utiliser, dépend du stade végétatif simulé. Au fil de la saison, plus la végétation pousse, plus la part de la bouillie pulvérisée interceptée par la végétation

augmente : les gouttelettes de pulvérisation sont d'autant mieux captées par le filtre végétal que ce filtre est large et épais.

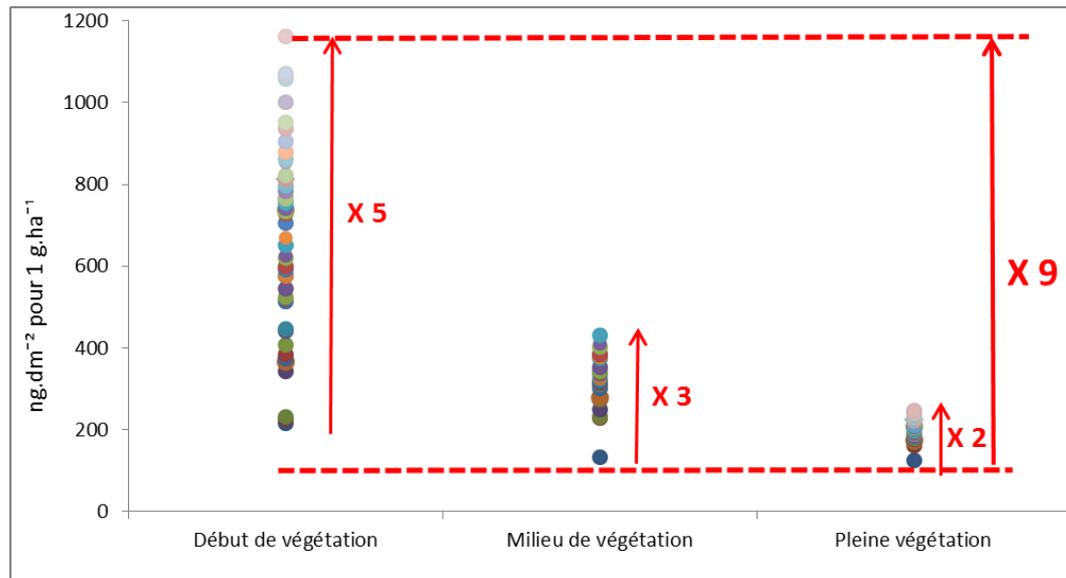


Figure 2 : Moyennes des dépôts par unité de surface pour les différentes modalités de pulvérisation testées en 2012 et 2013, classées selon le stade végétatif.

Le début de végétation est le stade le mieux protégé en termes de dépôts malgré des pertes dans l'environnement très importantes (Figure 3). Du fait de la moindre quantité de végétation à couvrir, les doses effectives sont les plus élevées à ce stade ce qui laisse entrevoir, à condition de bien les évaluer, de plus fortes marges de manœuvre pour réduire les doses appliquées (et donc également les pertes).

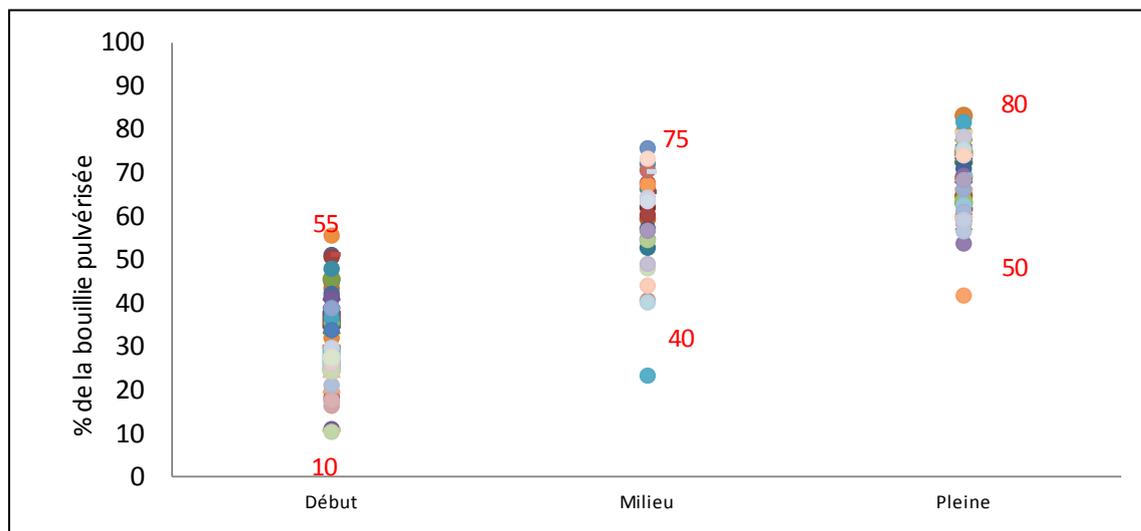


Figure 3 : Mesure du pourcentage de bouillie se déposant sur les feuilles (rendement de l'opération de pulvérisation) en fonction des stades végétatifs pour les différentes modalités de pulvérisation testées en 2013.

3.3 Cartographie selon deux axes des premiers résultats de mesure : vers une classification multicritère des performances des pulvérisateurs

Quel que soit le stade végétatif considéré, la qualité agronomique de la pulvérisation ne peut être caractérisée par un seul indicateur : le niveau de dose effective et l'hétérogénéité des dépôts dans le couvert végétal doivent simultanément être pris en compte. A partir d'«essais référence» menés avec des machines réglées à l'optimum à dire d'experts, une cartographie des résultats obtenus selon deux critères est proposée (Figure 4).

L'ensemble des résultats des «essais référence» sont représentés de manière synthétique sur les 3 graphiques suivants correspondant à chacun des 3 stades végétatifs. Ces graphiques s'organisent selon deux axes : le dépôt de pulvérisation moyen mesuré sur la végétation (ng/dm² pour 1g/ha) (axe horizontal) et sa variabilité au travers du coefficient de variation des dépôts moyens mesurés au sein des différents compartiments de la végétation (axe vertical). Chaque point du graphique représente la qualité de la pulvérisation obtenue pour une machine donnée à un stade végétatif simulé donné. Plus ce point est « haut », plus la pulvérisation est homogène et plus ce point est situé « à droite », plus la quantité moyenne déposée est forte. Une couleur définissant l'appareil selon le code couleur proposé dans le Tableau 1 a été attribuée aux points de mesure. Pour les pulvérisateurs à jet porté et projeté, les résultats des modalités utilisant des buses classiques (à fente ou à turbulence) sont représentés avec un carré alors que les résultats des buses à injection d'air sont figurés avec des ronds. Les symboles associés aux machines pneumatiques sont en forme de triangle.

Cette représentation permet de dresser plusieurs constats :

- Les nuages de points obtenus pour les trois stades végétatifs sont séparés montrant l'influence majeure du stade végétatif simulé et donc de l'architecture du végétal sur le dépôt de pulvérisation moyen ;
- Pour les trois stades végétatifs, la dispersion observée au sein de chacun des nuages de points correspondant à chaque matériel est importante ce qui montre la capacité des indicateurs à discriminer les qualités de pulvérisation offertes par les différentes technologies ;
- Les « pratiques » actuelles (voûtes et aéroconvecteurs) peuvent largement être optimisées via des réglages adaptés (passage tous les deux rangs) ou l'utilisation de matériels plus performants.

En conclusion

Les premiers résultats obtenus sur le banc d'essai EvaSprayViti ont permis de révéler de larges écarts en termes de qualité de pulvérisation dans divers contextes prenant en compte le développement végétatif, la machine utilisée et ses réglages. Ces écarts mettent en évidence l'existence de deux leviers d'amélioration de la qualité de la pulvérisation :

- Les écarts en termes de performances observées pour les différents matériels du parc montrent qu'il est possible à plus ou moins long terme d'obtenir une amélioration globale de la qualité de la pulvérisation en viticulture par un renouvellement orienté du parc actuel de pulvérisateurs. En effet, le type de matériel le plus couramment employé (90 % du parc en vigne large) n'est pas le plus performant en termes de qualité de pulvérisation et ce, quel que soit le stade végétatif ;
- De forts écarts en termes de qualité de pulvérisation ont également pu être mesurés pour différents réglages ou modes d'utilisation d'une même machine. Ce constat a montré en particulier qu'en termes de réglages des machines, les pratiques les plus courantes peuvent être améliorées, ce qui constitue un second levier d'amélioration de la qualité de la pulvérisation en viticulture mobilisable à court terme.

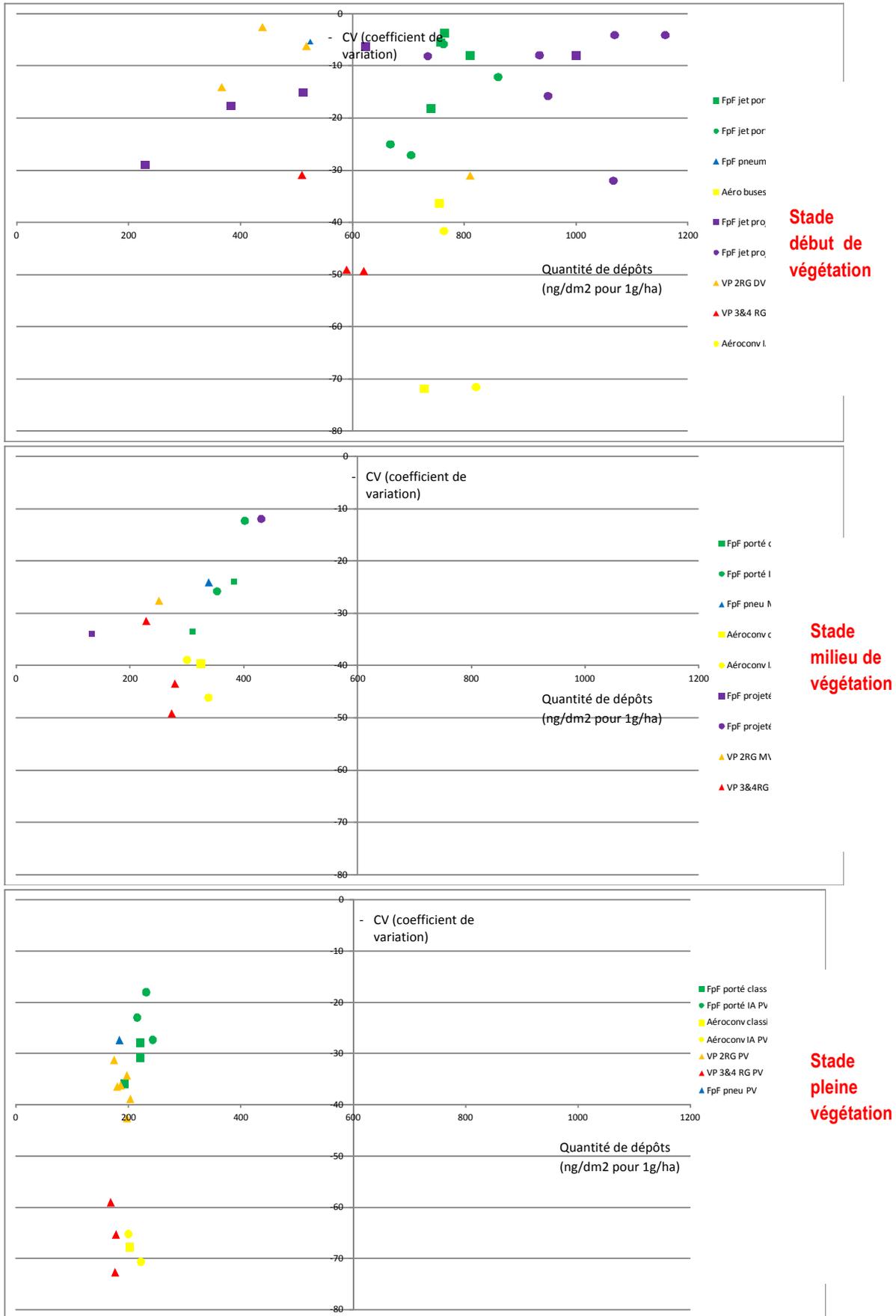


Figure 4 : Cartographie selon deux axes représentant le niveau de dépôt moyen et son hétérogénéité des mesures de qualité de pulvérisation « de référence » effectuées aux trois stades végétatifs sur EvaSprayViti.

Après avoir identifié l'existence de ces deux leviers, il s'agit maintenant de poursuivre les évaluations des performances en termes de qualité de la pulvérisation des différents matériels pour orienter les choix des viticulteurs lors de l'investissement dans un nouveau pulvérisateur. La dépendance moyenne à forte des performances en termes de qualité de pulvérisation d'une machine donnée aux réglages et aux modes d'utilisation complexifie ce travail d'évaluation. En effet, la qualité de pulvérisation offerte par une machine donnée ne peut être caractérisée par son évaluation en un seul point de fonctionnement de l'appareil. Pour obtenir une vue précise et globale des performances offertes par une machine, plusieurs essais plaçant cette machine dans les différents contextes probables d'utilisation sont nécessaires (stades végétatifs de la végétation cible mais aussi réglages et modes d'utilisation). Notons par ailleurs que le choix du matériel et les pratiques des exploitants résultent de la recherche de compromis entre la qualité de la protection, son coût et le besoin de réactivité face à l'urgence de mise en œuvre des traitements. Pour être traitée dans sa globalité, la question de l'amélioration de la pulvérisation doit être accompagnée d'étude technico-économique intégrant notamment les coûts et les débits de chantier inhérents aux différentes techniques de pulvérisation, étant entendu qu'une technique est un couple entre une machine et son mode d'utilisation.

Par ailleurs, à ce stade des travaux menés sur EvaSprayViti, les mesures de qualité de la pulvérisation ont été menées sur un seul voire deux appareils appartenant à chacune des typologies de pulvérisateurs. Puisque les performances d'une typologie de matériel ne sauraient être résumées à celles d'un seul de leurs représentants, il est indispensable de poursuivre cette étude de manière à étoffer la base de données existante avec des mesures de qualité de la pulvérisation obtenues sur d'autres machines appartenant aux différentes typologies.

Enfin, ces travaux montrent que la quantité déposée sur les feuilles est dépendante des caractéristiques physiques de la végétation liées au mode de conduite de la vigne et à son développement végétatif. En début de végétation, les quantités déposées sur les feuilles (« dose effective ») sont toujours plus importantes qu'en pleine végétation. Ceci laisse entrevoir des possibilités de réduction de doses importantes en particulier en début de végétation. En France, la dose est homologuée par hectare cadastral et constante pendant toute la période végétative. Ne faudrait-il pas raisonner les doses en fonction du développement végétatif comme c'est pratiqué en Allemagne ou en Suisse ?

Remerciements

Les travaux présentés dans cet article ont été réalisés dans le cadre du projet ECOSPRAYVITI (financement Ecophyto - Axe 3 Recherche) et de l'Unité Mixte Technologique (UMT) EcoTechViti associant l'IFV de Bordeaux et de Montpellier, IRSTEA et Montpellier SupAgro/IHEV. Ces travaux ont été également conduits en étroite collaboration avec les conseillers en agro-équipement de Languedoc-Roussillon. Nous remercions Christophe Auvergne (CA34), Renaud Cavalier (CA30) et Julien Thiery (CA66). Nous tenons également à remercier le responsable du Domaine Mas Piquet du lycée Viticole de Montpellier et les équipementiers (New Holland, Dhugues, Tecnomat, Calvet, Berthoud) pour la mise à disposition de matériels.

Cette étude a été réalisée avec l'appui financier de l'ONEMA, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Écophyto et de FranceAgriMer au travers du dispositif de Contrats de Projets Etat Région Languedoc-Roussillon.

Références bibliographiques :

Codis S., Bonicel JF., Diouloufet G., Douzals JP., Hebrard O., Montegano P., Ruelle B., Ribeyrolles X., Vergès A., 2013. EvaSprayViti: a new tool for sprayer's agro-environmental performance assessment. Colloque Suprofruit ; 12th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing (SuproFruit 2013 Valencia)

Codis S., Douzals JP., Davy A., Chapuis G., Debuissou S., 2012. Doses de produits phytos autorisées sur vigne en Europe, vont-elles s'harmoniser ? Comparer la France et quatre autres pays européens permet de proposer des pistes pour harmoniser l'expression des doses. *Phytoma*, n°656, août-septembre 2012.

Cross J., 2009. Outline Report of the 1st Meeting of the Tree Fruits Dose Expression and Adjustment. Discussion Group, Wageningen (NL), 09-15.

Hébrard O., 2012. Optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture : états des lieux et perspectives. AFPP - CIETAP - Conférence sur les Techniques d'Application de Produits de Protection des Plantes, Lyon, 15-16 mars 2012.

Frießleben R., Roßlenbroich H.J., Elbert A., 2007, Dose expression in plant protection product field testing in high crops: need for harmonization. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 60/2007, 1.

Koch H., 2007. How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. *Pflanzenschutz-Nachrichten*, Bayer 60/2007, 1.

Pergher, G., Petris, R., 2008. Pesticide Dose Adjustment in Vineyard Spraying and Potential for Dose Reduction. *Agricultural Engineering International: the CIGR E journal*. Manuscript ALNARP 08 011. Vol. X. May, 2008.

Toews R., Friessleben R., 2012. Dose rate expression - Need for an harmonization and consequences of the leaf wall area approach. *Erwerbs- Obstbau* 54 : 49-53; © Springer-Verlag 2012.

Viret, O., Dubuis P.-H., 2010. Dosage des fongicides adapté à la surface foliaire en viticulture : efficacité de la lutte. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 42 (4), 226-233

Walklate P.J., Cross J.V., Pergher G., 2011. Support system for efficient dosage of orchard and vineyard spraying products. *Comput. Electron. Agric.*, 75, 355–362.

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)