

# TECHNO- DOSEVITI

Modélisation expérimentale pour la prédiction des dépôts de produits phytopharmaceutiques au sein du couvert végétal en viticulture. Application à l'expression des doses et à la viticulture de précision.

> Projet de recherche & développement

## RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

**Sébastien Codis**

IFV

sebastien.codis@vignevin.com

## FINANCEMENTS

**Coût total du projet : 461 433 €**

**Montant de la subvention OFB : 200 000 €**

[Appel à projets CASDAR Recherche technologique 2017](#)

## PARTENAIRES

- ◇ IFV, Institut Français de la Vigne et du Vin, UMT Ecotech, Montpellier, France.
- ◇ ITAP, INRAE, Montpellier SupAgro, Univ Montpellier, UMT Ecotech, Montpellier, France

**En bref** Le projet Casdar RT TechnoDoseViti (2018-2021) a permis une avancée significative dans le domaine de la pulvérisation de précision en proposant une approche novatrice pour prédire les dépôts de produits phytosanitaires au sein du couvert végétal. À l'aide de données expérimentales acquises dans des contextes agronomiques divers, des modèles multivariés ont été développés, calibrés et validés pour prédire les quantités de dépôts de produit pulvérisé au sein de la végétation en fonction de ses caractéristiques mesurées par un capteur LiDAR 2D. Ces modèles ont été adaptés à différents types de pulvérisateurs et de contextes viticoles. Ils ont permis d'évaluer l'impact des techniques de précision sur la réduction des intrants phytopharmaceutiques. Un démonstrateur web a été créé pour visualiser les résultats : <https://technodoseviti.hdigitag.fr/>

Modélisation

Dépôts phytosanitaires

Doses

Couvert végétal

Viticulture

Précision



La demande sociétale en faveur de la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (PPP) a été traduite ces dernières années par un ensemble de textes réglementaires au niveau national et européen qui définissent des objectifs très ambitieux pour le secteur agricole (directive SUD (2009/128/CE) en cours de révision, plans Ecophyto successifs au niveau national ...). Ces textes fixent des objectifs de réduction de 50 % des usages à l'échelle d'une décennie et conduisent à reconsidérer l'ensemble des processus de protection des cultures.

Parmi les questions posées, figure le mode d'expression des doses homologuées des produits phytosanitaires en cultures 3D. Aujourd'hui, en cultures pérennes, les doses sont exprimées sous la forme d'une quantité fixe (en Kg/ha ou L/ha) et indépendante des conditions d'application (quantité de végétation à traiter, mode de conduite, etc.). Pourtant, entre les premiers traitements et le stade de pleine végétation, la surface foliaire totale à traiter sur une même parcelle de vigne peut varier de 1 à plus de 10. En parallèle, à un même stade végétatif, en fonction des cépages, des modes de conduite et de la vigueur des parcelles, la surface à traiter peut varier dans un rapport de 1 à plus de 3. Ainsi, dans la pratique, l'application de la dose homologuée conduit à des quantités de produits déposés par unité de surface sur le végé-

tal très variables. Cette variabilité est d'autant plus grande quand on considère la diversité de performance des matériels de pulvérisation utilisés au vignoble pour appliquer les produits.

Le projet CASDAR RT TechnoDoseViti contribue aux objectifs de réduction de l'utilisation des PPP en viticulture en s'intéressant à **l'adaptation des doses selon les caractéristiques de la végétation à protéger et les performances des pulvérisateurs**. Porté par l'UMT Ecotech (IFV-INRAE-CTIFL) et la Chambre d'Agriculture de l'Hérault (CA34), le projet TechnoDoseViti portait l'ambition de développer un cadre d'analyse des marges de réduction d'intrants liées à la fois à l'évolution de l'expression des doses et à l'amélioration des techniques d'application. ➤



Le projet a été conduit en adressant les questions opérationnelles suivantes :

1. Comment adapter la dose de PPP au développement et à l'architecture du végétal ?
2. À quelle échelle spatiale est-il pertinent d'ajuster les doses (exploitation, adaptation inter-parcellaire, intra-parcellaire) et selon quels prérequis technologiques ?
3. Quelles pourraient être les économies d'intrants phytosanitaires liées à l'évolution du mode d'expression des doses et à l'utilisation de pulvérisateurs performants ?
4. Que peut-on attendre de la pulvérisation de précision ? Les travaux conduits dans le cadre du projet Casdar RT TechnoDoseViti (2018-2021) ont permis d'identifier les descripteurs de la végétation nécessaires à prendre en compte pour prédire la distribution statistique des dépôts de produits phytopharmaceutiques pulvérisés au sein du couvert végétal (Cheraïet et al., 2021). Ce travail de modélisation expérimentale (Codis et al., 2018) a permis de

construire, calibrer et valider des modèles multivariés permettant de prédire les différents déciles de quantité de dépôts surfaciques dans le couvert végétal en fonction de descripteurs de la végétation (hauteur, épaisseur et porosité du couvert végétal) mesurés à l'aide de capteurs LiDAR 2D mobiles permettant une reconstitution 3D de la végétation (Cheraïet et al., 2019 & 2020).

Des modèles ont été développés et calés pour différents types de pulvérisateurs et différents contextes viticoles (vignes larges et vignes étroites). Les données ont été mobilisées pour comparer différents scénarios technologiques consistant en différentes stratégies de mécanisation des viticulteurs et différents niveaux de technologie des appareils afin d'évaluer quelle pourrait être la contribution des techniques d'application de précision en termes de réduction des intrants phytosanitaires. ►





**Dans le cadre du projet, un démonstrateur web a été réalisé :** <https://tech-nodoseviti.hdigitag.fr/> .

Muni d'une interface graphique et cartographique, ce démonstrateur web permet de comparer 3 scénarios technologiques :

- ◆ utilisation d'une voûte pneumatique tous les 4 rangs,
- ◆ utilisation d'un appareil jet porté de configuration face par face
- ◆ utilisation de panneaux récupérateurs.

L'interface de visualisation cartographique per-

Un autre résultat important est le **développement d'abaques d'adaptation des doses simples** à utiliser par les professionnels, qui pourraient à terme apparaître sur les étiquettes des produits phytosanitaires. Ces abaques pourraient **permettre aux agriculteurs d'ajuster les doses en fonction de la performance de leur pulvérisateur et de paramètres observables sur le terrain**, tels que la hauteur et l'épaisseur de la végétation. Cette approche novatrice offre une alternative aux doses fixes par hectare, permet-

tant une meilleure adaptation des doses aux conditions spécifiques de chaque parcelle.

Pour ce qui concerne les limites de la démarche mise en œuvre, il est important de noter que les données recueillies durant ces 3 ans de projet reposent sur des hypothèses spécifiques concernant le contexte viticole (conditions de pulvérisation et caractéristiques de la végétation), ce qui limite leur généralité.

En résumé, les résultats du projet TECHNODOSEVITI représentent une avancée significative dans le domaine de la réduction des intrants phytosanitaires en agriculture, en proposant des approches novatrices et efficaces pour une gestion plus précise des traitements. Cependant, il est important de reconnaître les limites

méthodologiques de ces résultats, qui nécessitent des validations supplémentaires et une adaptation aux spécificités locales pour assurer leur généralité à d'autres territoires et types de cultures. ➤

met de comparer deux situations : par exemple, l'application de deux scénarios différents pour une même parcelle à une date donnée, l'application d'un même scénario pour deux parcelles différentes, ou l'application d'un même scénario à deux stades différents d'une même parcelle.





## Du côté du transfert

Les résultats obtenus dans le cadre du projet TECHNODOSEVITI offrent des perspectives prometteuses de transfert à la profession agricole et aux parties prenantes du secteur. Les modèles de prédiction des dépôts de produits phytosanitaires pourraient être intégrés dans des outils d'aide à la décision destinés aux agriculteurs, facilitant ainsi l'ajustement précis des doses en fonction des caractéristiques des parcelles traitées et de la performance des pulvérisateurs employés.

De plus, des abaques d'adaptation des doses du même type que développés dans le projet pourraient être utilisés sur les étiquettes des produits, fournissant des références aux utilisateurs pour une utilisation plus précise des produits. Ces résultats, bien que spécifiques à la viticulture, présentent des principes génériques transférables à d'autres cultures, favorisant ainsi une approche plus précise et durable de la protection des cultures.

## Du côté de la recherche

Les avancées du projet CASDAR RT TechnodoseViti en recherche sont significatives. En développant des modèles de prédiction des dépôts de produits phytosanitaires au sein du couvert végétal, le projet ouvre de nouvelles perspectives pour la recherche en agronomie. Ces modèles permettent d'explorer plus profondément la relation entre la dose de produit appliquée et son efficacité, ainsi que l'impact de la structure de la végétation sur la distribution des dépôts. Les résultats obtenus offrent des bases solides pour de futurs projets de recherche visant à affiner ces modèles, à explorer d'autres cultures et à développer des technologies de pulvérisation encore plus précises. En outre, ces avancées encouragent la collaboration interdisciplinaire entre les sciences agronomiques, l'ingénierie et la modélisation statistique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour l'innovation dans le domaine de l'agriculture de précision.

## Livrables, valorisation et transfert

### LIVRABLES

- ◆ Modèles de prédiction des dépôts de produits phytosanitaires dans le couvert végétal.
- ◆ Abaques d'adaptation des doses en fonction

du développement de la végétation.

- ◆ Base de données des références expérimentales acquises.
- ◆ Méthodes de caractérisation de la structure du couvert végétal.
- ◆ Méthodes de caractérisation de la distribution statistique des dépôts de pulvérisation.

### CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, AVEC ET SANS ACTES

- ◆ SUPROFUIT 2017 : colloque bisannuel de ►



référence au niveau européen sur les avancées scientifiques et techniques sur les techniques d'application

Codis, S., Carra, M., Delpuech, X., Montegano, P., Ruelle, B., Savajols, B., & Ribeyrolles, X. (2017). Towards a new model of dose expression in viticulture: Presentation of an experimental approach based on deposition measurement to test the relevance of different scenarios. *SuproFruit* 2017.

◇ Workshop européen sur l'expression des doses en cultures pérennes 2018

Carra, M., Codis S., Lienard A., Naud O. (2018) Experimental modelling of spraying deposit according to vine canopy architecture to design scenarios for dose expression and adjustment. AAB-Dose Expression Workshop on 6-7 November 2018 at the Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

Codis S., Douzals J-P, Verges A., Carra M., Ribeyrolles R., Bonicel JF, Lienard A. Delpuech A. (2018) Importance of sprayer performance for dose adjustment and plant protection security: The tools allowing to classify sprayers according to safety margins for dose adjustment AAB-Dose Expression Workshop on 6-7 November 2018 at the Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

Mironet V., Codis S., Carra M., Verpont F. (2018). First steps from a French methodological working group to facilitate LWA dose expression implementation in France. *Aspects of Applied Biology*. AAB-Dose Expression Workshop on 6-7 November 2018 at the Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

◇ Colloque de la CIETAP (Commission interprofessionnelle d'étude des techniques d'application de produits phytosanitaires) 2018

Codis S., Ruelle B., Carra M., Montegano P., Ribeyrolles X., Naud O., Douzals JP., Delpuech X., Verges A. (2018) Le mode d'expression des doses en viticulture, un facteur clé pour une

optimisation des quantités de produits phytosanitaires appliqués - AFPP - colloque sur les techniques d'application de produits de protection des plantes - Lyon - 13 et 14 mars 2018

◇ Colloque "International Advances in Pesticide Application" 2018 colloque bisannuel de référence au niveau mondial sur les avancées scientifiques et techniques sur les techniques d'application

Bastianelli, M., de Rudnicki, V., Codis, S., Naud, O., (2018). Assessing models from Lidar based vegetation indicators for predicting spraying deposit amounts in a set of vine estates in France, in *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology* 137:375-384, Brighton, UK, Jan 9-11.

◇ Conférence européenne sur l'agriculture de précision 2019

Cheraïet, A., Carra, M., Lienard, A., Codis, S., Vergès, A., Delpuech, X., Naud, O. (2019). Investigation on LiDAR based indicators for predicting agrochemical deposition within a vine field. *The 12th European Conference on Precision Agriculture*, 8-11 juillet 2019, Montpellier, France.

◇ Colloque GFP (Groupe Français de Recherche sur les Pesticides) 2019

Cheraïet, A., Delpuech, X., Carra, M., Andres, J., Lienard, A., Codis, S., Vergès, A., Naud, O. (2019). Evaluer au vignoble des capteurs et des solutions numériques innovantes pour diminuer et gérer les intrants phytosanitaires. *49ème congrès du Groupe Français de Recherche sur les Pesticides*, 21-24 mai 2019, Montpellier, France.

◇ Développement de modèles multivariés de prédiction de la distribution statistique des dépôts en fonction des données LiDAR dans le contexte des vignes étroites. Cet article valorise les données acquises dans e cadre du projet ►



PULVETROIT. Cet article a été soumis à la conférence internationale d'horticulture (IHC 2022) (abstract accepté).

A. Cheraïet, O. Naud, S. Codis, P. Petitot, F. Bidaud, M. Liebart, J. Taylor. Testing the suitability of a terrestrial 2D LiDAR scanner for 3D canopy characterization of narrow vineyards to optimize the spraying process of pesticides.

#### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

◆ Cheraïet A., Naud O., Carra M., Codis S., Lebeau F., Taylor J., 2020. An algorithm to automate the filtering and classifying of 2D LiDAR data for site-specific estimations of canopy height and width in vineyards. *Biosystems Engineering* 200: 450-465.

◆ Cheraïet A., Naud O., Carra M., Codis S., Lebeau F., Taylor J., 2021. Predicting the site-specific distribution of agrochemical spray deposition in vineyards at multiple phenological stages using 2D LiDAR-based primary canopy attributes. *Computers and Electronics in Agriculture* 189 (2021) 106402

◆ Cheraïet A., Naud O., Carra M., Codis S., Taylor T., 2022B. Evaluation of the distribution of intercepted spray deposits within a vine canopy from measurements on artificial targets and real leaves. *Oeno One* by IVES (International Viticulture and Oenology Society) DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.4.5414>

◆ Codis S., Carra M., Delpuech X., Montegano P., Nicod H., Ruelle B., Ribeyrolles X., Savajols B., Vergès A., Naud O., 2018. Dataset of spray deposit distribution in vine canopy for two contrasted performance sprayers during a vegetative cycle associated with crop indicators LWA and TRV. *Data in Brief* 18 2018 415-421.

◆ Codis S., Carra M., Vergès A., Delpuech X., de Rudnicki V., Naud O., 2019. Optimisation agro-environnementale de la pulvérisation sur vigne en fonction de l'architecture de la végétation et du matériel d'application utilisé (Ar-

chiTechDoseViti), *Innovations Agronomiques*, INRA, 71 (2019), pp.151-

◆ Codis S., Cheraïet A., Delpuech X., Carra M., Ribeyrolles X., Trinquier E., Vergès A., Naud O., 2023 *TechnodoseViti : Modélisation expérimentale pour la prédiction des dépôts de produits phytosanitaires au sein du couvert végétal en viticulture. Application à l'expression des doses et à la viticulture de précision.* *Innovations Agronomiques* 88 (2023), 28-43

#### AUTRES VALORISATIONS

◆ Mémoire de thèse de Anice Cheraïet (janvier 2018-décembre 2020):

Cheraïet A., 2020A. Modélisation expérimentale et statistique des relations entre caractéristiques morphologiques de la vigne et dépôts de pulvérisation : application à l'agriculture de précision. Mémoire de thèse présenté par Anice Cheraïet le 18 décembre 2020, Institut Agro Montpellier

◆ **Méthodologies produites** : Les membres du projet (Sébastien Codis, IFV), Mathilde Carra (INRAE) ainsi que Florence Verpont (CTIFL et co-animatrice de l'UMT ECOTECH) ont été rapporteurs du nouveau document technique (DT28, 2021) de la CEB relatif aux « *Recommandations pour l'utilisation de l'unité de dose LWA en cultures hautes (Leaf Wall Area : surface de haie foliaire)* ». Ce document élaboré dans un cadre interprofessionnel a pour objectif de guider les firmes phytosanitaires dans la mise en œuvre de la nouvelle expression des doses décidée au niveau européen pour être le support des essais et mise en place des essais d'efficacité des produits dans le cadre de leur homologation. ■