

# UMT EcoTech

## Compte-rendu d'activité 2024 et prévisionnel 2025-2027

L'année 2024 a été la seconde année du troisième cycle de l'UMT EcoTech (période 2023-2027) dont le projet est intitulé : « Accélérer la transition agroécologique des cultures pérennes et légumières par la conception et l'évaluation d'équipements, de systèmes technologiques et de procédés de protection des plantes ». Le compte-rendu 2024 est articulé autour des principaux faits marquants sur la période de janvier 2024 à février 2025.

Rédaction : février 2025

### Rappel sur le 3ème cycle de l'UMT EcoTech

Le partenariat mis en place entre l'INRAE, le CTIFL et l'IFV a pour objectif d'accélérer la transition agroécologique des filières viticole, arboricole et légumière. Le nouveau projet 2023-2027 de l'UMT EcoTech est structuré en 3 axes :

- Conception de nouvelles méthodes et de nouveaux usages de protection des cultures par l'élaboration et l'intégration de systèmes technologiques nouveaux.
- Evaluation par l'expérimentation et la simulation de technologies matures ou en cours de développement et la caractérisation de leur contribution à la transition agroécologique,
- Développement de nouvelles méthodes d'évaluation biologique au champ des procédés de protection des cultures grâce à des techniques d'application de précision.

Afin de déployer ses capacités de recherche et d'intervention, et de bénéficier des infrastructures des instituts partenaires, l'UMT EcoTech est organisée en un site principal à Montpellier dédié à la vigne (site INRAE de Montpellier Lavalette) et un second site près de Bergerac spécialité en arboriculture (unité CTIFL de Lanxade). La gouvernance et le management sont organisés de façon collaborative entre les trois instituts. Par ailleurs, le renforcement des collaborations avec le secteur industriel, notamment en conception de systèmes technologiques, est un marqueur fort de ce 3ème cycle.



### Positionnement national et européen de l'équipe

#### Faits marquants 2024

Florence Verpont et Sébastien Codis, co-animateurs de l'UMT pour les deux instituts techniques partenaires assurent la co-présidence de la commission CIETAP (Commission interprofessionnelle d'étude des techniques d'application de produits phytosanitaires) de l'association Vegephyl (<https://www.vegephyl.fr/>). Cette commission est composée d'une trentaine de membres représentatifs des différentes parties prenantes (développement agricole, recherche, représentants du ministère de l'agriculture, industrie phytopharmaceutique dont PHYTEIS, agro-équipementiers dont AXEMA, ...).

En lien avec les nouvelles orientations de l'UMT, deux nouveaux groupes de travail ont été créés en 2024. Le premier concerne la pulvérisation de précision avec pour principal objectif d'assurer une veille technique sur les innovations proposées aux agriculteurs. Il inclut également une réflexion collective sur la mise en place de nouvelles méthodes d'évaluation de ces technologies émergentes. Le second groupe de travail concerne l'application des solutions de biocontrôle avec pour objectif d'assurer une veille active sur les modes d'application à mettre en œuvre en lien avec les spécificités des produits. Il s'agit aussi d'identifier les nouvelles questions de recherche posées par l'apparition de ces produits dont l'efficacité est souvent partielle et irrégulière sur le terrain.

Toujours dans le cadre de la commission CIETAP, l'UMT a coordonné en 2023 la rédaction d'un [document de position](#) (publication : janvier 2024) sur les réglementations encadrant l'application des produits phytopharmaceutiques à proximité des zones sensibles. L'objectif de ce document est d'alerter les pouvoirs publics sur les répercussions des textes réglementaires encadrant la dérive de pulvérisation. La note souligne l'absence d'incitations réglementaires pour encourager les agriculteurs à l'utilisation de matériels performants et pointe des incohérences dans la gestion des risques. Elle appelle à une révision réglementaire prenant en compte le niveau de performance des matériels de pulvérisation, afin de promouvoir des pratiques agricoles durables.

#### Perspectives 2025

Sur proposition de l'AXEMA, la CIETAP a décidé d'inclure dans la feuille de route 2025 un travail de coordination visant à définir une liste d'agro-équipements prioritaires établie sur des critères objectivés par rapport à leur efficacité pour la réduction des intrants phytosanitaires et de leurs impacts. Cette liste qui pourra être mobilisée par le ministère pour la priorisation des aides aux investissements sera le résultat d'un consensus entre les différentes parties prenantes et pourra être régulièrement actualisée. Un travail préliminaire inter-instituts techniques (IFV-CTIFL), INRAE et Chambres d'Agriculture pour les filières arboricoles et viticoles avait déjà été engagé en fin d'année 2023 dans ce sens et sera poursuivi dans le cadre de la CIETAP.

L'UMT EcoTech et Végéphyl organisent les 12 et 13 mars 2025 sur le site INRAE de Montpellier Lavalette 2 journées de conférence sur les techniques d'application des produits de protection des plantes qui seront l'occasion de rassembler l'ensemble des parties prenantes intéressées par le sujet (représentants des ministères, chercheurs, instituts techniques, agro-équipementiers, firmes phytosanitaires, agents du développement, ...). Près de 150 personnes sont attendues à la conférence CIETAP 2025 qui combinera exposés en salle et démonstrations d'innovations technologiques sur le terrain. L'UMT assurera un rôle majeur en assurant 10 des 35 présentations orales de la conférence.

[Voir le programme](#)



L'UMT sera également présente à la 15ème conférence européenne [ECPA](#) sur l'agriculture de précision qui se déroulera sur Barcelone au mois de juillet 2025 avec trois communications orales (Bellone et al., 2025 ; Codis et al., 2025a ; Douzals et al., 2025).

L'UMT travaille également en relation avec l'université de Turin (laboratoire de génie rural [DISAFA](#)) dans l'objectif de développer de nouvelles méthodes permettant d'établir des bilans de masse de la pulvérisation.

Sur la base de résultats d'expérimentations menées en commun en 2023, un travail de valorisation sera entrepris en 2025 sous la forme de la rédaction d'une *concept note* commune. Cette *concept note* vise à décrire les différentes méthodes existantes pour l'évaluation des performances agro-environnementales des pulvérisateurs. Elle présente les indicateurs qui en sont issus et analyse ces indicateurs selon différentes échelles spatiales et objectifs (depuis l'évaluation des risques à l'échelle du paysage jusqu'à l'étude de l'efficacité des produits à l'échelle de l'organe traité). Ce travail est coordonné par Jean-Paul Douzals de l'INRAE.

## ÉVALUATION DES TECHNIQUES D'APPLICATION

### Qualité de pulvérisation

#### Faits marquants 2024

L'équipe continue à consolider les dispositifs d'évaluation des performances des techniques d'application. Pour la vigne, l'UMT déploie depuis 2021 le dispositif PERFORMANCE PULVÉ® ([www.performancepulve.fr](http://www.performancepulve.fr)) qui est un dispositif de qualification des pulvérisateurs selon leur performance de qualité de pulvérisation et de potentiel de réduction des intrants phytosanitaires. Les notes attribuées aux pulvérisateurs dans le dispositif PERFORMANCE PULVÉ® sont basées sur les résultats de tests de qualité de pulvérisation effectués sur le banc d'essai EvaSprayViti, une vigne artificielle qui assure la standardisation des tests de pulvérisation.

#### Quelques chiffres clés du dispositif :

- A date, ce sont 37 modèles de pulvérisateurs qualifiés, avec plus de 150 déclinaisons de matériels concernées.
- 18 constructeurs de pulvérisateurs impliqués dans la démarche.
- 810 pulvérisateurs disposant d'un certificat PERFORMANCE PULVÉ® individuel.
- L'ergonomie de la plateforme internet ([www.performancepulve.fr](http://www.performancepulve.fr)) a été revue durant la campagne 2023.



La nouvelle version de la plateforme est déployée depuis mars 2024.

- Intégration de PERFORMANCE PULVÉ® en 2024 comme critère d'aide du « guichet phyto 2024 » de mai 2024 doté de 47 millions d'euros (INTV-SIIF-2024-17 – 29/05/2024) dont la gestion a été déléguée à FranceAgriMer.
- Intégration de PERFORMANCE PULVÉ® depuis 2022 dans les critères d'aide PCAE de 3 régions (Occitanie, Grand Est et Pays de la Loire).
- Communications : Un bilan du dispositif 3 ans après son déploiement a été publié dans la revue Phytoma du mois d'avril 2024 (Codis et al., 2024a) et fera l'objet d'une présentation à la conférence CIETAP de mars 2025 (Vergès et al., 2025a).
- Un article publié en mars 2024 dans la revue Biosystem Engineering présente le banc d'essais EvaSprayViti, support des essais de pulvérisateurs et du dispositif PERFORMANCE PULVÉ® (Cheraïet et al., 2024).

Pour la partie PERFORMANCE PULVÉ Arbo, l'année 2024 a été la dernière année du projet qui vise à développer le dispositif de classification des pulvérisateurs pour les filières arboricoles. L'année 2024 a été, comme 2023, consacrée aux tests de différents modèles et réglages de pulvérisateurs sur le verger artificiel développé dans le cadre du projet. La méthodologie de test a été arrêtée et un travail a été conduit dans l'objectif d'identifier les indicateurs permettant de classer les machines. Comme en viticulture, la qualité d'application est évaluée sur la base de deux paramètres complémentaires : le dépôt surfacique normalisé (quantité de dépôts de bouillie par surface de feuilles à protéger pour 1 g. de traceur appliqué à l'hectare) et la répartition des dépôts au sein de la végétation exprimée par la variabilité des dépôts entre les différents compartiments composant la végétation (coefficient de variation).



## Les principaux enseignements à la fin du projet sont :

- Le verger artificiel permet d'obtenir des valeurs de dépôts de pulvérisation en adéquation avec les valeurs de référence de dépôts mesurés au champ en verger réel.
- Il permet également d'obtenir, pour un même matériel, des résultats répétables d'un essai à l'autre, tant du point de vue des quantités déposées que du profil de répartition des dépôts.
- Le dispositif permet également de discriminer différents réglages (buses, réglage déflecteurs, vitesse avancement...) pour un même pulvérisateur et de différencier les variables de conception d'une même typologie de matériel.

Le rapport final du projet PERFORMANCE PULVÉ Arbo a été rédigé en fin d'année 2024 et les résultats du projet vont être présentés à la conférence CIETAP 2025 (Verpont et al., 2025).

Les travaux de caractérisation des performances agronomiques des pulvérisateurs viticoles et arboricoles sont également déployés sur la filière légumes par l'UMT. Les travaux, débutés en 2023, portent sur le modèle fraisiers (cultures Hors-sol sous abri). Plusieurs essais ont pu être conduits en 2023 et 2024. L'objectif de cette étude est de mesurer l'homogénéité et la répartition de la pulvérisation en comparant les dépôts de différents matériels d'application. Au cours des essais réalisés à différents stades du cycle de production du fraisier (début et pleine végétation), quatre matériels d'application avec différents types de réglages ont été évalués sur trois saisons de production. Dans les conditions de l'étude, les essais avec l'atomiseur (pratique de Référence) ont montré une augmentation de 11% des dépôts par rapport à la rampe, 32% par rapport au robot et 80% par rapport au nébulisateur. Ces résultats seront présentés à la conférence CIETAP 2025 (Garnodier, 2025). En 2024, le consortium autour du projet CAMELIA s'est mobilisé pour redéposer le projet afin de pouvoir élargir ces travaux à d'autres espèces (tomates) en mode projet collaboratif.

## Perspectives 2025

En vigne, l'évaluation de 5 nouveaux modèles de pulvérisateurs est prévue sur l'année 2025. En arboriculture, un travail complémentaire reste nécessaire pour savoir si le principe initial de la classification des pulvérisateurs viticoles peut s'appliquer aux pulvérisateurs arboricoles ou si au contraire de nouveaux indicateurs et seuils de classement devront être mis en place.

En arboriculture, les moyens alloués dans le cadre du projet Performance Pulvé Arbo n'ont pas été suffisants pour finir tout le travail d'analyse. Il s'agira en 2025 de poursuivre le travail, sous réserve de financement :

- Analyser toutes les données Flux d'air enregistrées durant le projet pour définir les indicateurs d'intérêt et ajuster les seuils de la démarche allemande au contexte de production français.
- Démontrer qu'un réglage optimal défini sur un modèle et appliqué à l'usine sur les mêmes modèles génèrent bien un profil de flux d'air identique.
- Définir à partir de toutes les données de dépôts acquises durant le projet, le dépôt minima efficace à atteindre pour une efficacité agronomique satisfaisante.
- Définir la gouvernance de la démarche.

Les essais se poursuivront en cultures légumières sous abris sous réserve de financement.

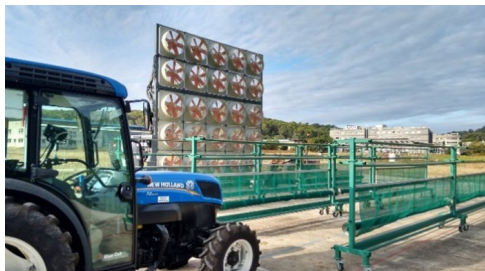
## Réduction de la dérive par une amélioration des techniques de pulvérisation

### Faits marquants 2024

Les principaux objectifs du projet Ecophyto StopDrift 2/2 (2022-2023) conduit par l'IFV et INRAE étaient :

1. de développer de nouvelles méthodes permettant d'identifier les techniques de pulvérisation viticoles permettant de réduire la dérive par rapport aux techniques de pulvérisation le plus couramment utilisées au vignoble aujourd'hui,
2. de réaliser une série de mesures avec cette méthode pour un échantillon de machines représentatif de la diversité du parc.

Le projet s'est terminé en décembre 2023 mais l'analyse et la valorisation des résultats se sont faites sur l'année 2024. Le projet a d'abord permis le développement d'un nouveau protocole de mesure de la dérive en viticulture en conditions semi-contrôlées permettant d'obtenir des mesures de dérive bien plus répétables que les mesures effectuées au champ en suivant la méthode décrite dans la norme ISO 22866 (2005).



Cette nouvelle méthode d'évaluation de la dérive s'appuie sur l'utilisation du banc d'essai EoleDrift qui repose sur l'utilisation conjointe d'un mur de ventilateurs produisant des conditions de vent répétables entre essais, de rangs de vignes artificielles sur lesquelles les pulvérisations ont lieu et de dispositifs de collecte des embruns situés « sous le vent ». Le fait de travailler en conditions semi-contrôlées (vent régulier et vigne artificielle) permet d'établir des comparaisons plus fiables entre les techniques de pulvérisation et donc d'établir un classement relatif de ces dernières. Le temps nécessaire aux manipulations expérimentales est significativement réduit par rapport à la méthode de mesure de la dérive en conditions naturelles au champ. Ainsi, sur la durée du projet, des mesures comparatives ont pu être effectuées pour 26 machines dédiées à la viticulture et pour différents réglages.

Le rapport final du projet a été rédigé durant l'année 2024. L'un des principaux livrables est le document intitulé « **Protocole de mesure de la dérive sur le banc d'essai EoleDrift en vue d'une demande d'inscription sur la liste officielle des moyens de réduction de la dérive** ». Ce document a été fourni en annexe du rapport final. Il décrit l'ensemble des recommandations formulées par les partenaires du projet à l'égard d'une utilisation du banc d'essai EoleDrift pour réaliser des mesures de dérive en vue d'une demande d'inscription sur la liste officielle des moyens de réduction de la dérive.

Depuis la fin du projet, des mesures de la dérive sur le banc d'essai EoleDrift peuvent être demandées par les constructeurs de pulvérisateurs pour inscrire leur matériel sur la liste officielle des moyens réducteurs de dérive avec un affichage du niveau de réduction de dérive obtenu à l'issue des essais (66%, 75%, 90%, 95%, ...).

En 2024, trois constructeurs ont sollicité l'UMT pour des tests de dérive de leurs pulvérisateurs. Les données ont été inscrites sur la liste officielle.

Cette étude a été déployée au modèle arboricole dans le cadre du projet Performance Pulvé Arbo.

La finalisation des essais en 2024 permettent de valider l'intérêt de cette méthodologie de quantification de la dérive de pulvérisation, sédimentaire et aérienne, développée pour l'évaluation de pulvérisateurs arboricoles en conditions artificielles de végétation et de vent : 95% de passages conformes aux exigences climatiques de la norme contre 10% dans CAPRIV et 48% dans PulvArbo (essais plein champ), limitation de la variabilité inter-essais, rentabilisation des moyens matériels et humains, résultats cohérents avec les données plein champ. Tous ces résultats sont présentés dans le rapport final rédigé fin 2024.



## Perspectives 2025

Réalisation d'essais normalisés selon les demandes des constructeurs.

En arboriculture, les moyens alloués dans le cadre du projet Performance Pulvé Arbo n'ont pas été suffisants pour finir tout le travail d'analyse. Il s'agira en 2025 de finaliser le traitement des données, à savoir :

- Calcul des taux de réductions des leviers testés par rapport à la Référence et comparaison des performances à celles obtenues dans les essais PulvArbo et CAPRIV avec les mêmes leviers.
- Étude de l'impact d'évolution de températures et d'humidité dans la halle sur les dépôts mesurés en sédimentaire et en aérien.
- Définition des conditions de réalisation des essais au regard de cette étude.

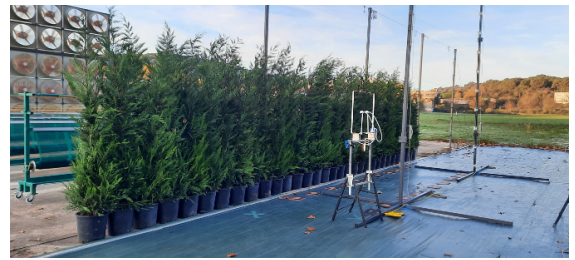
## Evaluation de l'influence des barrières physiques (haies vives et filet antidérive) pour la réduction de la dérive.

### Faits marquants 2024

L'objectif du projet Ecophyto DriftProtect (2023-2024) était de mesurer et de comparer les niveaux de dérive en amont et en aval de barrières physiques végétales ou artificielles situées entre la parcelle cultivée et la zone sensible, afin de protéger les riverains de l'exposition à la dérive de pulvérisation. Cette étude a été menée par l'UMT EcoTech simultanément dans le contexte des filières viticole et arboricole.

Pour la filière viticole, 2 haies naturelles d'essences différentes (haie de lauriers sauce de 2.5 m de hauteur pour la première et haie de thuyas également de 2,5 m de hauteur pour la seconde) ainsi que 4 modalités de filets brise-vents de la marque [Filpack](#) (2 modèles de filets de porosité différentes \* 2 hauteurs (3m et 4m)) ont été testés.

Lors des essais, 3 méthodes de mesure de la dérive ont été mises en œuvre simultanément de manière à avoir une métrologie complète du phénomène de dérive. Plusieurs types de collecteurs de la dérive ont ainsi été utilisés. Des boîtes de Petri disposées au sol assuraient la collecte de la dérive sédimentaire sur un plan horizontal. A cette fin, cinq lignes de dix boîtes étaient installées à 1,25 ; 3 ; 5 ; 10 et 20 m du dernier rang de vigne artificielle traité. Des fils horizontaux tendus entre 0 et 6 m de haut assuraient la collecte de la dérive aérienne sur un plan vertical. Enfin, des mannequins revêtus de tee-shirts en coton étaient installés à 3, 5,



10 et 20 m afin d'évaluer les risques d'exposition des personnes présentes à proximité du traitement.

Pour chaque modalité de barrière physique étudiée, les mesures de dérive ont été effectuées en utilisant deux techniques de pulvérisation distinctes : une voûte pneumatique « 4 mains 4 canons » (typologie considérée comme « référence » car très représentée au sein du parc de pulvérisateurs en service) et un pulvérisateur face par face à jet porté équipé de buses à injection d'air. Les réductions de dérive obtenues par tout autre technique de pulvérisation sont exprimées en pourcentage de réduction par rapport au niveau de dérive mesuré pour les voûtes pneumatiques.

Pour les deux types de pulvérisateurs, les mesures de dérive ont été réalisées en simulant le « traitement » des quatre rangs de vigne artificielle par la pulvérisation d'une solution d'eau chargée en traceur. Chaque essai a fait l'objet de 3 répétitions.

Un article présentant les premiers résultats de l'effet des deux premières modalités de barrières physiques évaluées (haie de lauriers sauce et filet brise-vent bv 106 de 3m de hauteur de la société FilPack) est paru dans le numéro de mai 2024 de la revue Phytoma ([Vergès et al., 2024b](#)) ainsi que dans la revue IVES ([Vergès et al., 2024c](#)) en décembre 2024.

En résumé, les résultats obtenus pour la filière viticole montrent que toutes les barrières physiques testées ont permis une réduction significative de la dérive. Quel que soit le matériel de pulvérisation utilisé et quel que soit le type de dérive mesurée (dérive aérienne sur un plan vertical, dérive sédimentaire sur un plan horizontal ou exposition sur mannequins), les taux de réduction mesurés en présence de l'une ou l'autre des barrières physiques mises à l'essai (haie ou filet) sont relativement stables et élevés, supérieurs dans tous les cas à 74%. La combinaison de ces dernières avec un matériel de pulvérisation performant (pulvérisateur face par face équipé de buses à injection d'air) a permis d'atteindre des taux de réduction supérieurs dans tous les cas à 95% par rapport à la situation de référence (voûte pneumatique en l'absence d'aménagements parcellaires).

Pour la filière arboricole, 2 haies naturelles d'essences différentes (haie de Photinia de 3 m de hauteur pour la première et haie de thuyas également de 2,5 m de hauteur pour la seconde) ainsi que 4 modalités de filets de la marque Filpack (2 modèles de filets de porosité différentes \* 2 positionnements par rapport au dernier rang) ont été testés. L'impact de ces barrières physiques a été évalué sur la dérive générée par un pulvérisateur jet porté axial (Référence), par ce même pulvérisateur équipé de buses à injection d'air et par un pulvérisateur pneumatique à flux d'air dirigé.

Lors des essais, 2 à 3 méthodes de mesure de la dérive ont été mises en œuvre simultanément de manière à avoir une métrologie complète du phénomène de dérive. Plusieurs types de collecteurs de la dérive ont ainsi été utilisés. Des boîtes de Petri disposées au sol assuraient la collecte de la dérive sédimentaire sur un plan horizontal. A cette fin, cinq lignes de dix boîtes étaient installées à 3.8m ; 5m ; 7m ; 10m et 15m du dernier rang de verger artificiel traité. Des fils horizontaux tendus entre 0 et 10 m de haut assuraient la collecte de la dérive aérienne sur un plan vertical. Enfin, des mannequins revêtus de tee-shirts en coton ont été installés sur les premiers essais à 3.8m ; 5m ; 7m ; 10m et 15m afin d'évaluer les risques d'exposition des personnes présentes à proximité du traitement. Chaque essai a fait l'objet de 3 répétitions.

L'analyse des résultats démontre toute la complexité des phénomènes impactant la dérive. L'impact des différentes barrières physiques varie avec plusieurs facteurs : la hauteur de la barrière par rapport à la hauteur de la culture, la porosité de la barrière, son positionnement par rapport au dernier rang et le type de pulvérisation (pneumatique vs jet porté axial). Pour résumer, l'implantation de haies vives, de 2,5m à 3m de haut, en bordure de verger permet de réduire très faiblement la dérive des pulvérisateurs à jet porté axial quelles que soient les buses utilisées. En présence d'une haie, le flux d'air généré par le jet porté axial est cassé et dans la majorité des cas la dérive monte plus haut et retombe alors plus près en bordure de verger pour le cas des gouttes générées par des buses IDK (entre 5 et 15m) et un peu plus loin en bordure de verger pour les fines gouttes des buses à turbulence ATR (entre 7 à 15m) plus volatiles. L'effet sur la dérive générée par un pulvérisateur pneumatique à flux dirigé est un peu plus intéressant mais en-deçà du seuil réglementaire de 66%.

Les filets quant à eux, de la hauteur de la culture, permettent dans tous les cas de réduire la dérive de référence avec des niveaux de performance différents. L'analyse des résultats est en cours et seront présentés au Comité de Pilotage en février 2025.

## Perspectives 2025

Les résultats du projet DriftProtect vont être présentés à la conférence CIETAP 2025 (Vergès et al. 2025b). Un article présentant l'ensemble des résultats obtenu en vigne est envisagé sur l'année 2025 dans la revue CropProtection ainsi qu'un article de type data paper afin de rendre les données brutes disponibles notamment pour les agences en charge de la gestion des risques (ANSES et EFSA). En arboriculture, un article est envisagé en 2025 (revue à définir).

## Evaluation de la dérive en lien avec les risques d'exposition des riverains et des milieux

### Faits marquants 2024

Le projet inter filière CAPRIV acronyme de « Concilier application des produits phytopharmaceutiques et protection des riverains » coordonné par l'ACTA et impliquant l'UMT EcoTech ainsi qu'ARVALIS et l'UMR ECOSYS s'est terminé en décembre 2022. Il a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- Mise en place et consolidation d'un protocole harmonisé de mesure de la dérive et des risques associés selon différentes méthodes (dérive sédimentaire, dérive aérienne et exposition de mannequins situés à proximité de la parcelle d'essai) entre les trois filières impliquées : grandes cultures, viticulture et arboriculture ;
- Etablissement d'une base de données harmonisée des différentes mesures effectuées pour différents leviers de réduction de la dérive (techniques d'application, réglages des pulvérisateurs, choix des buses,...).

Les années 2023 et 2024 ont été deux années de valorisation des données et résultats obtenus. L'objectif était de porter les données acquises au cours du projet auprès de l'EFSA dans le cadre des processus périodiques de révision des guidelines utilisés dans l'évaluation des risques et la définition des DSPPR (Distance de Sécurité pour les Personnes Présentes au moment du traitement et les Résidents). Dans ce cadre, deux articles de données (Data Paper) ont été publiés en 2024 dans la revue DataInBrief. Le premier concerne les résultats obtenus pour la filière grandes cultures (Perriot et al., 2024) et le second pour la filière viticole (Vergès et al., 2024a). Olivier Naud a présenté les méthodes de mesure CAPRIV et les résultats obtenus en grandes cultures au [WUR-EFSA workshop on spray drift of pesticides](#) qui s'est déroulé à Wageningen les 15 et 16 avril 2024.

### Perspectives 2025

Un troisième article de données est prévu en 2025 pour présenter les résultats obtenus en arboriculture.

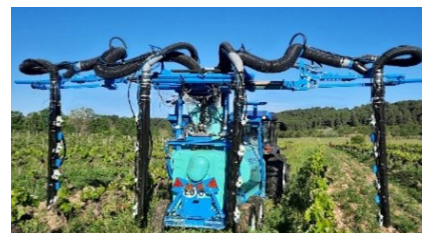
## L'innovation technologique au service de la compréhension des facteurs d'efficacité des produits de protection des plantes, notamment des produits de biocontrôle, en lien avec leur mode d'application

Contexte : L'utilisation des produits de biocontrôle est amenée à s'accroître dans le contexte des politiques nationales et européennes visant à limiter les quantités d'intrants phytopharmaceutiques de synthèse ou conventionnels et conduisant au retrait de nombreuses substances actives sur la base de leur profil toxicologique. Toutefois, le développement de l'utilisation du biocontrôle dans les exploitations reste actuellement très limité. L'efficacité démontrée en conditions contrôlées sur plantules et/ou plantes en pot pour de nombreux produits peine souvent à « passer l'échelle » dans les conditions très variables rencontrées au champ. Les efficacités constatées au vignoble sont souvent partielles et surtout irrégulières. La difficulté pour maîtriser au champ les conditions abiotiques est souvent évoquée comme un facteur a priori important de cette irrégularité. Ensuite, les conditions dans lesquelles les produits de biocontrôle sont appliqués au laboratoire ou en serre sont très éloignées des conditions d'utilisation des produits en parcelle viticole (Roger et al., 2024 ; Crenn et al., 2024). Par conséquent, une des pistes consiste à identifier quels modes d'utilisation des produits au champ (modalités de pulvérisation au sens large, cadences de renouvellement, conditions météorologiques lors de l'usage des produits, ...) permettront de retrouver au champ les niveaux d'efficacité obtenus aux échelles où les conditions sont contrôlées. Il faut noter que contrairement aux produits phytopharmaceutiques conventionnels, les facteurs d'efficacité des solutions de biocontrôle au champ sont susceptibles d'être très liés au produit, à son mode d'action et à ses caractéristiques. De nouvelles méthodes d'évaluation sont nécessaires pour appréhender ces aspects.

Dans le cadre du projet inter filière ABAPIC « Accélération du Biocontrôle et des Agroéquipements pour la Protection Intégrée des Cultures » financé dans le cadre du Plan de relance (2021-2022), l'UMT EcoTech s'était fixé comme objectif de moyen terme de développer de nouvelles méthodologies permettant d'identifier, au niveau de la parcelle en production, les facteurs influençant l'efficacité des produits de biocontrôle en lien avec leur mode d'application.

## Une première phase de développement technologique :

La première étape qui s'est déroulée sur 2022 et 2023 a consisté à développer, en collaboration avec des partenaires industriels (Société OPTIMA Concept et Berthoud), des prototypes de pulvérisateurs de précision à commande numérique permettant de piloter automatiquement et très précisément, en tout endroit de la parcelle, la dose de produit appliquée ainsi que la répartition du produit sur la plante. L'objectif visé était ensuite d'utiliser ces pulvérisateurs à « grand travail » pour tester au champ, en conditions de production, les solutions de biocontrôle au travers de plans d'expérience inédits où différentes modalités d'application peuvent être testées simultanément et répétées sur un grand nombre de placettes afin d'évaluer les facteurs d'efficacité de la protection phytosanitaire. L'objectif de cette nouvelle façon de tester les produits est ensuite de pouvoir formuler des recommandations d'usage des produits auprès des utilisateurs (quelle dose/ha appliquer selon la croissance du végétal, quel mouillage (volume/ha) et quelle taille des gouttes ? quelle répartition du produit, quel ciblage (dessus dessous des feuilles), ...)



## Faits marquants 2024

Plusieurs articles publiés en 2024 présentent les niveaux de performance du pulvérisateur de précision développé dans le cadre de la collaboration initiée en 2022 avec les partenaires industriels. Ces articles présentent également les perspectives de déploiement des innovations équipant le prototype (contrôle des buses par la technologie PWM (Pulse Modulation Width), GPS RTK, contrôle des débits à la buse, ...)

(Lewis et al., 2024ab) dans la revue [Phytoma](#) et [IVES](#) ; [Codis et al., 2024b](#) à la conférence Agritechday 2024 de AXEMA ; [Codis et al., 2025a](#) à la conférence ECPA de 2025).

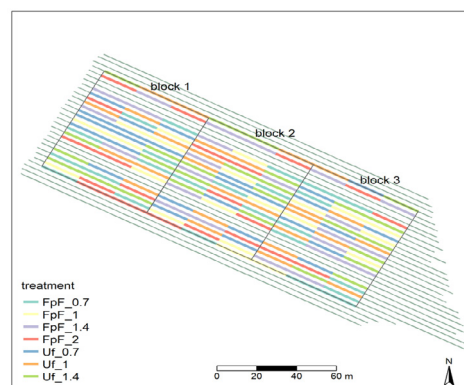
## Développement de nouvelles méthodologies permettant de tester au champ les facteurs d'efficacité des solutions de biocontrôle en lien avec leur mode d'application :

Une nouvelle approche d'expérimentation a été développée par l'UMT EcoTech pour évaluer au champ l'influence des modalités d'applications sur l'efficacité de la protection phytosanitaire des solutions de biocontrôle. Cette méthode est basée sur le principe de « l'expérimentation de précision au champ » et s'inspire à la fois de l'approche « *Whole-of-block experimentation* » développée par Bramley et al. (2011) et de l'approche « *On-farm precision experiment* » proposée par Bullock et al. (2020). Le principe est le suivant : une fois les facteurs à tester définis, les parcelles support des essais sont découpées en unités spatiales élémentaires (placettes). Les modalités à tester sont distribuées sur les unités élémentaires et des cartes de commande géoréférencées sont produites pour une gestion automatique du plan d'expérience grâce au pulvérisateur de précision.

Cette nouvelle façon d'expérimenter les produits mobilise des technologies de pulvérisation de précision contrôlées numériquement pour mettre en œuvre de manière totalement automatisée sur la parcelle des plans d'expérience complexes où les différentes modalités étudiées peuvent être répliquées un grand nombre de fois à différents endroits de la parcelle. L'intérêt du nombre important de répétitions des modalités testées permet d'intégrer a posteriori l'hétérogénéité du développement de la maladie au sein de la parcelle dans l'analyse des résultats et ainsi de contextualiser les résultats. Cette nouvelle méthode permet de comparer l'efficacité de la protection offerte par différentes modalités d'application. Il est possible de tester dans un même essai simultanément différents facteurs comme différentes doses/ha, différentes modalités d'application (différents ciblagés sur la plante (uniface face par face, ciblage des grappes, ...), différents mouillages (volume/ha), différents granulométries (taille des gouttes).

## Présentation des premiers résultats obtenus en 2023 et 2024 avec cette méthode :

Les résultats d'un premier essai conduit en 2023 selon cette approche ont été publiés en décembre 2024 dans la revue Innovations Agronomiques (Lewis et al., 2024c). Les résultats feront également l'objet d'une présentation à la conférence CIETAP 2025 (Codis et al., 2025b). Dans cet essai de 2023, différentes doses/ha de cuivre et de soufre et différents modes d'application des produits au sein du couvert végétal (pulvérisation face par face vs. Pulvérisation uniface) ont été testés sur une parcelle de Carignan sensible à l'oïdium. Au total, 7 modalités différentes ont pu être testées sur 171 placettes de 20 mètres de long distribuées géographiquement au sein de la parcelle. Chaque modalité testée a fait l'objet d'un nombre important de répétitions à différents endroits de la parcelle (>20).



Pour chacune des modalités et chacun des ceps de chacune des placettes, un comptage de la maladie (oïdium) a été réalisé au stade fermeture de la grappe. L'analyse des données à l'échelle de la parcelle montre des tendances interprétables mais avec des variabilités élevées. Une analyse spatialisée prenant en compte la variabilité du développement de la maladie au sein de la parcelle a permis d'améliorer considérablement l'interprétation et de poser un diagnostic d'efficacité différencié suivant la pression de maladie, la dose appliquée et sa répartition sur les faces. Ce premier résultat concluant est une étape dans l'établissement d'une méthode permettant d'évaluer l'impact des méthodes d'application des solutions de biocontrôle. En 2024, 2 nouveaux essais ont été conduits avec deux solutions de biocontrôle. Les données sont en cours d'analyse au moment de la rédaction de ce rapport mais ces résultats seront présentés à l'ECPA 2025 (Bellone et al., 2025).

## Perspectives 2025

Cette nouvelle méthode d'expérimentation continuera à être appliquée afin de tester des solutions de biocontrôle dans le cadre du projet ANR Ecophyto Maturation BioSprayTech (2024-2026) piloté par l'UMT en collaboration avec l'UMR Agro-écologie de l'INRAE Dijon. Le projet ambitionne de développer un service pour les sociétés qui produisent et distribuent des solutions de biocontrôle pour les maladies cryptogamiques de la vigne. L'objectif du service est de déterminer les façons d'appliquer une solution de biocontrôle pour en optimiser l'efficacité au champ en conditions de production.

## Nouveaux indicateurs d'évaluation de la qualité de pulvérisation permettant de mieux appréhender les facteurs d'efficacité de la protection phytosanitaire avec les produits à efficacité partielle ou les produits de biocontrôle

### Faits marquants 2024

Le projet NEOSPRAYVITI, lauréat de l'AAP Ecophyto, a débuté en 2024 pour une fin prévue en 2026. Il a pour objectif de construire et de transférer une palette d'indicateurs de la qualité de pulvérisation afin de fournir des clés d'interprétation de l'efficacité de la protection phytosanitaire en viticulture selon les typologies des produits et leurs modes d'action dans le cadre d'itinéraires à très bas niveaux d'intrants et intégrant le biocontrôle.

Les premiers travaux menés en 2024 ont permis de définir une méthodologie de mesure conjointe d'une palette d'indicateurs, en combinant les méthodologies de dosage quantitatif par spectrophotométrie et des techniques d'analyse d'images.

### Perspectives 2025

Une présentation de ces travaux est prévue en 2025 lors de la conférence CIETAP prévue les 12 et 13 mars 2025 à Montpellier (Delpuech et al., 2025). Les travaux seront poursuivis en 2025 pour consolider cette méthodologie et analyser le lien entre indicateurs mesurés et qualité de protection des produits de biocontrôle en lien avec le projet ANR Ecophyto Maturation BioSprayTech.

## Optimiser la qualité d'application par l'évaluation et le déploiement de nouveaux modes d'application

L'application des produits de protection des plantes en vergers par pulvérisation présente des inconvénients majeurs (dérive de produit dans l'air et dans l'eau, bruit engendré par la turbine, disponibilité du matériel et de l'opérateur au moment opportun). Dans certaines conditions, l'utilisation du pulvérisateur peut aussi entraîner des échecs de protection, notamment sur des arbres de grande taille, sur certaines cibles comme les agents pathogènes du système vasculaire et lors de l'utilisation de certains produits de biocontrôle. La réponse à ces problématiques peut passer par l'adaptation des techniques d'application et la reconception de l'itinéraire de protection des vergers. Trois modes d'application alternatifs à l'utilisation du pulvérisateur sont étudiés dans le cadre de l'UMT EcoTech : la pulvérisation fixe sur frondaison, la microinjection sécurisée dans le tronc des arbres et un nouveau mode d'application par diffusion passive dans l'arbre.

### Faits marquants 2024

Concernant la pulvérisation fixe sur frondaison, l'année 2024 a permis l'équipement d'une nouvelle parcelle de pommiers sur le site CTIFL de Lanxade ainsi que la conception et la construction d'une Unité Pompe/Cuve/Compresseur mobile et automatisée pour la préparation et la réalisation des traitements Pulvéfix. Cette unité permettra la réalisation des applications sur les différentes parcelles Pulvéfix en 2025. Parallèlement aux développements sur pommier, des travaux ont démarré sur cerisiers. L'objectif est d'évaluer l'intérêt de ce mode d'application dans la gestion de la protection contre *Drosophila Suzukii*, voire contre d'autres bioagresseurs du cerisier. Deux installations Pulvéfix sont prévues sur les sites CTIFL de Balandran et de La Tapy. Les designs des installations ont pu être réalisés en 2024. Les installations seront réalisées en 2025.

Le projet *Mispa* sur la micro-injection s'est terminé fin 2024. Ce projet de 3 ans a permis d'acquérir de très nombreuses références sur les performances agronomiques de la technique sur des modèles arboricoles ciblés : Pommiers (tavelure et pucerons cendrés), châtaigniers (chenilles foreuses des fruits et pourritures), noyers (mouche du brou et carpocapse), kiwi (bactériose) et cerisier (*Drosophila suzukii*). Ce projet a permis d'étudier l'innocuité de cette technique vis-à-vis de la santé de l'arbre et du consommateur (résidus dans les fruits) et d'acquérir de nouvelles connaissances sur la migration des produits au sein de l'arbre. Les essais d'efficacité biologique conduits en 2024 ont confirmé tout l'intérêt de la technique, notamment sur les modèles ravageurs (insectes piqueurs suceurs et lépidoptères) avec des niveaux d'efficacité hautement significatifs pour des nombres d'applications très réduits au regard des itinéraires de protection classique. Le rapport final a été livré fin 2024 et une communication a été faite à la CIRAA en novembre 2024.

En 2024, une étude prospective a été conduite sur la faisabilité d'utiliser une méthode non intrusive reposant sur un principe de diffusion du principe actif au travers de l'écorce pour appliquer des PPP en vergers (modèles pommiers et châtaigniers). Les preuves de concepts sont positives et les résultats prometteurs.

## Perspectives 2025

Toutes ces études (Pulvéfix, micro-injection et diffusion passive par patch) seront poursuivies en 2025 dans différents cadres.

## Evaluation de l'évolution des impacts environnementaux suite à l'adoption de nouvelles stratégies de protection phytosanitaire

Fort de son expertise en Evaluation Environnementale (Equipe ELSA), l'UMR ITAP mène des travaux méthodologiques sur l'évaluation environnementale de la digitalisation de l'Agriculture.

Au-delà de l'évaluation technique de nouvelles méthodes de pulvérisation, l'objectif est d'évaluer l'évolution des impacts environnementaux suite à l'adoption de nouvelles stratégies de protection phytosanitaire.

Dans ce contexte, une action prospective sera menée en 2025 comprenant deux actions en lien avec l'OAD Décitrait (<https://decitrait.vignevin-epicure.com>) :

- L'Analyse du Cycle de Vie de l'usage de l'OAD Décitrait au domaine Maspiguet, sur la base d'une approche comparative de scénarios de stratégies de protection phytosanitaire.
- Une étude prospective pour évaluer le potentiel d'une analyse globale de la base de donnée Décitrait pour identifier des groupes de trajectoires (stratégies) de protections phytosanitaires dans l'objectif d'upscaler le cas d'usage. (Travail réalisé dans le cadre de la thèse de Clemence Huck). L'IFV mettra à disposition de l'UMR ITAP l'accès aux données historiques (depuis 2019), qui seront préalablement anonymisées.

Par ailleurs, une réflexion sera menée pour identifier d'autres cas d'usage de technologies numériques dans l'UMT pour réaliser des analyses environnementales dans le but d'objectiver les impacts environnementaux de ces procédés innovants (ex : pulvérisation de précision dans le cadre du projet FAAN).

## Phénotypage physique de la végétation en viticulture à l'aide des nouvelles technologies du numérique

Le projet CASDAR RT *Cannophy* débuté en 2022 et courant jusqu'à mi 2025 a pour objectif d'évaluer les caractéristiques physiques essentielles du couvert végétal en viticulture, notamment la surface foliaire grâce à des techniques LiDAR.

Le projet comporte 3 actions :

- Développement de méthodes de calculs des indicateurs décrivant la végétation (: hauteur, épaisseur, volume, porosité, surface foliaire) à partir des nuages de points 3D, et algorithmique associée.
- Développement d'une chaîne d'acquisition et de traitement continue prototype de phénotypage physique sur la base de nuages de points 3D de la végétation.
- Exploitation des données 3D pour la navigation autonome dans le rang : vers le développement d'une chaîne d'acquisition agronomique robotisée.

## Faits marquants 2022-2024

L'année 2022 avait permis une première acquisition de données en pleine végétation : évaluation de surface foliaire par compartiment dans le végétal et acquisition de signaux LiDAR. Elle avait aussi permis d'aborder la question de la transmission d'information LiDAR par réseau (par TSCF) en vue de la valorisation technologique des travaux. L'année 2023 a permis de couvrir l'ensemble de la saison végétale en ce qui concerne la première action, avec la mise en place d'une modélisation statistique prédictive basée sur la porosité apparente des compartiments. Une approche de correction des effets de masquage a été mise en place. L'approche est globalement générique et explicative mais elle ne permet pas encore d'atteindre les précisions souhaitées en matière de surface foliaire.

L'année 2024 a permis la réalisation d'un système d'acquisition embarqué basé sur le système ROS2 (Robot Operating System), qui est un environnement logiciel ouvert, open source, interfaçable avec une multitude de capteurs. Le système d'acquisition actuel est composé d'un ordinateur embarqué Vecow ECX-2000, d'un GNSS Reach RS, d'un LiDAR Sick LMS-100, et d'un modem Teltonika RUTX14 connecté à internet qui nous permet de recevoir les corrections RTK pour le GNSS. Le système d'acquisition peut être monté sur tracteur ou quad pour des mesures sur parcelle. Les données acquises sont traitées sur un logiciel Python, qui permet la reconstruction 3D du nuage de points LiDAR, et le calcul des indicateurs végétatifs à l'échelle d'une placette ou d'une parcelle sous la forme de cartes géolocalisées.

## Perspectives 2025

En 2025, nos développements porteront sur deux aspects : évaluation et optimisation des algorithmes de calcul des indicateurs végétatifs issus de l'analyse des signaux LiDAR. Ces travaux porteront plus particulièrement sur la mesure de l'épaisseur du feuillage, de la porosité et la détection des trous dans la végétation (notamment ceps manquants). Le second aspect sera lié à l'amélioration de la précision du nuage de points LiDAR avec une centrale inertielle qui tiendra compte des mouvements du tracteur sur la parcelle selon les 3 axes (roulis, tangage, lacet) et permettra de faciliter le calcul des indicateurs végétatifs à l'échelle d'un cep de vigne. Cela sera réalisé en ajoutant un capteur Xsens Mti-680G à notre système d'acquisition, et en réécrivant l'algorithme de reconstruction 3D du nuage de points.

## RÉFÉRENCES CITÉES DANS LE COMPTE-RENDU D'ACTIVITÉ

Bellone D., Delpuech X., Lewis L., Codis S., Bourguignon A., Ribeyrolles X., Vergès A., Coutelle L., Naud O. (2025). Whole-of-block precision experiments for studying spraying-related factors influencing efficacies of plant protection products in viticulture. The 15th European Conference on Precision Agriculture, June 29th - 3rd of July 2025, Barcelona, Spain. (submitted).

Cheraïet A., Codis S., Lienard A., Vergès A., Carra M., Bastidon B., Bonicel JF., Delpuech X., Ribeyrolles X., Douzals J.P., Lebeau F., Taylor J.A., Naud O., (2024). EvaSprayViti: A flexible test bench for comparative assessment of the 3D deposition efficiency of vineyard sprayers at multiple growth stages, Biosystems Engineering, Volume 241, 2024, Pages 1-14, ISSN 1537-5110, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.03.008>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511024000618>).

Codis S., Vergès A., Trinquier E., Ribeyrolles X., Lewis M., Auvergne C., Delpuech X., Cheraïet A. Naud O. (2024a). Performance Pulvé : trois ans après Performance Pulvé est un dispositif de qualification des pulvérisateurs viticoles basé sur leurs performances en termes de potentiel de réduction des doses de produits phyto-pharmaceutiques. Quel est son bilan après trois années de mise en œuvre ? Phytoma N° 773. Avril 2024. pp. 39-41.

Codis S., Lewis M., Delpuech X., Ribeyrolles X., Naud O. (2024b). Technological advances in crop protection: a digitally controlled precision sprayer for viticulture – functionalities and performances. 7th AGRITECH DAY by Axema, October 24, 2024, Compiègne, France.

Codis S., Delpuech X., Lewis M., Bellone D., Ribeyrolles X., Vergès A., Naud O. (2025a). A precision sprayer capable of whole-of-block precision experimentation in viticulture. The 15th European Conference on Precision Agriculture, June 29th - 3rd of July 2025, Barcelona, Spain. (submitted).

Codis S., Lewis M., Delpuech X., Ribeyrolles X., Bourguignon A., Vergès A., Naud O. (2025b). Les nouvelles technologies de pulvérisation de précision au service de la compréhension des facteurs d'efficacité des produits de protection des plantes – Conférence CIETAP 2025 – 12 et 13 mars 2025 (soumis).

- Delpuech X., Horain A., Vergès A., Codis S., Naud O., (2025). Analyse comparative de différents indicateurs de la qualité de pulvérisation en vigne. Conférence CIETAP 2025 – 12 et 13 mars 2025 (soumis).
- Garnodier J. (2025). Caractérisation des dépôts de différents réglages et de différents pulvérisateurs en fraise-raies hors sol. Conférence CIETAP 2025 – 12 et 13 mars 2025 (soumis).
- Lewis M., Codis S., Ribeyrolles R., Delpuech X., Trinquier E., Vergès A., Naud O. (2024a). Des buses à pulsation pour une pulvérisation de précision en vigne. L'innovation technologique PWM offre de réelles perspectives pour le développement de pulvérisateurs précis et efficaces en cultures pérennes, comme en témoignent les récents essais de l'UMT EcoTech (IFV-Inrae). Phytoma N° 773. Avril 2024. pp. 42-46.
- Lewis M., Codis S., Ribeyrolles R., Delpuech X., Trinquier E., Vergès A. Naud O. (2024b). Technological innovations in vineyard spraying: assessment of PWM technology and future prospects. IVES Technical Review July 2024. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2024.8211>
- Lewis M., Delpuech X., Bourguignon A., Vergès A., Naud O., Codis S. (2024c). Facteurs d'efficacité de la protection phytosanitaire liés au mode d'application à l'échelle de la parcelle viticole. Innovations Agronomiques 98 (2024), pp. 373-387.
- Perriot B., Pasquier D., Hudebine Y., Verpont F., Vergès A., Codis S., Douzals JP., Bedos C., Grimbuhler S., Sellam M., Naud O., (2024). Spray drift in field crops: A dataset to analyse the influence of air induction nozzles, hedges, and their combination on the reduction of sedimentary drift, aerial drift and exposure of bystanders, Data in Brief, Volume 54, 2024, 110366, ISSN 2352-3409, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110366> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340924003354>)
- Vergès A., Codis S., Trinquier E., Perriot B., Pasquier D., Hudebine Y., Verpont F., Douzals JP., Bedos C., Grimbuhler S., Sellam M., Naud O. (2024a). Spray drift in viticulture: A dataset to analyze the influence of spray application techniques, hedges and their combination on the reduction of sedimentary drift, aerial drift and exposure of bystanders, Data in Brief, Volume 57, 2024, 110819, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110819>
- Vergès A., Naud O., Douzals JP., Trinquier E., Ribeyrolles X., Horain A., Codis S. (2024b). Réduire la dérive de pulvérisation grâce aux haies et aux filets. Phytoma N° 774. Mai 2024. pp. 9-12.
- Vergès A., Naud O., Trinquier E., Ribeyrolles X., Horain A., Grimbuhler S., Douzals J.P, Codis S. (2024c). Efficacité des haies et des filets pour réduire les risques de dérive et d'exposition des riverains en viticulture : premiers résultats. IVES Technical Review, Novembre 2024. DOI : <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2024.8374>
- Vergès A., Trinquier E., Ribeyrolles X., Lewis M., Delpuech X. Codis S., (2025a) Bilan sur PerformancePulvé le dispositif de qualification de la performance des pulvérisateurs viticoles. – Conférence CIETAP 2025 – 12 et 13 mars 2025 (soumis).
- Vergès A., Codis S., Naud O., Trinquier E., Ribeyrolles X., Douzals JP. (2025b). Développement d'un nouveau protocole de mesure de la dérive des pulvérisateur viticoles en conditions de vent semi-contrôlées. – Conférence CIETAP 2025 – 12 et 13 mars 2025 (soumis).
- Verpont F., Renier A., Lebarbier N., Hebrard MN., Carmagnat H., 2024. « La micro-injection, un nouveau mode d'application pour la protection des vergers ? ». 13<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, Végéphyt.10 p.
- Verpont F., Carmagnat H., Codis S., Vergès A., Naud O., Douzals JP. (2025). PERFORMANCE PULVE ARBO ou comment qualifier les performances agronomiques des pulvérisateurs arboricoles ? – Conférence CIETAP 2025 –Conférence CIETAP 2025 (soumis).

## Contacts

[Florence Verpont](#)  
CTIFL

[Sébastien Codis](#)  
IFV

[Olivier Naud et Jean-Paul Douzals](#)  
INRAE