



Florence Verpont  
CTIFL

# LES JOURNÉES IRD EN OCCITANIE



Optimisation de la  
pulvérisation en  
arboriculture : quels leviers?





Les 4 B :

- Le Bon produit,
- A la Bonne dose,
- Au Bon moment,
- Au Bon endroit.



**Dans un contexte technique,  
réglementaire, sociétal de  
plus en plus exigeant**

# Les leviers d'étude actionnés

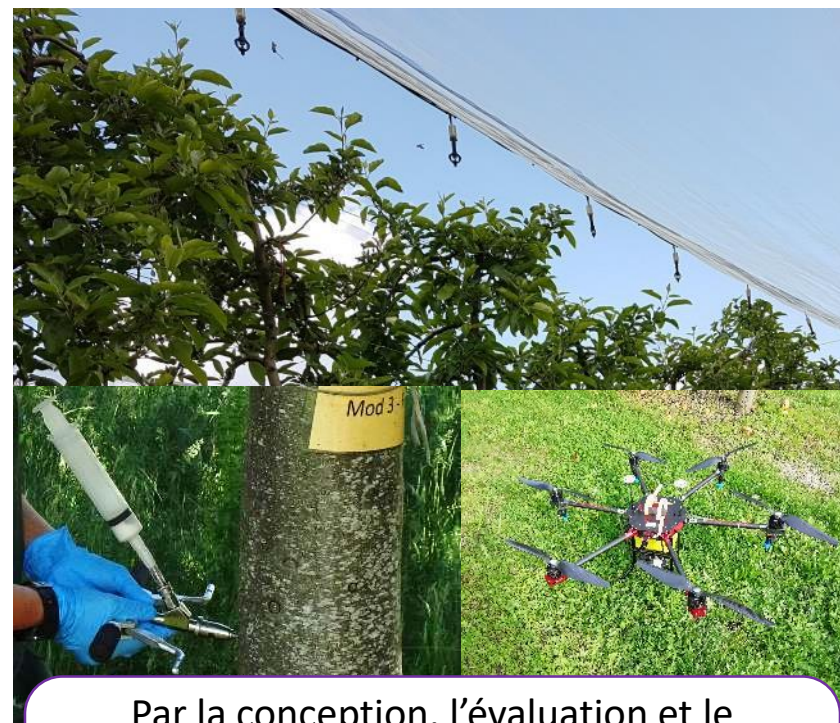


**L'optimisation des solutions techniques existantes**



Par l'identification, l'évaluation et bientôt la classification des matériels, réglages et pratiques les plus performants d'un point de vue agronomique et environnemental

**La recherche de solutions innovantes pour le verger de demain**



Par la conception, l'évaluation et le développement de nouvelles techniques d'application alternatives à l'utilisation d'un pulvérisateur

# L'optimisation des solutions existantes



Les objectifs des travaux :

**Identifier des matériels, réglages et pratiques d'intérêt, évaluer leurs performances à partir de méthodologies in situ communes et validées.**

**Mettre en place un outil de classification des performances en conditions standardisées sur le principe du dispositif Performance Pulve®**

**2015-2020  
Projet PulvArbo**

Logos of participating organizations: CTIEL, INRAE, CEHM, SUDEXPE, La Moirière, CDFE, Invenis, IFPC, AGRIAL.

**2021-2023  
Projet Performance Pulve Arbo**

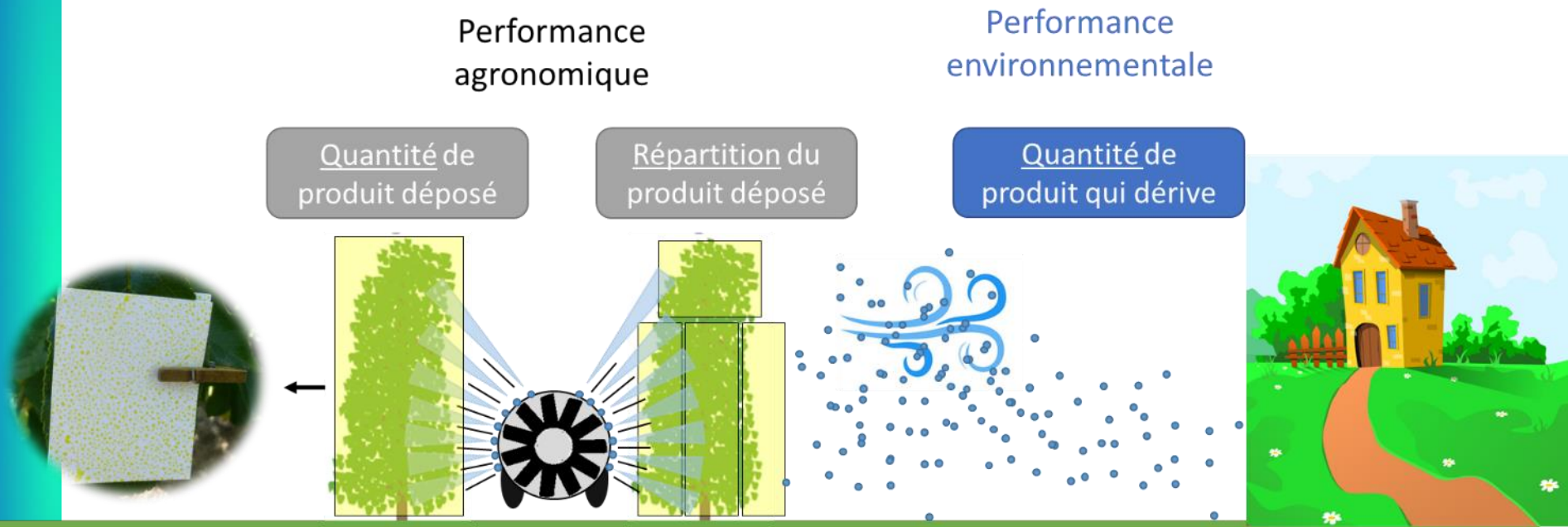
Logos of participating organizations: CTIEL, IFV, INRAE, ECOTECH.

**2021-2022  
Projet CAPRIV**

Logos of participating organizations: acta, INRAE, IFV, CTIEL, ARVALIS.

Identification des leviers de réduction des risques d'exposition d'exposition dérive

# Les indicateurs de performance d'une pulvérisation



**Unité normalisée** : ng de produit / dm<sup>2</sup> de surface foliaire  
pour 1 g de produit pulvérisé par ha

# Les méthodologies de mesure

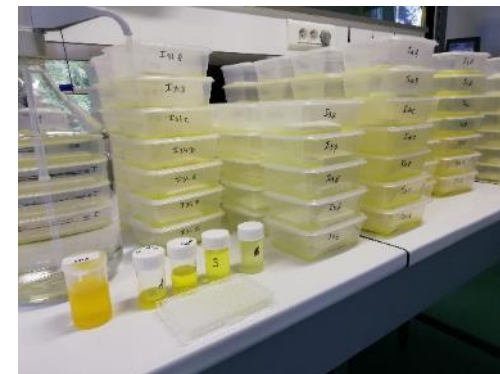
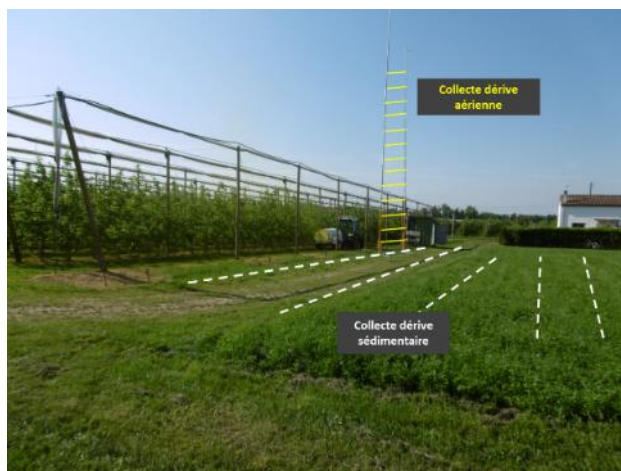


- **Evaluation des performances agronomiques** (dépôts et répartition des dépôts) en verger : méthodologie basée sur la norme ISO 22522



Unité normalisée : ng de produit / dm<sup>2</sup> de surface foliaire pour 1 g de produit pulvérisé par ha

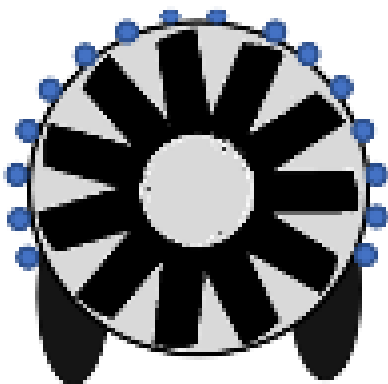
- **Evaluation des performances de réduction de la dérive** sédimentaire et aérienne en verger : méthodologie basée sur la norme ISO 22866



# Les méthodologies de mesure



- Définition d'une référence, incluse dans tous les essais d'évaluation : référence = pratique réaliste et représentative des pratiques professionnelles.

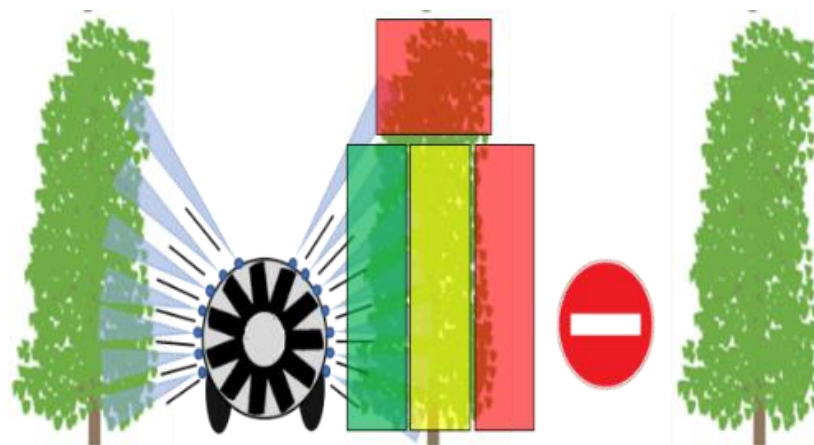
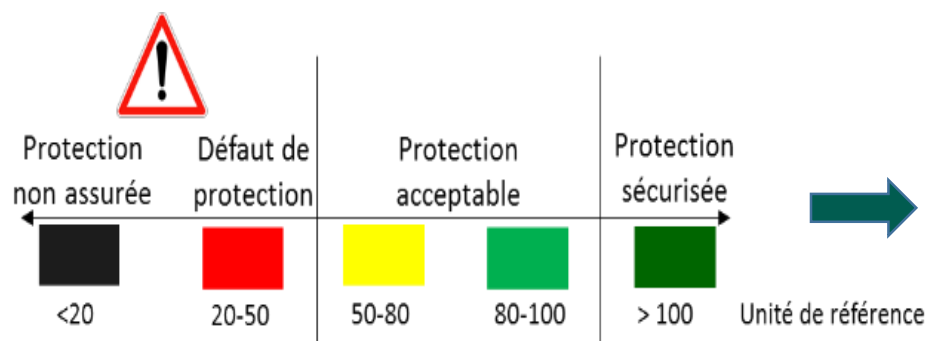


- Pulvérisateur jet porté à ventilation axiale simple.
- Buses classiques à turbulence ou à fente.
- Régime ventilation vitesse supérieure (lièvre).
- Vitesse d'avancement 6 km/h.
- Passage tous les rangs.
- Litrage : 400 l/ha pomme de table, 500 l/ha pomme à cidre.

# Une échelle « dépôts-efficacité »



- A partir d'essais croisés, définition d'une échelle faisant le lien entre les dépôts mesurés et l'efficacité de la protection :



Exemple du passage 1 rang sur 2 en pleine végétation



# Contexte des évaluations



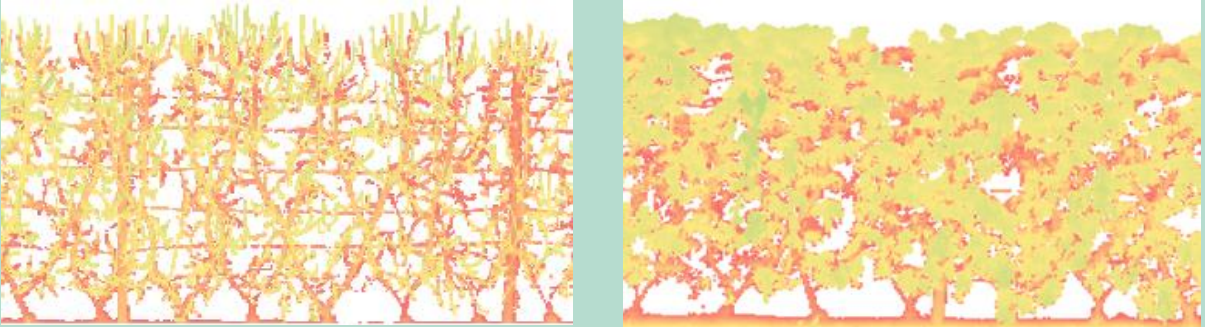
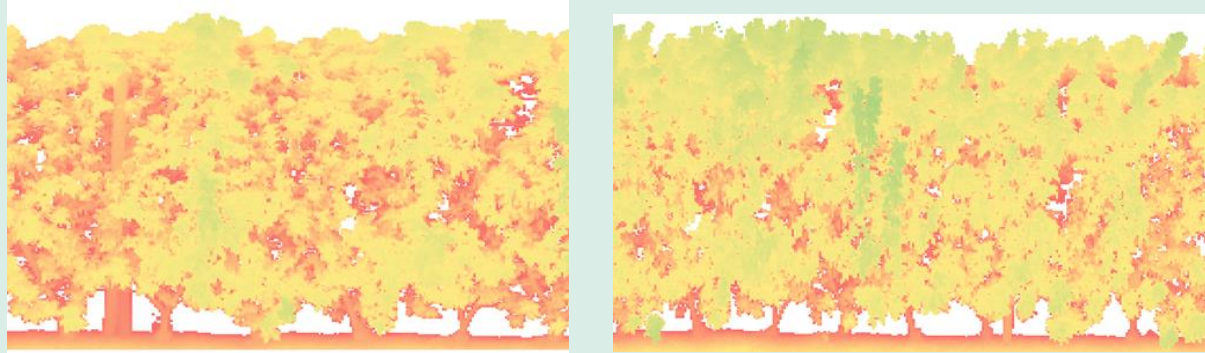
- Vergers pomme de table et pomme à cidre, terrains plats, adultes, conduits en haie fruitière.



# Contexte des évaluations



- Vergers pomme de table et pomme à cidre, terrains plats, adultes, conduits en haie fruitière.

<b>Vergers pomme de table - Porosités moyennes</b>	
<b>Début végétation (avant la fin floraison soit avant le stade BBCH 67-69)</b>	<b>60% de porosité (débourrement) à 25% de porosité (BBCH 67-69)</b> 
<b>Milieu – pleine végétation (après stade BBCH 69)</b>	<b>20 - 25 % de porosité (BBCH 69 à BBCH 75) et &lt; à 20% de porosité après BBCH 75</b> 

# Les questions posées :

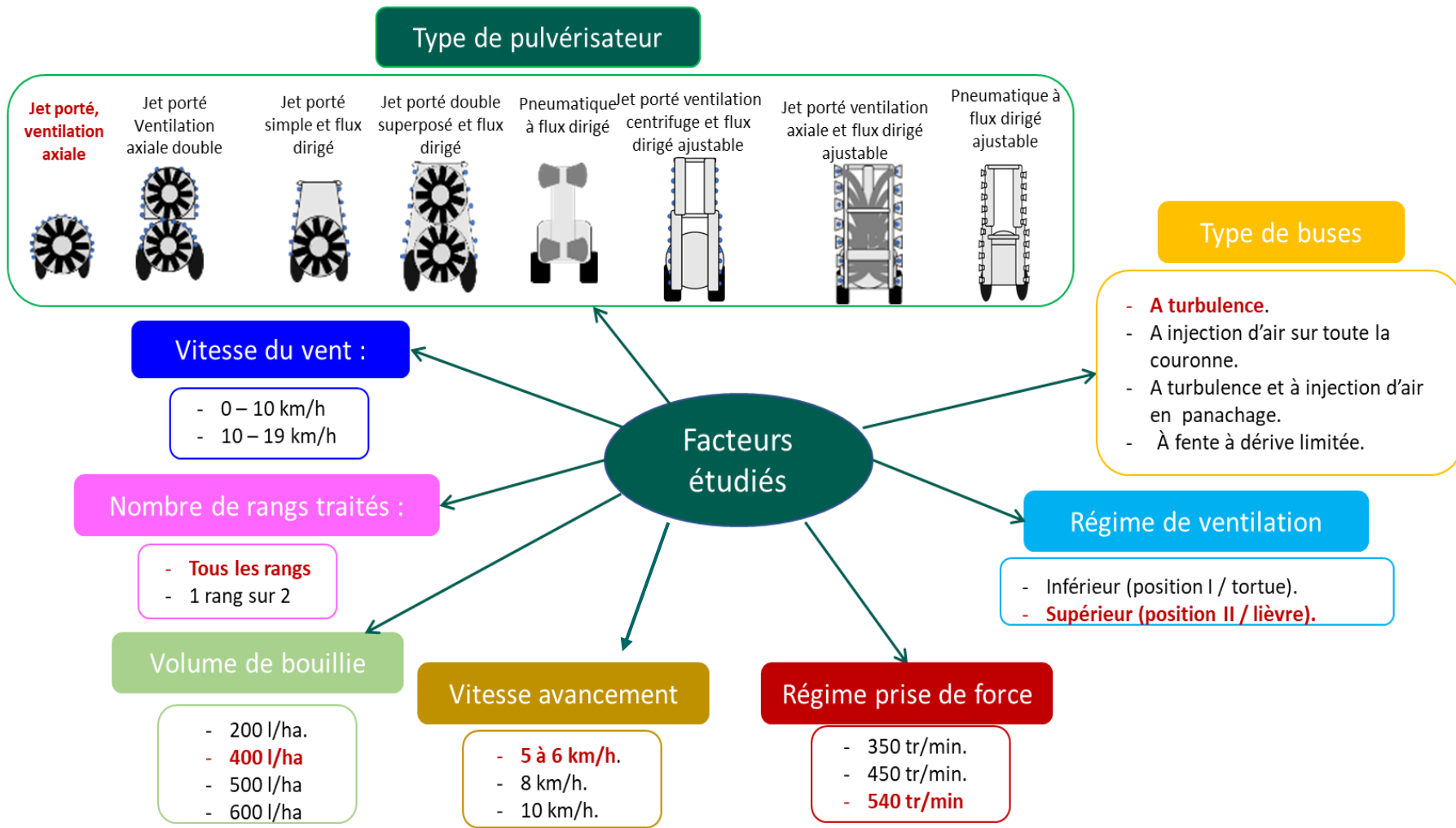


- Est-il possible de limiter les impacts (bruit, dérive...) sur l'environnement sans détériorer la qualité d'application ?
- Est-il possible d'augmenter les débits de chantier sans détériorer la qualité d'application ?
- Quelle combinaison optimale de réglages/pratiques pour traiter « vite, bien et en limitant les impacts » ?

# Evaluation des performances agronomiques :



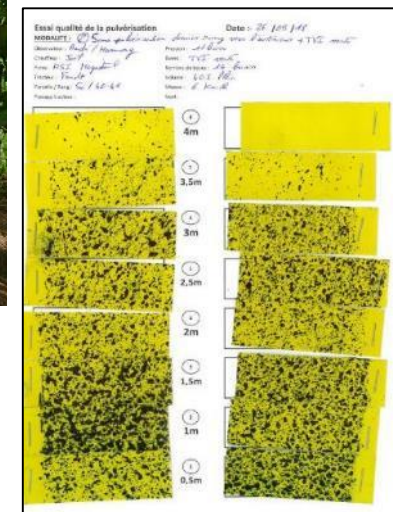
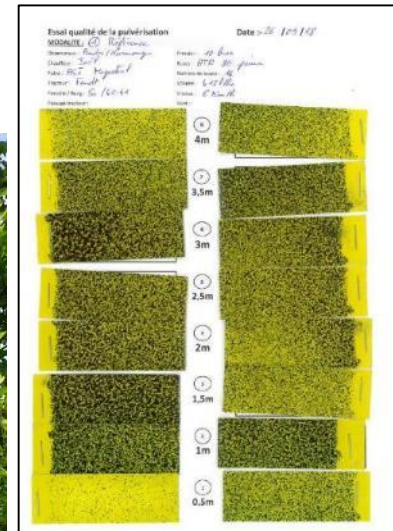
- Matériels, réglages et pratiques testés en vergers :



# Une étape indispensable avant chaque essai :



- Le réglage du pulvérisateur :

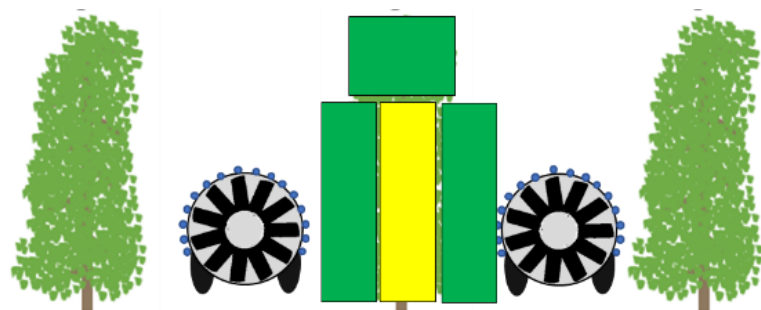


# Les résultats

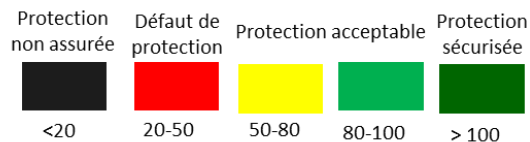
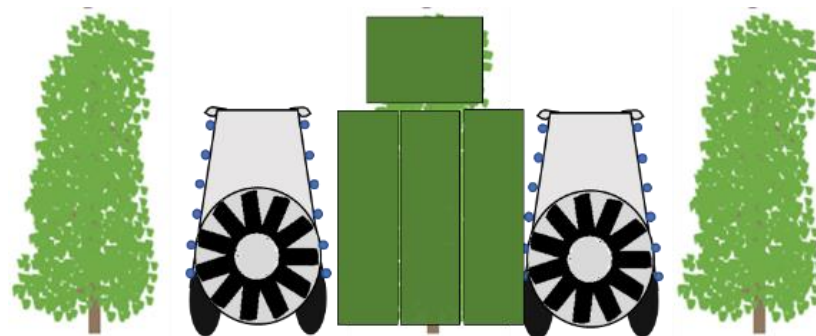


- Un exemple : impact de la typologie du matériel sur la qualité d'application en début de végétation

**La Référence :**  
**Jet porté à flux d'air**  
**multidirectionnel** (Buses à turbulence classiques)



**Jet porté à flux d'air dirigé**  
(Buses à turbulence classiques)



# Les résultats

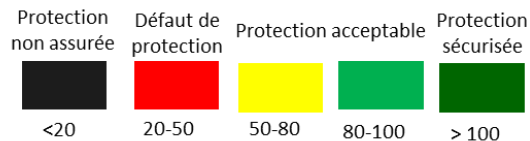
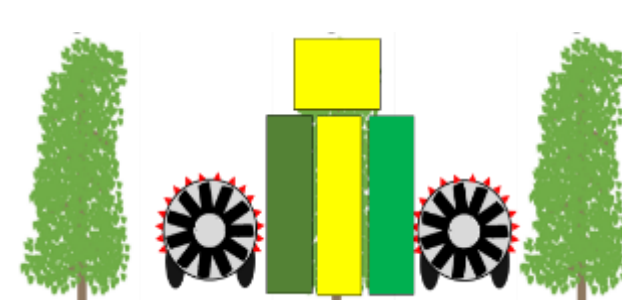
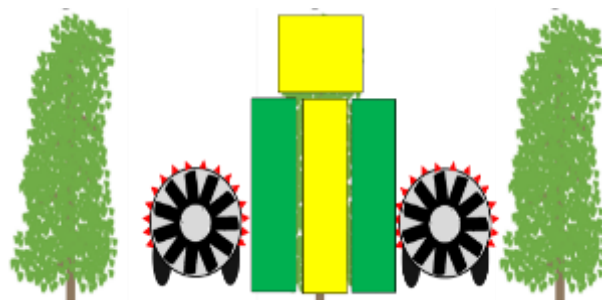
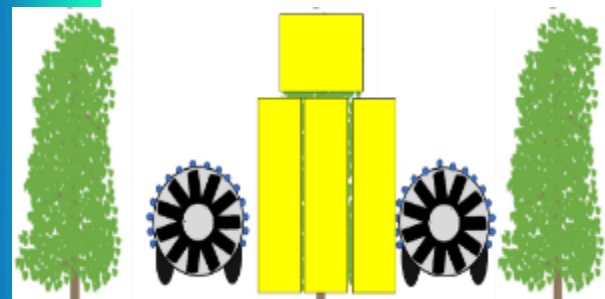


- Un exemple : impact de l'utilisation de buses anti dérive sur la qualité d'application en pleine végétation.

**La Référence :**  
**Buses à turbulence**  
**classiques** (type Albus ATR)

**Buses à injection d'air,**  
**jet plat** (type Lechler IDK)

**Buses à dérive limitée,**  
**jet plat** (type Lechler AD)








# Une synthèse des résultats



- Dans le Guide pratique pour une utilisation efficace et adaptée des pulvérisateurs en arboriculture, à votre disposition

Grille récapitulative des différents appareils selon leurs performances agro-environnementales

Type	Réglages	Qualité d'application		Réduction de la dérive	Maniabilité Stabilité	Commentaires
		Débit végétation	Milieu pleine végétation			
<b>Jet porté</b> 	Buses classiques	😊	😞	😞	😊	
	Buses à injection d'air	😊	😊	😞		
	1 rang sur 2	😞	😞	-		
	<b>Zones sensibles :</b> buses à injection d'air + fermeture flux d'air sur le dernier rang	-	-	😊		
	Buses classiques	😊	😊	😞	😊	
	Buses à injection d'air	😊	😊	😞		
	1 rang sur 2	😞	😞	-		
	<b>Zones sensibles :</b> buses à injection d'air + fermeture flux d'air sur le dernier rang	-	-	😊		
	Buses classiques	😊	😊	😞	😊	Bien vérifier que le haut des arbres soient couverts
	Buses à injection d'air	😊	😊	😞		
	<b>Zones sensibles :</b> buses à injection d'air + pulvérisation vers l'intérieur de la parcelle sur les 2 derniers rangs.	-	-	😊		
	Buses classiques	😊	😊	😞	😞	Utilisation verger plan, déconseillé sous filet paragrêle « chapelle ».
	Buses à injection d'air	😊	😊	😊		
	<b>Zones sensibles :</b> buses à injection d'air	-	-	😊😊		
<b>Pneumatique</b> 	Diffuseurs orientés et ajustés à la cible	😊	😊	😊	😊	Utilisation verger plan, déconseillé sous filet paragrêle « chapelle ».
	<b>Zones sensibles :</b> diffuseurs orientés et ajustés à la cible + pulvérisation vers l'intérieur de la parcelle sur les 2 derniers rangs.	-	-	😊😊		

<https://www.ctifl.fr/Pages/Kiosque/DetailsOuvrage.aspx?&idouvrage=4080>



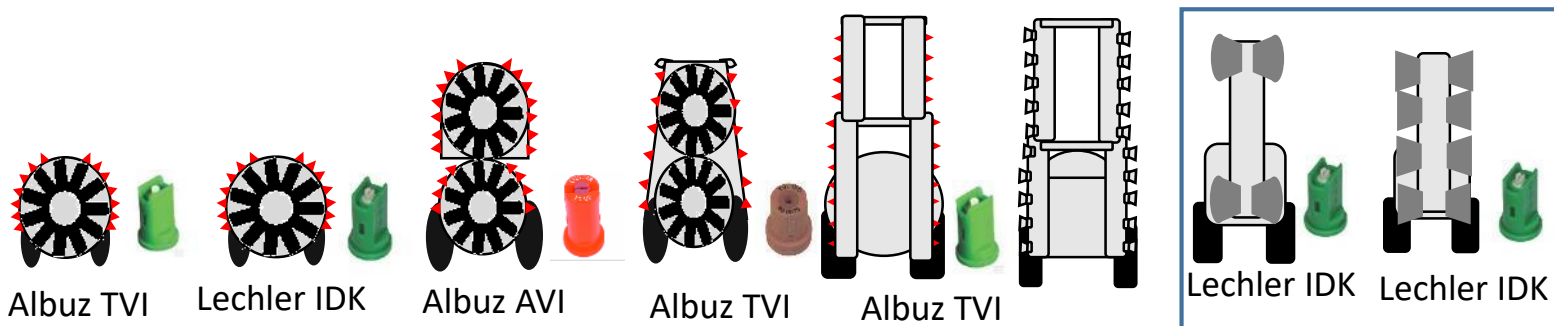


# Evaluation des performances environnementales :



- Les leviers testés ou en cours de tests :

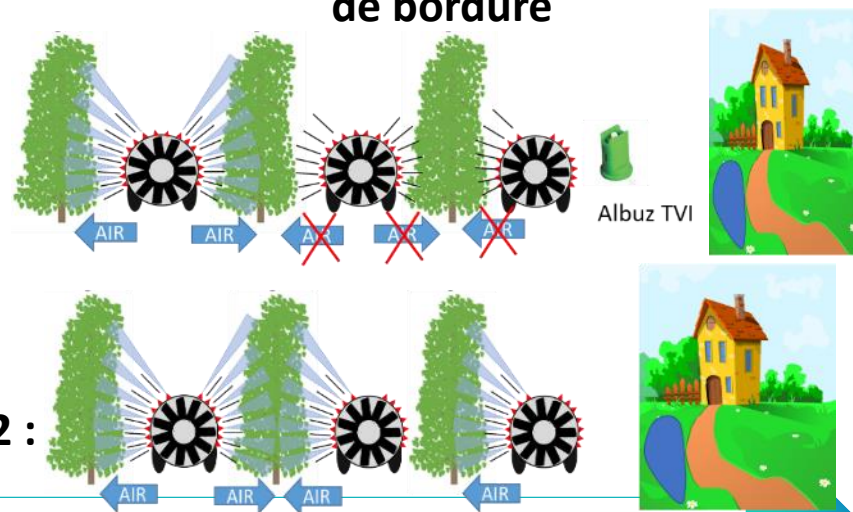
## Levier typologie matériel x buses à injection d'air ou autres



## Levier aménagement parcellaire (filets Alt'dérive) seul ou en combinaison avec buses à injection d'air

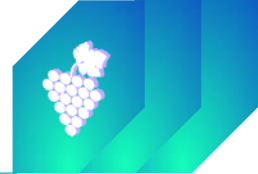


## La gestion des flux d'air sur les rangs de bordure

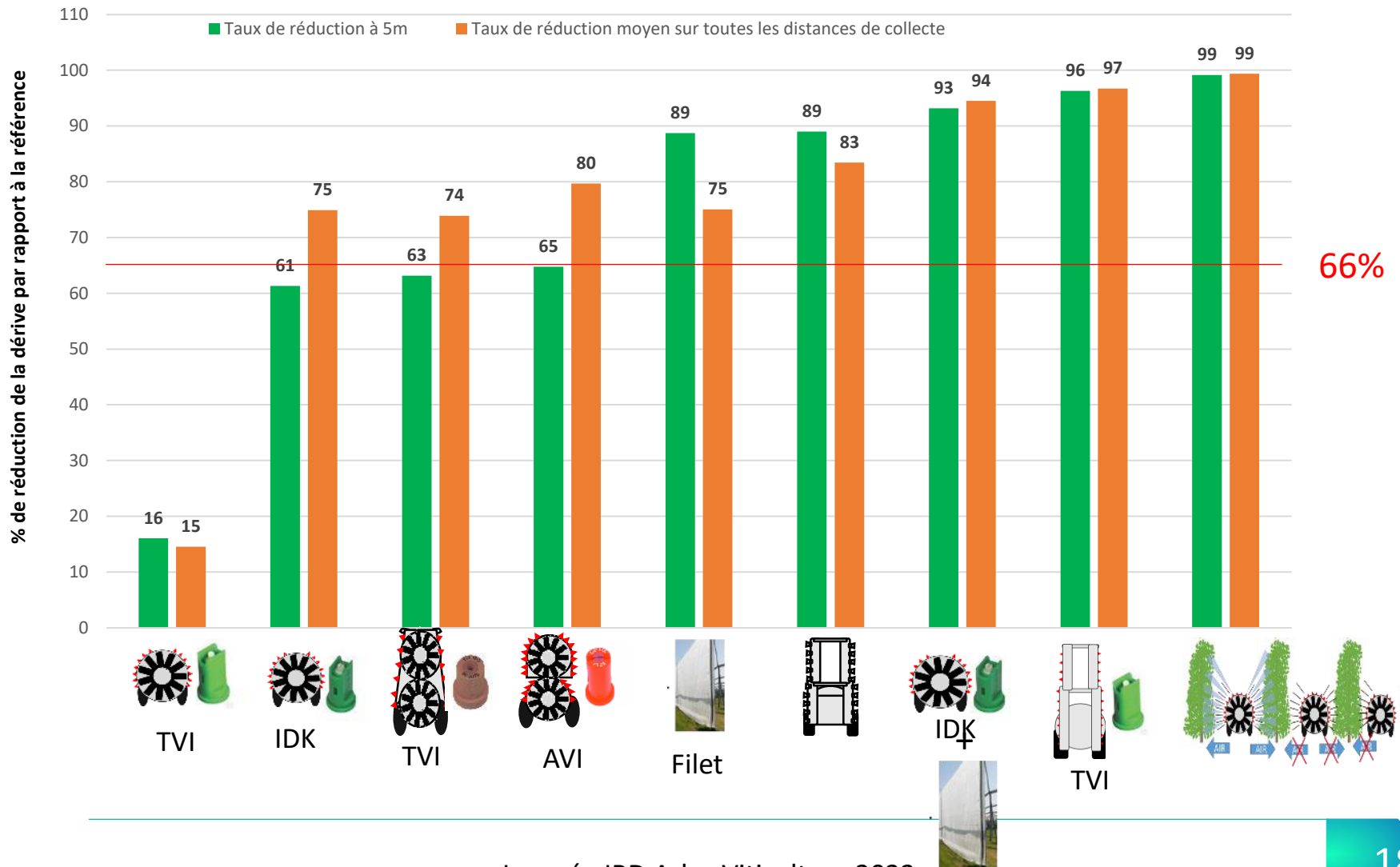


2022 :

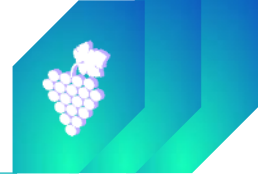
# Les résultats : exemple sur la dérive sédimentaire



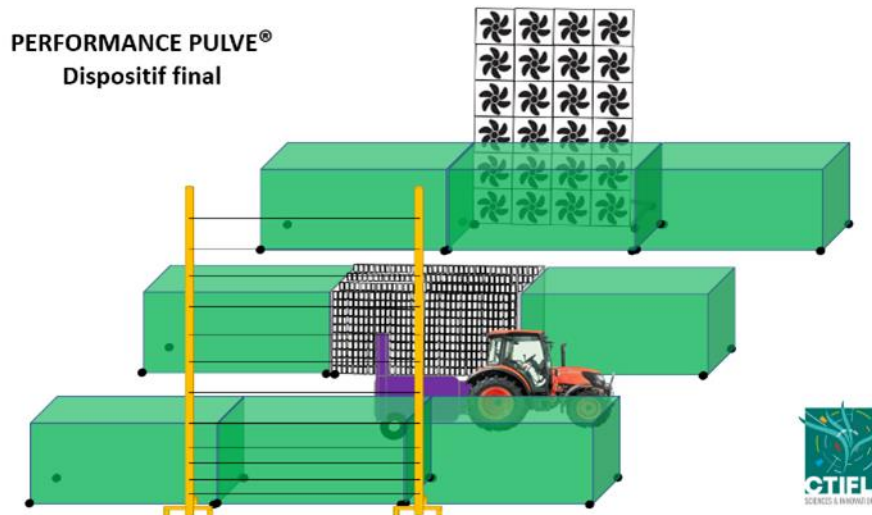
## Capacité de différents leviers à réduire la dérive sédimentaire



# Les perspectives à l'horizon 2024



- La mise en place du dispositif PERFORMANCE PULVE Arbo pour des évaluations répétables en conditions standardisées permettant une classification des performances.



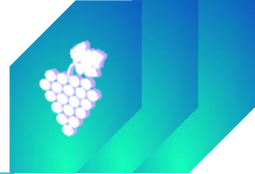
Mur de vent x1



Banc de bordure (filet) x 9    1 banc de collecte (feuilles)



# La recherche de solutions alternatives

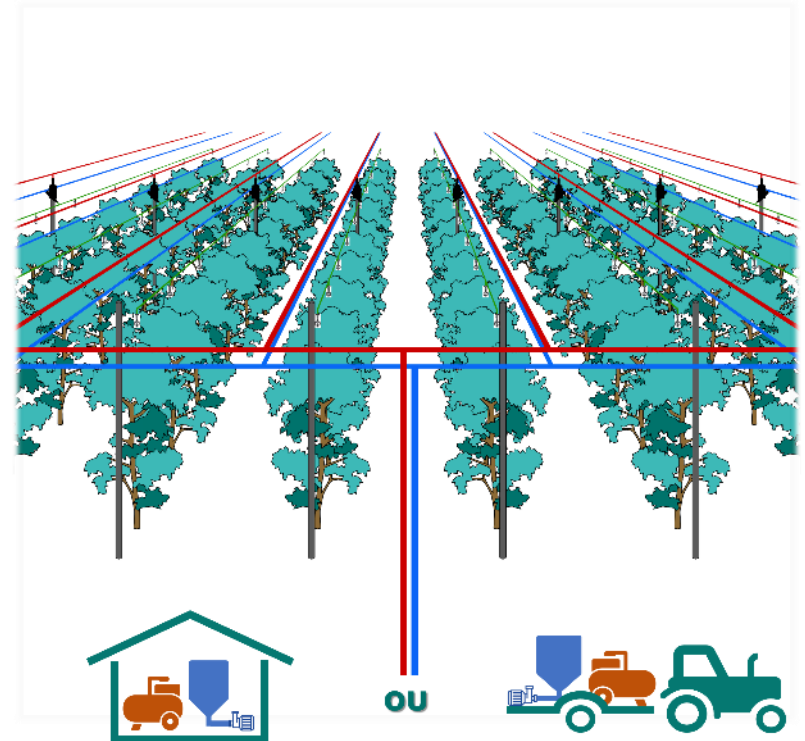


- **PulVéFix** : technique utilisant un système de pulvérisation fixé au-dessus de la canopée. Elle permet l'application du produit en un minimum de temps et cela, sans la présence de l'opérateur dans le verger.
- Culture cible à ce jour : pommiers palissés et irrigués, avec ou sans filets paragrêle.

## DEUX RÉSEAUX, EAU ET AIR, FIXÉS AU FAÎTAGE ...

- Le **premier** équipé d'une **cuve** et d'une **pompe** pour remplir, avec de la **bouillie**, des **réservoirs** fixés en hauteur sur les poteaux de palissage et alimentant les asperseurs situés 20 cm au-dessus des arbres.
- Le **second** équipé d'un **compresseur** pour pulvériser la **bouillie** contenue dans les **réservoirs** sur la parcelle, **simultanément** et en **moins d'une minute**.






L'**appareillage** peut être **fixe** ou **mobile** selon la complexité et la taille de la surface à traiter.



# PulVéFix le bilan

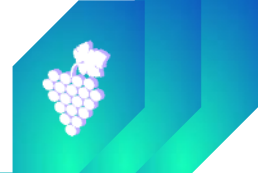


- **Une technique à fort intérêt environnemental : 99% de réduction de la dérive à 5m du dernier rang !** Une réponse aux DSR, par l'équipement des 2, 3, 4 derniers rangs du verger concerné ?
- Une évaluation de la technique pluri annuelle, multi-sites en conditions « pire des cas » : variété Rosy Glow\*, cycle très long et forte sensibilité aux bioagresseurs. Des efficacités plus ou moins bonnes selon la typologie du bioagresseur → définition de contours d'utilisation.

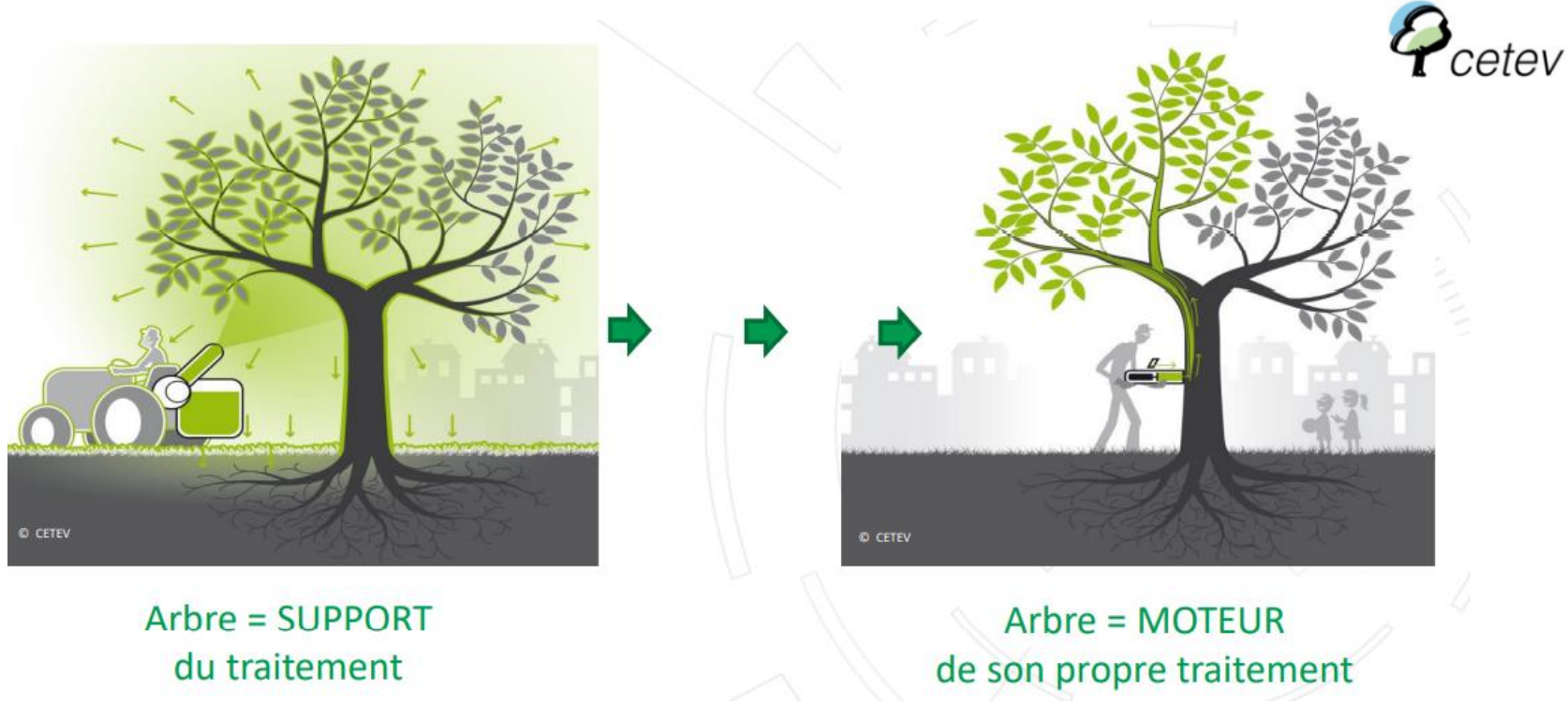
EFFICACITÉ *	Tavelures sur pousses	Tavelure sur fruits	Oïdium	Pucerons cendrés	Carpocapses
Référence Pulvérisateur	<b>76 %</b> min : 16 max : 97	<b>91 %</b> min : 71 max : 100	<b>75 %</b> min : 42 max : 92	<b>90 %</b> min : 43 max : 100	<b>92 %</b> min : 58 max : 100
PULVÉFIX	 <b>71 %</b> min : 31 max : 99	 <b>86 %</b> min : 72 max : 99	 <b>25 %</b> min : 0 max : 58	 <b>57 %</b> min : 3 max : 100	 <b>97 %</b> min : 83 max : 100

- Une technique sécurisée pour l'opérateur par une limitation du contact avec le produit grâce à un système automatisé et déclenchable à distance.
- Une technique qui permet la réduction des nuisances sonores, de la consommation de carburant et de la compaction des sols.
- Une technique sécurisée pour le consommateur (analyses résidus pluri annuelles, conformité réglementation LMR, aucune différence avec la référence ).

# La recherche de solutions alternatives



- La micro injection sécurisée dans le tronc : technique reposant sur l'utilisation d'un système d'injection permettant de délivrer, sans perçage préalable, les substances actives dans le système vasculaire xylémien de l'arbre, le flux de sève assurant la migration.





## Les études micro-injection (projet MISPA 2021-2024)



### Faisabilité technique

Données recherchées :

- Définition des paramètres d'exécution.
- Instrumentation.
- Nombre de points d'injection.
- Répartition houppier.
- Suivi/vérification de l'innocuité de la méthode - vis-à-vis de l'arbre

### Efficacité agronomique

Données recherchées :

- Performance des produits vis-à-vis de la cible.
- Vérification de l'innocuité vis-à-vis du consommateur (résidus sur fruits).
- Vérification de l'innocuité de la méthode vis-à-vis des pollinisateurs.



1.5 inch



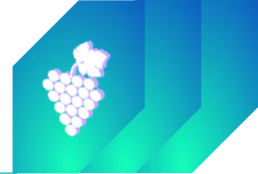
0.75 inch












0.5 inch



# Les modèles étudiés



		Vergers faible densité et arbres de grand volume		Vergers haute densité			
		Châtaigniers	Noyers		Pommiers	Kiwi	Cerisiers
Ravageurs	Chenilles foreuses des fruits						
	Pourritures des fruits						
Maladies				Tavelure	Chancre	Bactériose (Psa)	



# Pour en savoir plus sur la micro injection:



- Des posters à votre disposition sur demande.
- Adeline Renier, CETEV : [arenier@cetev.fr](mailto:arenier@cetev.fr)
- Florence Verpont, CTIFL : [florence.verpont@ctifl.fr](mailto:florence.verpont@ctifl.fr)

### PRotECTION des Arbres par Micro-Injection SécuriSée

#### Projet PREAMISSE

A. Renier\*, F. Verpont\*, G. Berger\*, R. Besse\*  
\*CETEV La Pousargue, La Pousargue, France  
\*CTIFL Limoux, Unité nationale de formation, Limoux  
\*Bassin Réserve Centre de Haut Technologie, INRA, INRT, INP-Ardenne UPS, Toulouse  
\*Lauragri Services, La Pousargue, La Pousargue, France

**Introduction**  
La gestion des ravageurs et des maladies en ZNI, dans les vergers, vignobles et les forêts, est généralement réalisée par pulvérisation de produits phytopharmaceutiques (PPP) sur les parties aériennes des végétaux. De nombreux produits à élimination rapide par dérive. L'injection de PPP dans le tronc est une méthode prometteuse pour réduire les risques associés à la pulvérisation en réduisant l'utilisation de pesticides. Elle consiste à utiliser le système vasculaire existant pour acheminer les PPP à la canopée. Afin d'être le moins invasif possible, une micro-injection au point d'injection est étudiée, ainsi qu'un échantillonnage matériel dans le but de proposer une méthode de Micro-injection Sécurisée à la fois sûre, économique, et personnalisable.

**Objectifs**

- ✓ Suppression de la dérive
- ✓ Réception des ZNI
- ✓ Contrôle des risques
- ✓ Réduction des ZNI

**Structuration projet**

- 1. Caractérisation des flux
- 2. Formulation des produits adaptés à la micro-injection
- 3. Conception des instruments de micro-injection
- 4. Tests terrain en arboriculture

**PREAMISSE en quelques chiffres**

- 7 Formules personnalisées
- 3 prototypes réalisés sur 3 campagnes d'expérimentation
- 10 propriétés d'injection testées en 3 ans
- 11 matériels actifs + 100000 formules + 100000 tests techniques
- 1 labo + 1 traitement phytosanitaire des arbres par micro-injection - réduction de la dérive, recherche des molécules alternatives (Berger 2020)
- 10 sites de développement de formulation spécifique
- 10 sites de développement matériel

**Exemples de réussite technique**

- Essai pommier essai 2017
- Caractérisation au point de micro-injection
- Essai châtaigne personnalisée au point de micro-injection

**BILAN (2016-2018)**

Reconnaissance de la méthode  
Optimisation des protocoles techniques  
L'industrialisation des plus avancées, attention d'efficacité carboximides  
Mieux connaître certains sites et mécanismes d'injection  
Personnalisation rapide des protocoles de nouveaux produits pendant le projet  
Analyse et identification des leviers d'action  
Définir de nouvelles stratégies produits / traitements

**Partenaires & Financiers**

Lauragri Services, CETEV, CTIFL, INRA, INRT, INP-Ardenne UPS, Bassin Réserve Centre de Haut Technologie, France AgriMer, Financement FranceAgriMer

### LA MICRO-INJECTION SECURISEE POUR LA PROTECTION DES ARBRES

Contacts : Florence VERPONT (CTIFL) - Adeline REMER (CETEV)

**CONTEXTE**  
La réglementation et société d'aujourd'hui incite à la recherche de solutions alternatives à l'utilisation du pulvérisateur et de ses problématiques (dérive, santé, sécurité opérateur et riverains...). La micro-injection sécurisée dans le tronc des arbres pourrait être, demain, un nouvel itinéraire de protection des vergers arboricoles, notamment dans les contextes situés en zones sensibles (proximité des plans d'eau, habitats) ou difficiles dans lesquels l'efficacité des applications par pulvérisation est limitée (arbres de grande taille, verges en pente...).

**PRINCIPE DE LA TECHNIQUE**  
Le principe de la technique repose sur l'utilisation d'un système d'injection qui permet de délivrer les substances actives dans le système vasculaire xylém de l'arbre, en flux de sève assurant la migration. Cette méthode se veut la moins invasive possible : sans perçage préalable, sans pression, adaptable à chaque espèce et problématique.

**LES DIFFERENTES ETAPES DE TRAVAIL**

1 - Définition des paramètres techniques pour chaque espèce arboricole étudiée :  
→ Sélection de la taille de l'aiguille pour le positionnement du produit « au bon endroit » à un niveau des canaux actifs du xylème.

2 - Évaluation de l'efficacité « agronomique » de la technique sur différents modèles arboricoles :  
→ Conduite d'essais d'efficacité sur plusieurs modèles (en cours ou démarrés en 2022).

3 - Vérification de l'innocuité de la technique :  
→ Vis-à-vis de l'arbre : observations du phénomène de coarctation au niveau des points d'injection par observation en lumière artificielle au microscope.

→ Définition du nombre de points d'injection nécessaires pour une migration optimale du produit injecté (couverture totale du houppier).

→ Vis-à-vis du consommateur : analyses résidus sur fruits à la récolte. A ce jour, pas de résidus détectés sur tous les lots analysés.

**LES PERSPECTIVES**  
Poursuite des travaux et déploiement aux espèces kiwi et noyers dans le cadre du projet MISA - Micro-Injections Sécurisées pour la Protection des Arbres - juillet 2021 - juillet 2024.

Financement FranceAgriMer  
Partenaires CTIFL, CETEV, INVENIO, Station expérimentale de CREYSSÉ.

→ Résultats très encourageants sur les cibles ravageurs, maladies fongiques plus complexes.

### MICRO-INJECTEUR SECURISÉ CETEV

Avec plus de 10 ans d'expérimentation en injection, Cetev a mis au point le **MICRO-INJECTEUR SECURISÉ** une alternative à la pulvérisation pour le traitement des arbres.

Un logiciel embarqué pour des injections précises, parfaitement dosées et traçables.

Un appareil portable, compact et robuste.

Économie.

**Avantages de la MICRO-INJECTION**

- Aucune dérive
- Recherche des ZNI et des zones tractabilisables
- Méthode pérenne, occasionnelle et précise
- ÉProuvée longue durée pour certains produits
- Tout type de produit (eau, stimulateurs, PPP)

**Avantages du MICRO-INJECTEUR SECURISÉ**

- Haute capacité et autonomie
- Avec la dérive, dosage personnalisable
- Mesure précise des volumes appliqués
- Région arboricole d'origine
- Pas de détection de l'opérateur au des verges

**Avantages pour le PRODUCTEUR**

- Intégration nel tronc à l'origine
- Indépendant des conditions météo
- Planification de la campagne antiparasitaire
- Moins de déplacements au champ
- Volume de produits réduits

Un seul outil pour toutes les situations.

CETEV SAS  
La Pousargue - 34200 La Pousargue - France

contact@cetev.fr  
www.cetev.fr  
+33 5 34 06 01 59

Florence VERPONT  
florence.verpont@ctifl.fr

# LES JOURNÉES IRD EN OCCITANIE



Merci de votre  
attention

