

# Séminaire intermédiaire

## « Epidémiosurveillance étendue »

**Date :** vendredi 21 novembre 2025

**Lieu :** Visio conférence Zoom <https://inrae-fr.zoom.us/j/96028064312>

**Heure de début** 09h00

**Heure de fin** 13h00

Réunion ouverte à la communauté Ecophyto R&I seulement .

## Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

# IRIS

Improving Risk Inference by Surveillance of biological regulation services

### Année de début/fin

2024/2027

### Responsable scientifique

Virginie Ravigné

CIRAD

virginie.ravigne@cirad.fr

### Partenaires

CIRAD - Unités PHIM et AGAP ; INRAE - Unités  
IGEPP et BioSP

### Mots-clés

Agrumes, Phytobiome, HTS, Métabarcoding,  
Service de régulation

### Type de projet

Projet exploratoire,

### Montant total du projet

822 000 €

### Montant de la subvention OFB

500 000 €



Larve de coccinelle dévorant un puceron sur une jeune feuille d'agrumes. Photo :  
Virginie Ravigné

## Contexte et principaux objectifs

La réduction de l'usage des pesticides repose en partie sur notre capacité à **anticiper les émergences et proliférations de maladies et ravageurs**, et informer les agriculteurs. Pour cela, l'Etat organise une **surveillance des organismes nuisibles** déjà présents sur le territoire ou à nos portes. Cette surveillance porte cependant sur un petit nombre d'espèces. Or, récemment, on a réalisé que la santé de la plante était déterminée non pas seulement par les organismes nuisibles mais aussi par le **phytobiome** : l'ensemble des organismes associés aux plantes et leurs interactions. Dans le phytobiome, des espèces dites **auxiliaires** (microbes bénéfiques, arthropodes prédateurs ou parasitoïdes) régulent les populations nuisibles.

**Orienter la surveillance vers la caractérisation des communautés associées aux plantes permettrait d'identifier des parcelles où ces régulations naturelles fonctionnent efficacement, rendant les traitements phytosanitaires inutiles voire délétères, et celles où elles sont insuffisantes.**

Désormais, la description du phytobiome est possible en mêlant séquençage haut débit et analyses de réseaux, mais son déploiement à grande échelle se heurte à des difficultés logistiques et financières. Pour dépasser ce verrou, IRIS propose de tester l'hypothèse que l'hétérogénéité spatio-temporelle du paysage agricole crée des zones de l'agrosystème plus favorables aux régulations naturelles et d'autres plus à risque de dérégulation. Sous cette hypothèse, les conditions éco-climatiques et paysagères facilement accessibles renseigneraient déjà sur le potentiel de régulation, qui ne nécessiterait plus un suivi constant de toutes les espèces du phytobiome.

IRIS se focalisera sur un système pilote : les agrumes de Corse. Cette culture emblématique, déjà aux prises avec des maladies et des ravageurs installés (cochenilles, pucerons...), est aussi sous la menace de nouvelles contraintes sanitaires (HLB, mouche orientale des fruits). IRIS produira des **inventaires de biodiversité multi-règne** (virus, bactéries, champignons, arthropodes) dans les parcelles d'agrumes dans le paysage agricole en utilisant les **techniques de séquençage haut-débit**. Des expériences dédiées permettront de **générer des modèles du lien entre la composition du phytobiome et le niveau de régulation naturelle**. Des analyses spatiales identifieront les **éléments de la structure du paysage agricole** qui influent sur la composition du phytobiome et donc sur le potentiel de régulation.

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

Le projet IRIS vise à réaliser un **état des lieux inédit de la composition du phytobiome des agrumes**. Son **interprétation en termes de risques sanitaires et régulation naturelle** seront livrés sous forme de **cartographies** aux acteurs de la surveillance et aux agriculteurs afin de leur permettre de renforcer la vigilance dans les zones les plus à risque. Elle encouragera également les agriculteurs situés dans des zones de fort potentiel de régulation à continuer de s'appuyer sur la biodiversité auxiliaire de leurs parcelles pour la gestion du risque.

IRIS s'appuiera sur plusieurs jeux de données qui permettront de tester les facteurs structurant la biodiversité associée aux agrumes et éprouver la généralité de l'approche :

- Caractérisation des microbes foliaires des agrumes en fonction du génotype de l'arbre (greffon et porte-greffe) – réalisée dans la collection de l'INRAE San Giuliano.
- Caractérisation fine de la biodiversité (microbes foliaires et arthropodes) au cours du temps dans 6 parcelles de clémentines en agriculture biologique et conventionnelle (printemps et automne en 2024 et 2025)
- Caractérisation « snapshot » de la biodiversité (microbes foliaires et arthropodes) dans environ 40 parcelles de clémentine de la Plaine orientale (printemps 2025)

- Suivi d'abondance d'insectes auxiliaires et ravageurs des agrumes dans 25 parcelles de clémentine de la Plaine Orientale (printemps, été et automne de 2020 à 2022) – réalisé par INRAE San Giuliano et mis à disposition du projet.
- Prospections et échantillonnages hors de la Plaine orientale (clémentine, orange, citron, environ 30 parcelles).

## Principaux résultats :

### Connaissance du paysage agrumicole

- Convention d'échanges de données avec l'AOP Fruits de Corse pour accès au parcellaire. Assemblage de données géoréférencées de plusieurs sources concernant l'occupation du sol. Analyse de la structure du paysage agricole au moyen du logiciel Graphab.

### Biodiversité microbienne et virale associée aux agrumes

- Les premiers essais de laboratoire portatif visant à caractériser les microbes associés aux plantes au plus près du terrain et en situation de sciences participatives. Démonstrations lors des rencontres de la médiation scientifique en Occitanie et déploiement dans le cadre de la fête de la science auprès du lycée agricole de Borgo. Échantillonnage des jardins des particuliers. Couverture médiatique.
- Une description détaillée du microbiote foliaire dans 6 parcelles de producteurs de clémentines de la Plaine Orientale. Contrairement à l'idée que les microbiotes foliaires ont des compositions très aléatoires, nous montrons que les microbiotes foliaires sont fortement structurés par parcelle : les arbres d'une même parcelle tendent à partager les mêmes microbes. Par ailleurs, ces microbiotes changent de façon répétable au cours des saisons avec une augmentation de la diversité et de certains groupes entre le début d'été et l'automne. Enfin, ces microbiotes sont affectés de façon significative par les pratiques agricoles (agriculture conventionnelle vs biologique), et par le contexte paysager entourant les parcelles (plus ou moins d'espaces semi-naturels). Les microbiotes foliaires répondent donc bien à la structure du paysage agricole et aux pratiques. Nous détectons aussi plusieurs genres fongiques contenant des espèces nuisibles sur agrumes. Une réflexion est lancée pour tenter de caractériser ces organismes à l'espèce et pouvoir fournir une description plus fiable et complète du pathobiote. Rapport de stage de Master 2.
- Des tests de détection virale sur un ensemble de 30 parcelles réparties dans toute la Corse (10 dans la Plaine Orientale et 20 en dehors) en clémentine, orange et citron. Nous avons découvert un foyer de virus de la Tristeza au sud de la Plaine Orientale. Cette maladie virale, déjà signalée dans les années 2000) avait fait l'objet d'une campagne d'éradication. La DRAAF a été prévenue. Une première analyse de diversité suggère que les souches sont très similaires entre elles et avec des souches présentes en Italie et considérées comme peu virulentes dans le contexte européen. Un séquençage long-fragments va être réalisé pour compléter et confirmer ce résultat. Rapport de stage de Master 2.

### Biodiversité des arthropodes associés aux agrumes

- Une analyse de l'abondance de quatre insectes auxiliaires (chrysope, une coccinelle locale, deux espèces de coccinelles utilisées en lutte biologique) dans un ensemble de 25 parcelles agricoles en clémentine réparties dans la Plaine Orientale. Nous montrons que la structure du paysage agricole est bien un déterminant essentiel des abondances des auxiliaires des agrumes, y compris de ceux qui sont utilisés en lutte biologique. Les facteurs précis favorisant l'une ou l'autre des espèces peuvent varier fortement avec parfois des effets opposés. Article en cours de rédaction.
- Plus de 4500 arthropodes associés aux agrumes ont été prélevés et déterminés au minimum à la famille. Une analyse des communautés arthropodes de la Plaine Orientale est en cours.
- Une analyse des régimes alimentaires des arthropodes prédateurs de la Plaine Orientale est en cours. Elle repose sur une analyse par métabarcoding du contenu stomacal des prédateurs (notamment forficules). Rapport de stage de M2.

## Livrables, valorisation et transfert majeurs envisagés

### Publications & colloques scientifiques

- (i) Composition et structure des communautés de microbes de la phyllosphère des agrumes de Corse
- (ii) Caractérisation du réseau trophique arthropode dans les vergers d'agrumes corses
- (iii) Package de calcul de connectivités

### Articles de valorisation/vulgarisation

- (i) Flyers de sensibilisation des détenteurs d'agrumes,
- (ii) Carte web dynamique de potentiel de régulation naturelle

### Présentation à des instances professionnelles ou de décision

- (i) Présentation des résultats au GT HLB de la Plateforme ESV,
- (ii) Communication des résultats à la DRAAF de Corse

### Autres valorisations

Rapports individualisés aux agriculteurs participants

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos

Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

## Projet IMPACT

Intégrer la mosaïque des paysages cartographiés par télédétection, et le risque épidémique associé, pour une gestion plus agroécologique des maladies réglementées des cultures pérennes

**Année de début/fin**  
2024-2027

**Responsable scientifique**  
Frédéric Fabre INRAE

frederic.fabre@inrae.fr

**Partenaires :**

- INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement),
- IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin),
- GDON SG (GDON du Sauternais et des Graves) et CA33 (Chambre d'Agriculture de la Gironde).

Seront par ailleurs impliqués des partenaires non financés : GDON des BORDEAUX, DRAAF-AUVERGNE-RHONE-ALPES (AURA)/FREDON, FREDON AURA, FREDON Corse et DAAF Réunion.

**Mots-clés**

Paysage agricole ; Télédétection ; Risque épidémique ; Aide à la décision ; Épidémiologie moléculaire

**Type de projet**

Projet exploratoire,

**Montant total du projet**

982 879 euros

**Montant de la subvention OFB**

499 174 euros



Photo de la cicadelle vectrice du phytoplasme de la flavescence dorée, *Scaphoideus titanus* (crédit INRAE)

## Contexte et principaux objectifs

Le projet IMPACT se focalise sur l'épidémiosurveillance de **trois maladies réglementées des plantes pérennes** transmises par vecteurs, le **Huanglongbing (HLB)** sur agrumes, la **sharka** sur prunus et la **flavescence dorée (FD)** sur vignes. Leur épidémiosurveillance, actuellement centrée sur la culture focale d'intérêt, sera étendue à la diversité des mosaïques paysagères afin de **réduire les traitements obligatoires, d'améliorer les stratégies de prospection** et de **favoriser la gestion préventive des réservoirs**.

Nous mobiliserons la **télédétection et la modélisation pour mieux cartographier le risque** des trois maladies ciblées. Un algorithme de classification utilisant des données de télédétection multi-temporelles sera développé pour cartographier à l'échelle des parcelles de vignes et de fruitiers, cultivées ou abandonnées, ainsi que les parcelles nouvellement plantées.

La modélisation statistique spatiale nous permettra ensuite de **quantifier et de prédire le risque associé** à la présence de ces éléments clés dans les paysages agricoles (via leurs emprises, leurs distances aux parcelles d'intérêt) sur l'incidence des maladies dans les cultures focales.

**Les cartes de risque ainsi obtenues serviront à orienter les stratégies de prospection et de surveillance.** De façon complémentaire, nous intégrerons l'effet de variables paysagères et climatiques dans le processus de déclenchement des traitements insecticides contre le vecteur de la FD.

Finalement, nous mobiliserons également la biologie moléculaire pour **développer un outil caractérisant la diversité génétique des phytoplasmes de la FD**. Nous pourrions ainsi mieux comprendre l'influence des communautés de vecteurs sur les variants de FD circulant dans les paysages et, de façon appliquée, distinguer au vignoble des cas d'infection avec des variants épidémiques versus peu épidémiques, ces derniers ne nécessitant pas de traitements obligatoires.

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

Les cartes de risque produites permettront de détecter plus précocement des foyers non prospectés, de prioriser les zones à prospections, de mieux positionner les réseaux d'observation et d'optimiser les dates des traitements obligatoires. Les cartes favoriseront également l'acceptabilité des mesures de lutte en les adaptant aux spécificités de chaque territoire. Si le rôle de certains éléments du paysage s'avère majeur (ex : cas des vignes abandonnées), ce projet fournira des arguments permettant de renforcer l'arsenal réglementaire dédié à leur gestion.

Le génotypage permettra d'éviter les traitements lors de la détection de variants FD peu épidémiques au vignoble comme ceci a déjà été exceptionnellement mis en place sur certains secteurs en Bourgogne, Alsace et Champagne.

### Bilan des actions conduites et réalisations à mi-parcours

#### **Action 1 : Améliorer par télédétection la connaissance des parcellaires viticoles et arboricoles**

**Gestion de la FD.** L'objectif est d'identifier les parcelles de vigne abandonnées pour compléter le parcellaire viticole utilisé pour l'épidémiosurveillance. La base de données du GDON des Sauternes et des Graves (2020–2024), dans la région de Bordeaux, a servi de référence. La nomenclature a été simplifiée en trois classes : parcelles cultivées, arrachées ou abandonnées. Seules les parcelles de taille suffisante et intersectant une même tuile Sentinel-2 ont été retenues.

Les images Sentinel-1 (radar) et Sentinel-2 (optique) ont été combinées, filtrées et harmonisées temporellement. Plusieurs modèles de classification ont été testés, ainsi qu'un nouveau modèle conçu dans le cadre du projet, nommé ConDA-Vine. Ce modèle intègre une stratégie d'adaptation de domaine pour prendre en compte des

données satellitaires provenant d'années différentes. ConDA-Vine a montré les meilleures performances, détectant 45 % des parcelles abandonnées.

Le modèle final ConDA-Vine a été entraîné et validé sur les données couvrant le site d'étude des Sauternes et des Graves. Son adaptation au vignoble de Savoie sera testée après une phase d'exploration des données disponibles sur cette seconde région d'étude du projet.

Les perspectives d'amélioration de la classification reposent sur l'exploitation de nouvelles sources de données. Le modèle Alpha Earth Foundations pourrait permettre d'intégrer des caractéristiques climatiques et topographiques supplémentaires. De même, les images optiques PlanetScope offriraient une meilleure résolution spatiale et temporelle que les images Sentinel. Enfin, les données LiDAR apporteraient une information complémentaire sur la hauteur de la végétation.

**Gestion de la sharka.** L'objectif est de différencier les vergers de Prunus cultivés des autres vergers, et d'identifier plus spécifiquement les vergers de trois ans ou moins, afin de repérer à terme les vergers de Prunus non déclarés par les propriétaires et ainsi compléter le parcellaire arboricole utilisé pour l'épidémiosurveillance.

Un premier jeu de données a été constitué : il comprend le parcellaire des espèces sensibles à la sharka (couche vectorielle des vergers de pêcher, abricotier et prunier) connu de la FREDON AURA pour les années 2014 à 2024, ainsi que des données cartographiques de vergers de pommier et de poirier. Ce jeu a été comparé aux données du Registre Parcellaire Graphique (RPG), révélant l'absence de nombreux vergers d'abricotier, de prunier et de pêcher dans le RPG.

Une première approche a priori a été testée. Elle repose sur un indice de floraison (Enhanced Bloom Index) calculé à partir des bandes RGB des images Sentinel-2, dans le but de détecter la période de floraison des vergers de Prunus (plus précoce que celle des autres groupes botaniques) et ainsi d'identifier une signature spécifique. Cette approche s'étant révélée infructueuse, une approche sans a priori est actuellement en cours, explorant différentes pistes basées sur des algorithmes de classification.

**Gestion du HLB.** Un jeu de données du parcellaire agrumicole Corse (i.e. couche vectorielle comprenant les polygones représentant les vergers d'agrumes) connu par l'AOP Fruits de Corse a été constitué. Grâce à un financement (issu du budget CIRAD du projet IRIS et du budget INRAE du projet IMPACT) à la FREDON Corse pour partir à la recherche de parcelles hors de la Plaine Orientale, 20 parcelles supplémentaires (qui ne sont pas IGP) ont pu être identifiées. Au total, avec un regroupement des différents sous-jeux collectés, le jeu de données final compte 745 parcelles. Les espèces les plus présentes sont la clémentine et le pomelo. Etant donné la mise à jour régulière de la base de données de l'AOP Fruits de Corse et du nombre réduit de parcelles qu'elle représente, un travail sur la télédétection des vergers d'agrumes n'est pour le moment pas une priorité, l'enjeu n'en justifie pas l'effort.

## **Action 2 : Intégrer les effets liés à la structure des paysages dans les modèles d'aide à la prospection**

**Gestion de la FD.** L'objectif est ici de préciser le rôle des parcelles de vigne abandonnées sur le risque d'infection par la FD des parcelles cultivées. En lien avec l'action 1, une base de données a été constituée à partir des prospections FD du GDON des Sauternes et des Graves pour les campagnes 2023 et 2024, au cours desquelles les ceps de vigne infectés ont été localisés individuellement. Ces données permettront d'analyser finement le lien statistique entre la présence (distance, étendue) des parcelles de vigne abandonnées et l'infection des ceps par la FD.

Au total, la base de données rassemble 7 093 ceps infectés répartis dans 8 404 parcelles cultivées. Chaque parcelle a ensuite été découpée sur une grille spatiale de 20 m de côté, aboutissant à 167 264 cellules renseignées pour la présence de ceps infectés (variable à expliquer), le cépage, la densité de plantation, la présence de repousses de porte-greffe, le mode de conduite (agriculture conventionnelle ou biologique), la position de la cellule en bordure d'îlot viticole, ainsi que les proportions de vignes cultivées et abandonnées dans des rayons de 100 à 1 000 m autour de leur centroïde. Les analyses statistiques seront conduites au premier trimestre 2026.

Le travail sur la FD dans l'action 2 concerne également la modulation du déclenchement des traitements insecticides obligatoires en fonction de l'effet de la structure du paysage viticole sur les températures. Pour ce faire, l'analyse des données historiques de température a permis de définir, en début de projet, un zonage climatique pour chaque territoire étudié, distinguant des zones fraîches, tempérées ou chaudes. Sur les réseaux de parcelles ainsi constitués, un suivi de l'éclosion et du développement des larves de *Scaphoideus titanus* a été réalisé durant deux années consécutives, complété par un piégeage des adultes.

Le travail en cours vise désormais à analyser les jeux de données obtenus afin d'élaborer un modèle de développement larvaire et de prédire son évolution sur les deux territoires étudiés, puis à valider cette prédiction au cours de la dernière année du projet.

### **Action 3 : Développer un outil de génotypage pour tracer la circulation des variants de FD dans les paysages viticoles**

Une méthode combinant capture et séquençage Illumina des séquences ADN codantes du phytoplasme FD a été validée sur des échantillons calibrés de vignes de serre et de terrain infectées par le variant majoritaire M54. Un protocole de recherche de mutations pour le génotypage est en cours d'élaboration. Un premier lot d'échantillons de vignes infectées, représentatif des cas isolés et des principaux foyers français identifiés en 2023, est actuellement en cours de séquençage.

Le génotypage par PCR en temps réel VMP-RK d'échantillons d'aulnes prélevés sur huit sites en France a montré des différences de prévalence des variants FD (vectotypes II et III) selon les sites. Le séquençage profond du gène *map* du phytoplasme, à l'aide d'une nouvelle chimie Illumina « longue lecture », ainsi qu'un protocole d'identification des variants, sont en cours de réalisation.

Les suivis des cicadelles sur aulnes ont été renouvelés sur trois sites en 2025. La détermination des espèces et les analyses de détection et de génotypage des phytoplasmes FD sont actuellement en cours.

## **Livrables, valorisation et transfert majeurs envisagés**

### **Livrables pour les professionnels :**

- Cartographie des éléments clés du paysage liés à l'épidémiologie de la sharka (Occitanie, AURA), du HLB (Corse, Occitanie, Réunion) et de la FD (Bordeaux, Savoie),
- Carte de zonage entomo-climatique représentant le développement de *Scaphoideus titanus*; pour différencier les dates de traitement obligatoire et
- Protocole de génotypage haut débit de la FD pour les laboratoires d'analyse agréés.

### **Publications & colloques scientifiques :**

- Méthodes de cartographie des éléments du paysage et
- Méthodes de génotypes FD et
- Rôles des éléments clés du paysage sur les épidémiologies de la sharka, du HLB et de la FD.

### **Articles de valorisation/vulgarisation :**

- Apports de la télédétection et de la modélisation à l'épidémiosurveillance de la sharka, du HLB et de la FD
- Intérêt des méthodes de génotypes FD et des cartes de zonage pour la réduction des traitements insecticides obligatoires

Présentation à des instances professionnelles ou de décision :  
*en fonction des opportunités en fin de projet.*

## **Livrables, valorisation et transfert majeurs à mi-parcours**

La plupart des livrables ne sont pas encore disponible

## Publications & colloques scientifiques :

**Article soumis.** Roussel A., Alleaume S., Billotte A., Fabre F., Ienco D. ; "Out-of-year parcel identification using adversarial domain adaptation and multi-temporal satellite imagery to enhance vineyard health monitoring. Soumis à Journal of Digital Earth

**Communication congrès international.** Salar P., Boury C., Delporte Z., Guichoux E., Blanchandin E., Eveillard S., Malembic-Maher S. & Foissac X. A DNA-capture approach for detection and genome-wide sequencing of Flavescence dorée phytoplasma. 6th European Bois Noir workshop and 1st International Pro-AECOGY conference, UMR-1332 Fruit Biology and Pathology, University of Bordeaux and INRAE, May 2024, Bordeaux (France), pp.96-97.

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos

Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

## PAPEETE

Promouvoir l'Agroécologie par la prédiction intégrative du risque sanitaire à partir de données Participatives d'Epidémiosurveillance à l'Echelle du Territoire

Année de début fin  
2024/2027

Responsable scientifique  
Florence Carpentier

AgroParisTech

[florence.carpentier@agroparistech.fr](mailto:florence.carpentier@agroparistech.fr)

### Partenaires

INRAE ; Institut National De Recherche En  
Informatique Et En Automatique - INRIA ; CNRS  
Délégation Centre Limousin Poitou-Charentes ;  
CNRS Aquitaine ;

Autre institut impliqué dans le projet : Centre de  
coopération internationale en recherche  
agronomique pour le développement - CIRAD

### Mots-clés

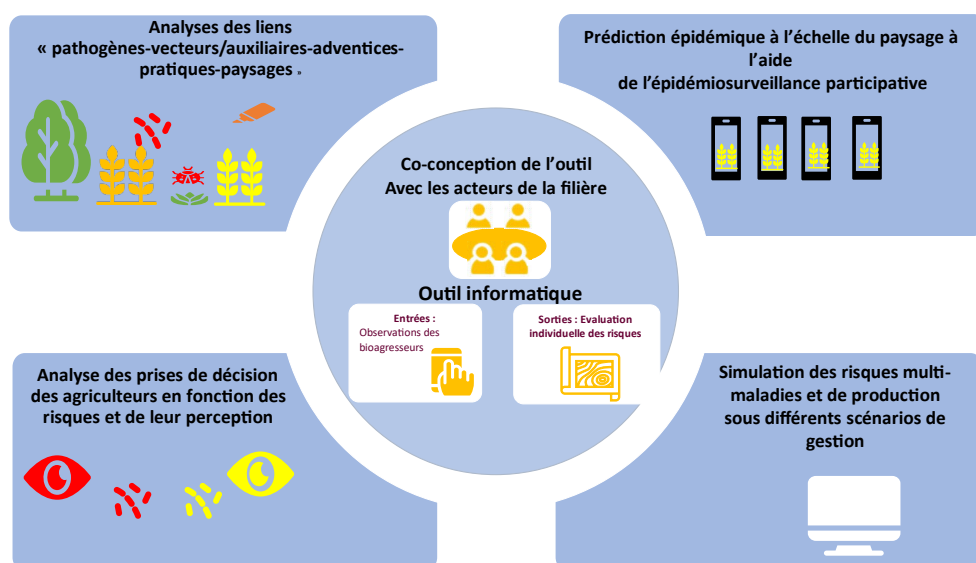
Co-occurrence de maladies ; Outil participatif ;  
Risques économiques ; Régulation naturelle ;  
Modélisation

### Type de projet

- ✓ Projet exploratoire,
- ✓ Projet de plus grande ampleur scientifique et d'interdisciplinarité

Montant total du projet  
923 120€

Montant de la subvention OFB  
444 745€



Structure du  
projet PAPEETE  
Promouvoir  
l'Agroécologie  
par la prédiction  
intégrative du  
risque sanitaire à  
partir de données  
Participatives  
d'Epidémiosurveil  
lance à l'Echelle  
du Territoire

## Contexte et principaux objectifs

PAPEETE vise à faire des réseaux d'épidémiosurveillance un levier efficient pour accélérer la transition agroécologique, afin de réduire l'usage intensif du recours aux produits phytosanitaires. Ce projet interdisciplinaire **enrichira les données du Bulletin de Santé du Végétal (BSV) par des données d'épidémiosurveillance participative** afin d'évaluer les risques sanitaires, de production et économiques et ainsi guider les agriculteurs dans leurs prises de décision. En se concentrant sur **l'enjeu majeur des maladies fongiques et virales du blé** dans une zone d'agriculture intensive et en impliquant des acteurs du monde agricole, l'outil développé dans PAPEETE constituera une preuve de concept généralisable à d'autres cultures et territoires.

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

L'outil développé par PAPEETE, dédié aux agriculteurs et aux techniciens agricoles, vise à actionner une transition agroécologique, en renforçant leur capacité à optimiser leur décision de traitement et à adopter des méthodes alternatives telles que l'utilisation de variétés résistantes ou l'implantation de haies. En complétant les informations des bulletins de santé du végétal (BSV) par des observations participatives des dynamiques des maladies du blé à l'échelle de paysages agricoles et en intégrant l'hétérogénéité des pratiques et des prises de décision, cet outil traduira le risque multi-maladies estimé en risque concret de production et économique en vue d'inciter les agriculteurs à réduire les traitements fongicides en particulier les traitements préventifs dans les zones d'étude.

### Résultat majeur WP1 :

- Premier atelier de co-conception d'un outil d'épidémiosurveillance participative le 20/11/2025. Nous avons invité des professionnels du territoire à nous faire part de leurs besoins et idées pour co-construire un outil complémentaire aux dispositifs existants et adapté aux situations locales, qui pourrait prendre la forme d'une application numérique. Nous avons en effet besoin d'une bonne connaissance des besoins et potentiels usages de ce type d'outil, mais aussi de partager des retours d'expérience pour garantir un outil à la fois utile et performant. Un autre atelier est prévu en décembre. Nous avons recruté une ingénieure d'études pour un CDD de 2 mois, Maëlis Bertrand, pour nous aider à l'animation et à l'analyse des ateliers de co-conception.
- Mise en place d'un formulaire de saisie Open Data Kit (ODK Collect) pour la collecte géoréférencée des niveaux de maladies sur le terrain (campagne 2025). Recrutement de Paul Bosse (novembre 2025 – novembre 2026), chargé de poursuivre le développement de l'application ainsi que de concevoir l'interface de visualisation et d'export des données.
- Ouverture du service de reconnaissance de pathogènes développé dans le cadre de PI@ntAgroEco, accessible sur la plateforme PI@ntNet auprès des partenaires en ayant fait la demande via un formulaire en ligne. Rédaction de la documentation pour sa prise en main (<https://docs.plantnet.org/fr/beta/diseases-and-pests-identification/>)

**Résultat majeur WP2 :** Relevés maladies réalisées dans 25 parcelles en 2024 et 37 parcelles en 2025 en expérimentation avec les agriculteurs sur la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre avec comme résultat majeur que la flore adventice peut jouer un rôle d'effet source ou d'effet puits selon les espèces en présence et les pratiques agricoles mises en œuvre (stage M2 Alisée Chauveau). *Concernant les pucerons la dynamique a été caractérisée en 2025 avec une présence sporadique dès le mois de Mars et une occurrence massive à partir du mois de Mai. À l'automne (Octobre 2025), les pucerons ont été détectés sur une grande variétés de plantes adventices qui pourraient constituer des réservoirs (mauve, le bleuet, le picride fausse vipérine, laiteron, épinard oseille, liondent hispide). Le caractère virulifère des pucerons collectés sera mesuré en Février 2026 (stage M2 de Capucine Saudemont).*

**Résultat majeur WP3 :** Optimisation des suivis protocolés et participatifs sur un territoire : réflexion sur la localisation des points d'observation, l'effort d'échantillonnage et les indicateurs de prévalence des maladies pour maximiser la représentativité spatiale et écologique des données collectées (post-doc Annaëlle Benard, date de début-fin) et étude du compromis temps et précision de l'échantillonnage (stage M2 Paul Bosse). travail sur une méthode d'échantillonnage adaptative prenant en compte les échantillons passés pour proposer de manière séquentielle de nouveaux points d'échantillonnage.

**Résultat majeur WP4 :**

- Développement d'un modèle de propagation de la Jaunisse nanisante de l'orge (JNO) à l'échelle du paysage, intégrant la dynamique des pucerons et le rôle des réservoirs cultivés ou sauvages (stage M1 – Noé Dufresne), en appui au modèle multi-maladies foliaires existant.
- La sélection de l'ingénieur d'étude est finalisée : le candidat retenu prendra ses fonctions en janvier 2026 pour finaliser le développement d'un modèle multi-maladies et simulera différents scénarios de gestion.

**Résultat majeur WP5 :** Tâches de créativité et enquêtes conduites entre mars et juillet 2025 auprès de 18 acteurs de la filière blé en Nouvelle-Aquitaine qui mettent en lumière l'opportunité de développer un outil d'épidémiosurveillance intégratif, capable de croiser des données épidémiologiques locales avec les pratiques agronomiques.

## Livrables, valorisation et actions de transfert majeurs envisagés

- Outils informatiques de recueil et de retour d'information sur l'état sanitaire des cultures de blé co-conçus avec les acteurs du monde agricole.
- Méthode d'analyse de dynamique épidémique dans le paysage à partir de données participatives.
- Modèle de simulation des épidémies des maladies du blé intégrant le contrôle à l'échelle de la parcelle et du paysage couplé à une prédiction qualitative des risques de production et de la performance économique
- Présentation des risques pour réduire l'écart entre risques réels et perçus par les agriculteurs afin de limiter l'usage de pesticides
- Compte-rendu de l'atelier de co-conception de l'outil d'épidémiosurveillance participative

## Publications & colloques scientifiques

- **Carpentier F., Boixel A.-L.** 2024. Co-occurrence des maladies en systèmes céréaliers : déterminants, rôle et gestion de la diversité cultivée et sauvage de la parcelle au paysage. Séminaire scientifique RARE 2024 : Les ressources biologiques et le concept "One Health". Paris, France.
- **Benard A., Papaix J.** 2025. Best of Both Worlds? Integrating Standardized and Opportunistic Data for Predictive Modelling of Plant Pathogen Distributions. UK - France ModStatSAP 'Modelling for policy' Workshop 2025. Paris, France.
- **Bosse P.J., Boixel A.-L., Carpentier F.** 2025. Optimizing Surveillance of Wheat Foliar Diseases Across Agricultural Landscapes: Balancing Accuracy, Efficiency, and Integrating Protocolled and Participatory Data. UK - France ModStatSAP 'Modelling for policy' Workshop 2025. Paris, France.

## Présentation à des instances professionnelles ou de décision

- Diffusion des résultats via les canaux de diffusion de la ZA PVS et les groupes agriculteurs des zones d'enjeu Eau en Nouvelle Aquitaine.

Articles de valorisation/vulgarisation :

- 

Autres valorisations :

- Chauveau A. 2024. Contribution de la flore adventice des pratiques et des paysages à la prévalence et la co-occurrence des maladies du blé. La Rochelle Université. Mémoire de fin d'études de Master 2.
- Bosse P. 2025. Surveillance optimisée des maladies foliaires du blé : concilier précision, efficacité et données protocolées et participatives dans les paysages agricoles. MSc Erasmus+ Plant Health. Mémoire de fin d'études de Master 2.
- **Dufresne, N.** (2025). *Modélisation de la dynamique de la Jaunisse nanisante de l'orge à l'échelle paysagère : adaptation d'un modèle existant*. Rapport de stage de deuxième année d'ingénieur, spécialité BSA (Biologie, Sciences et Agronomie).

## Illustrations & photos

Crédits photo : Anne-Lise Boixel



Une parcelle de blé dans la zone atelier  
Plaines et Val de Sèvre



Épidémiosurveillance des maladies du  
blé à l'échelle du paysage

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos

Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

## EPIPHAGES-OI

EPIdémiosurveillance étendue du complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* et de ses auxiliaires bactériophages - dans l'Océan Indien »

### Année de début/fin

2024-2027

### Responsable scientifique

Adrien RIEUX

CIRAD

[adrien.rieux@cirad.fr](mailto:adrien.rieux@cirad.fr)

### Partenaires

DoAna

### Mots-clés

Epidémiosurveillance ; *Ralstonia solanacearum* ;  
Bactériophages ; Structuration génétique spatiale ;  
Biocontrôle.

### Type de projet

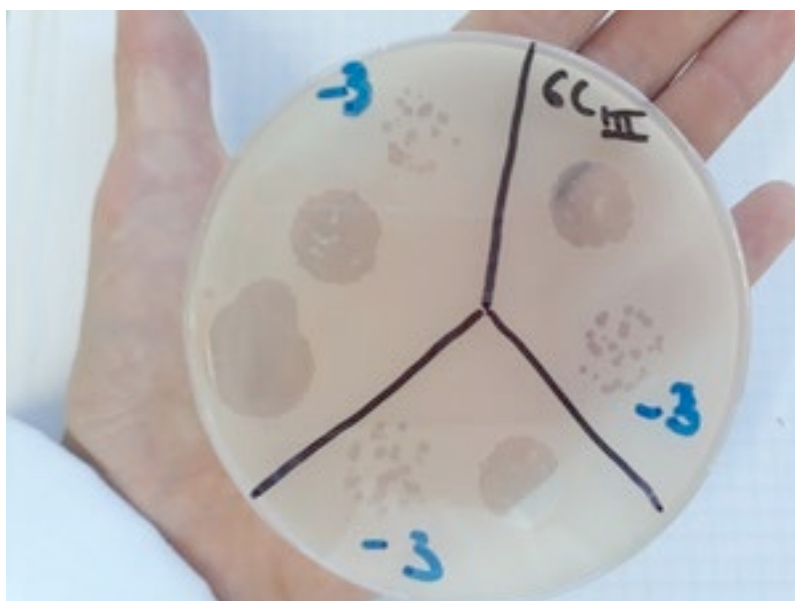
Projet exploratoire,

### Montant total du projet

250K €

### Montant de la subvention OFB

190K €



Plage de lyse (trou formé dans une couche de bactérie) due à une infection lytique provoquée par un bactériophage.

## Contexte et principaux objectifs

L'invasion biologique des bioagresseurs des cultures combinée à la volonté de conduire une transition agroécologique réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires poussent la communauté scientifique à trouver des méthodes alternatives de contrôle et de lutte durables et respectueuses de l'environnement.

Dans ce contexte, l'utilisation de bactériophages, des virus très répandus dans l'environnement capables d'infecter et tuer spécifiquement certaines bactéries, apparaît comme un outil de biocontrôle particulièrement prometteur.

Le flétrissement bactérien (fb) est une pathologie végétale bactérienne causée par le complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* (ceRs) chez de nombreuses plantes Solanacées d'intérêt agronomique. L'objectif du projet EPIPHAGES-OI est **d'étendre l'épidémiosurveillance d'un bioagresseur (les souches du ceRs) à l'étude des régulations biologiques qu'il entretient avec ses auxiliaires antagonistes bactériophages dans deux territoires français insulaires** (Mayotte et la Réunion) présentant des systèmes de production agricoles diversifiés.

Pour cela, les activités de recherche prévues dans le cadre du projet EPIPHAGES-OI viseront à

- **Décrire les liens épidémiologiques** existants entre la diversité génétique du ceRs et des bactériophages isolés dans différentes parcelles aux contextes agronomiques et climatiques hétérogènes,
- **Étudier et quantifier in vitro les régulations biologiques** en jeu entre les souches du ceRs et les bactériophages
- **Établir une cartographie spatiale et temporelle du réseau d'interaction** qui servira d'outil d'aide à la décision pour le développement et le déploiement de futurs produits de biocontrôle.

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

Le flétrissement bactérien constitue la contrainte majeure qui impose la culture hors sol et sous serre des solanacées telles que la tomate ou l'aubergine dans les DROMs. Cette pratique culturale génère une forte dépendance aux intrants et aux substrats de cultures le plus souvent importés et dont les prix ne cessent d'augmenter. De plus, la culture hors sol requiert l'application de produits phytosanitaires pour traiter des maladies favorisées par ce mode de production. Une perspective durable, économiquement stable et souhaitée par un nombre croissant de producteurs serait de cultiver les solanacées sous abri de pleine terre, voire en plein champ. Le développement de stratégies de biocontrôle basées sur l'utilisation de bactériophages, notamment sous forme de cocktails pour élargir la gamme d'hôte et minimiser l'apparition de résistance, permettrait de s'affranchir durablement de la pression exercée par le ceRs et d'appuyer la transition agroécologique de conduite des cultures de solanacées dans les DROMs.

Ainsi, les outils développés et les résultats attendus dans le cadre du projet EPIPHAGES-OI, via la production de données pilotes nécessaires au futur développement d'outils innovant de biocontrôle, auront pour cible première les acteurs de la recherche, de la surveillance du territoire et les professionnels dans le domaine du biocontrôle. Un impact direct pour les agriculteurs et les consommateurs pourra avoir lieu dans un second temps grâce aux nouvelles connaissances générées par le projet EPIPHAGES-OI et via le développement d'outils innovants de biocontrôle basés sur l'utilisation de bactériophages.

Depuis le lancement du projet, un réseau de partenaires du secteur agricole (Chambre d'Agriculture, DAAF, coopératives, instituts techniques, Lycées agricoles) a été constitué et sensibilisé à la problématique du projet EPIPHAGES-OI. Grâce à cette collaboration, 187 plantes appartenant à 12 espèces végétales ont été collectées sur 27 parcelles (27 à la Réunion et 10 à Mayotte) et analysées en laboratoire. Sur les échantillonnages réalisés

à la Réunion, 75 plantes ont présenté un diagnostic moléculaire positif pour la présence des bactéries du ceRs, soit une prévalence moyenne de 40 %. Au total, 89 souches bactériennes et 32 bactériophages ont été isolés et conservés en collection. Les premières analyses de virulence et de gamme d'hôte mettent en évidence une forte variabilité entre les isolats, suggérant des interactions spécifiques entre phages et hôtes bactériens. Le typage moléculaire et génétique de ces isolats, ainsi que les analyses des échantillonnages réalisés à Mayotte sont actuellement en cours. L'analyse conjointe de la structuration génétique des deux partenaires permettra à terme de mieux comprendre les dynamiques épidémiologiques du système étudié. Les résultats obtenus seront synthétisés et diffusés grâce au déploiement d'une application web interactive accessible pour l'ensemble des partenaires (<https://fcc-cirad.quarto.pub/epiphage-oi/>). La construction de cette application a été initiée. A ce jour elle permet la représentation spatiale des parcelles expérimentales à la Réunion et contient également un document de sensibilisation sur le flétrissement bactérien ainsi que l'appel à participation au projet EPIPHAGES-OI.

## Livrables, valorisation et actions de transfert majeurs envisagés

- Article de recherche (en cours de preparation) : Bacteriophage-mediated biocontrol of bacterial wilt in Réunion island: insights from genomic and experimental investigations

### Publications & colloques scientifiques :

- Poster : EPIPHAGES-OI project: Extended EPIdemiological surveillance of the Ralstonia solanacearum species complex and their bacterioPHAGES as natural antagonists – presents in the Indian Ocean (présentation dans le cadre du congrès international Phages.fr 2024)
- Poster : 1st year of EPIPHAGES-OI project: Extended EPIdemiological surveillance of the Ralstonia solanacearum species complex and their bacterioPHAGES as natural antagonists – presents in the Indian Ocean (présentation dans le cadre du congrès international Phages.fr 2025)

### Articles de valorisation/vulgarisation :

- Article Agronews : Les bactériophages, des virus utiles pour protéger nos cultures ?  
<https://adrienrieux.wordpress.com/wp-content/uploads/2025/07/agronews-n16-juin-2025.pdf>

### Présentation à des instances professionnelles ou de décision :

- Poster : Les bactériophages en agriculture : des virus utiles pour protéger nos cultures dans les îles du SOOI ? (Présentation dans le cadre du comité technique et scientifique (CST) du dPP Santé & Biodiversité)
- Communication autour du projet Epiphages-OI dans du Bulletin de Santé du Végétal Réunionnais (<http://www.bsv-reunion.fr/>) - cultures maraichères 2025.
- Appel à participation au projet Epiphages-OI : <https://fcc-cirad.quarto.pub/epiphage-oi/#science-participativeaid-%C3%A0-nou>

### Autres valorisations :

- Comité d'organisation de la 9ème édition du congrès annuel du Réseau français de bactériophages (phages.fr) en 2024.
- Article : "French Phage Network" annual conference : ninth meeting report
- Conférence Grand Public "Les virus de bactéries, nouveaux alliés de la santé humaine et agricole", le 14 Novembre 2024 à 19h au Gazette café - 6 Rue Levat, 34000 Montpellier.
- Poster : Les bactériophages en agriculture : des virus utiles pour protéger nos cultures dans les îles du SOOI ? (Présentation dans le cadre des Rencontres Agrofert'îles 2025 – Agriculture et innovation végétale 12 et 13 juin, sur le site de l'ARMEFLHOR à Bassin Martin. QUELLES SOLUTIONS DE BIOCONTRÔLE EXPLORÉES PAR L'UMT BAT CONTRE LES RAVAGEURS DE LA MANGUE ET DE LA TOMATE ? CIRAD / ARMEFLHOR / LA COCCINELLE)

- Animation scientifique CIRAD-3P : A la chasse aux phages, comment sélectionner les meilleurs candidats pour le biocontrôle des bactéries pathogènes ?

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos

Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

# VALORISE

VALORisation des Indicateurs de Suivi Epidémiologique

## Année de début/ de fin

2024-2026

## Responsable scientifique

Xavier Burgun

IFV – Institut Français de la Vigne et du Vin

[Xavier.BURGUN@vignevin.com](mailto:Xavier.BURGUN@vignevin.com)

## Partenaires

INRAE (UMR SAVE 1065, UMR IGEPP), Chambre  
Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

## Mots-clés

Analyse du risque ; Démarches participatives ;  
Agroécologie ; Outils d'aide à la décision ;  
Réduction des intrants ; Viticulture

## Type de projet

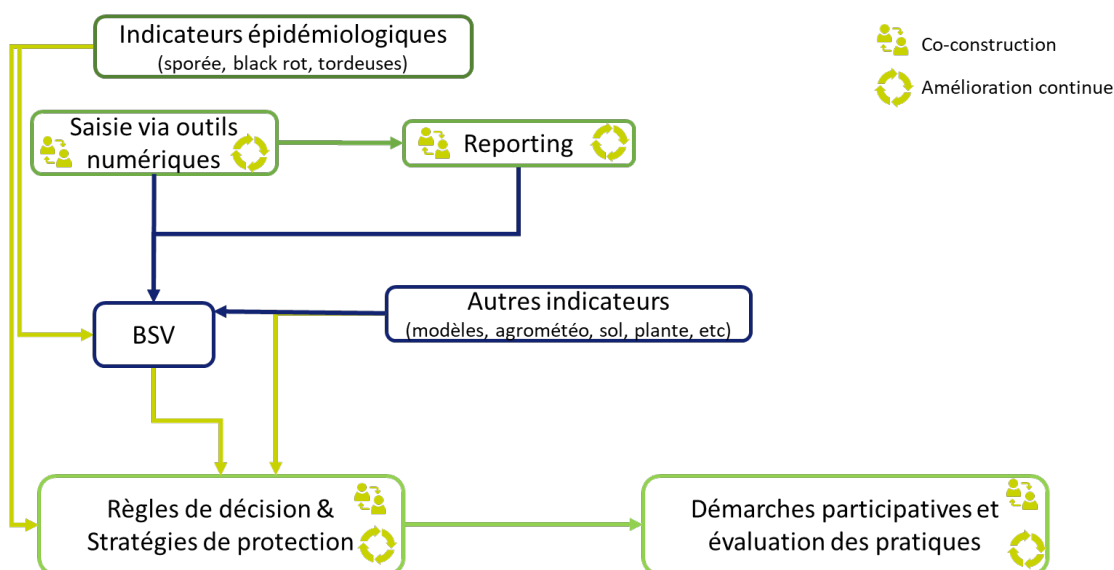
Projet exploratoire,

## Montant total du projet

1 046 702 €

## Montant de la subvention OFB

499 992 €



Organisation du projet VALORISE | Crédit : Loïc Davadan – IFV / UMT SEVEN

## Contexte et principaux objectifs

Le bulletin de santé du végétal met à disposition des viticulteurs une analyse du risque collective et indépendante pour favoriser la réduction des intrants chimiques. Néanmoins, en 2019, le rapport CGEDD n° 012577-01, CGAAER n° 18129 faisait le constat d'un manque de dynamique collective, d'implication des agriculteurs et le besoin d'améliorer la précision de l'analyse du risque.

Le projet VALORISE propose d'enrichir la liste des indicateurs relevés dans le cadre des réseaux d'épidémiosurveillance afin d'avoir une analyse systémique du risque de développement des bioagresseurs. Les nouveaux indicateurs diffusés dans le cadre de ce projet seront pour la plupart issus de la recherche académique et s'intéresseront à des thématiques comme la structure du paysage, la lutte biologique par conservation, la sensibilité de la vigne, l'aérobiosurveillance et la modélisation du risque parasitaire.

L'acquisition des données d'épidémiosurveillance sera améliorée à l'aide d'outils numériques innovants et adaptés à tous les acteurs de la filière viticole. Un tableau de bord sera mis en place comme outil de "reporting" pour visualiser rapidement les informations récoltées à l'échelle de la parcelle et du réseau. Il s'agira d'un outil d'analyse qui donnera à chaque observateur les clés pour évaluer le risque parasitaire de ses parcelles.

Des règles de décision vont être co-construites par des collectifs d'experts pour accompagner les viticulteurs dans la mise en œuvre de la protection agroécologique des vignes. Elles permettront à partir d'une lecture du bulletin de santé végétal et/ou du tableau de bord de limiter le développement des bioagresseurs via des techniques mobilisant l'efficacité, la substitution et la reconception. Une évaluation de la performance de ces règles de décision sera réalisée chez les viticulteurs selon la méthode de science participative « On Farm ».

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

Le projet créera de nouveaux indicateurs pour suivre la plante et les bioagresseurs. Ces indicateurs pourront être acquis facilement par les viticulteurs. Les données enrichiront l'analyse du risque pour la protection de la vigne et seront diffusées via les BSV.

Il proposera des outils numériques innovants pour faciliter la remontée et l'analyse des informations, en lien avec les travaux du BSV2.0. Un tableau de bord dynamique fournira une analyse du risque épidémique à l'échelle locale et régionale.

Le projet établira des règles de décisions basées sur les indicateurs d'épidémiosurveillance, favorisant l'intégration de méthodes alternatives, et testées au niveau national. Il renforcera l'épidémiosurveillance et le réseau BSV, et créera davantage de liens entre régions.

Le projet s'aligne sur les axes 1 et 2 du plan Ecophyto II, visant à fournir aux viticulteurs des outils pour réduire l'usage des pesticides. Il privilégie un environnement stable, soutenant la biodiversité et la régulation naturelle des bioagresseurs, tout en maintenant la performance économique. Il est aussi lié à l'axe 5 d'Ecophyto II, transférant les résultats de recherche aux acteurs de terrain avec des données et des outils d'aide à la décision. Les innovations viendront des partenariats public-privé et d'une collaboration étroite entre chercheurs, experts et praticiens.

### Résultats à mi-parcours

**Action 1 :** Enrichir la liste d'indicateurs relevés dans le cadre du BSV pour améliorer l'analyse du risque de développement des bioagresseurs

Mildiou et Oïdium : Le protocole allégé de suivi de la sporée aérienne (1 prélèvement/semaine) décrit bien les dynamiques épidémiques à l'échelle d'un réseau mais manque de précision pour le diagnostic précoce à la parcelle. La sensibilité de la méthode est la même sur les parcelles témoins non traités et sur des litières de

feuilles contaminées. Ce protocole a été transféré pour tester son intérêt pour les animateurs BSV sur les régions Nouvelle-Aquitaine, Champagne Ardenne, Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val de Loire et Midi-Pyrénées (202 parcelles en 2025). Les prochaines étapes sont la validation d'un autotest mildiou.

**Tordeuses de la grappe :** Des nouvelles données sur taux de parasitisme des tordeuses de la grappe et l'évolution des populations d'eudémis ont été récoltées sur un réseau de 30 parcelles en 2025. A partir des bases de données historiques sur le parasitisme, il est prévu en 2026 de créer un modèle statistique d'évaluer le lien démographique entre les trois générations successives de l'eudémis. Un transfert de la méthodologie d'analyse du taux de parasitisme est également prévu vers un partenaire privé pour que les conseillers privés puissent mobiliser ce nouveau indicateur.

**Black-rot :** Nous avons produit des données nouvelles sur la maturation de l'inoculum primaire selon la date de contamination des baies et le cépage. Un système sentinelle a été mis au point pour relier la maturation de l'inoculum, la libération d'ascospores et l'apparition des symptômes. Enfin, les équations des modèles existants d'infection et de latence ont été validées dans nos conditions expérimentales.

**Action 2 :** Création d'outils numériques innovants pour accompagner l'ensemble des acteurs dans la remontée et l'analyse des informations relevées dans le cadre du BSV

En 2024, une plateforme ArcGIS Online a été développée pour les animateurs BSV afin de faciliter la rédaction des bulletins et d'assurer une veille sur la qualité des informations collectées. Début 2025, des entretiens avec les animateurs BSV ont permis de recueillir leurs attentes pour améliorer la plateforme et couvrir l'ensemble des informations nécessaires pour la rédaction d'un BSV. L'objectif est de proposer en 2026 une plateforme spécifique vigne pour suivre les observations SBT à l'échelle nationale à partir des données saisies dans Epicure 2 et Vigicultures. Trois niveaux d'accès seront proposés avec des niveaux de précisions croissants : grand public, observateurs et animateurs.

**Action 3 :** Valoriser les données du réseau d'épidémiosurveillance pour une protection agroécologique des cultures

**Mildiou :** Nous avons validé en 2025 une règle de décision visant à ajuster le premier traitement, puis les renouvellements de traitements en saison, à partir des données observées (phénologie, état sanitaire, météo, aérobiologie) et de la modélisation du risque de développement du mildiou (Potentiel Système). La plus value de cette règle par rapport aux OADs classiques et de prendre en compte les données de la parcelle et de son environnement (parcelles SBT autour). D'autre part, nous allons proposer en 2026 un indicateur agrégé pour prédire le risque de développement du mildiou à l'échelle de la petite zone viticole, cet indicateur sera mis à disposition des animateurs BSV.

Les règles de décision pour l'oïdium, le black-rot, la pourriture grise et les tordeuses de la grappe seront formalisées en 2025 puis mise en ligne sur GECO ECOPHYTOPIC pour un déploiement en 2026 sur le terrain. Une validation sera réalisée sur un échantillon de parcelles à l'échelle nationale.

## Livrables, valorisation et actions de transferts majeurs envisagés/réalisés

### Publications & colloques scientifiques

Il est prévu au moins 2 publications scientifiques dans des revues, sur l'épidémiologie du black rot et la lutte biologique par conservation contre les tordeuses de la grappe.

Les résultats seront présentés lors de congrès nationaux et internationaux.

## Articles de valorisation/vulgarisation

Des articles techniques seront publiés dans des revues régionales et nationales à destination des viticulteurs et conseillers pour présenter les indicateurs épidémiologiques, les outils de collecte et d'analyse, les règles de décision et les résultats des essais.

## Présentation à des instances professionnelles ou de décision

Les résultats seront présentés lors de journées techniques et séminaires organisés par les instances professionnelles et de décision.

## Autres valorisations

- Un protocole pour optimiser le déploiement des réseaux de surveillance « Sporée aérienne » à l'échelle territoriale.
- Un modèle statistique et un Outil d'Aide à la Décision pour prédire les relations entre taux de parasitisme et croissance future des tordeuses de la grappe.
- Un tableau de bord dynamique de restitution des informations d'épidémiosurveillance à l'échelle locale et régionale pour les observateurs et les animateurs des BSV.
- Un rapport technique des règles de décision construites et de leur application.
- Des témoignages vidéos de viticulteurs ayant mis en œuvre une protection agroécologique à l'aide des règles de décision et des indicateurs disponibles.

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos

Résultats Intermédiaires – Novembre 2025

## NGS-OLICIT

Next-Generation Surveillance : Régulation naturelle des ravageurs par les auxiliaires en cultures pérennes péri-méditerranéennes (OLVier-CITrus).

### Année de début/ de fin

2024-2027

### Responsable scientifique

Astrid Cruaud

INRAE UMR CBGP, Montferrier-sur-lez

[astrid.cruaud@inrae.fr](mailto:astrid.cruaud@inrae.fr)

### Partenaires

INRAE – UR AGAP Corse ; BionomeeX ; France

Olive

### Mots-clés

Intelligence-Artificielle, métabarcoding, régulations, réseaux, arthropodes

### Type de projet

Projet exploratoire

### Montant total du projet

975 000 €

### Montant de la subvention OFB

491 000 €



PROJET "NGS-OLICIT"

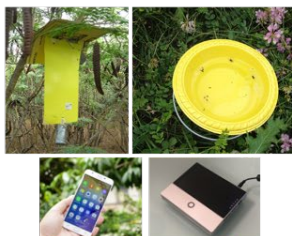


**Sur un réseau de parcelles**  
**Citrus/Olea**  
**en Corse et sur le continent**  
**[agriculteurs/trices**  
**partenaires]**



Diversité spécifique ET fonctionnelle des  
ravageurs majeurs et auxiliaires de la culture  
ET de son environnement

1



Reconnaissance par IA  
"real-time" metabarcoding

3

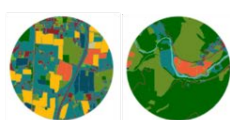
Proxy de régulation  
Taux de parasitisme / prédation / dégâts  
Élevage/métabarcoding



2

Variables environnementales/pratiques  
Climat, naturalité environnement, intrants, etc.

Observations terrain



Biologique  
Conventionnel

4

1+2+3 + IA =>



Score de régulation naturelle  
et leviers pour l'améliorer

## Contexte et principaux objectifs

Ce projet mobilise les filières, une start-up spécialisée en intelligence artificielle (IA) et deux équipes de recherche INRAE. Son objectif académique est d'**identifier les facteurs favorisant la régulation naturelle d'arthropodes ravageurs (phytophages et vecteurs) par des arthropodes auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes) sur deux cultures pérennes (Citrus et Olea)** du pourtour méditerranéen et en Corse. Son objectif appliqué est de **compléter la boîte à outils d'aide à la décision** pour évaluer la pertinence des traitements phytosanitaires et guider les aménagements et pratiques **pour maximiser la régulation naturelle des ravageurs**.

Devant la complexité du système analysé, nous ciblerons les réseaux d'auxiliaires associés à des ravageurs importants (mouches, teignes, mineuses, cochenilles). Les suivis seront effectués sur un réseau de parcelles cultivées par les professionnels, avec des aménagements et pratiques culturales contrastés, et dans des habitats environnants présentant un gradient de naturalité en évaluant les échanges de faune auxiliaire avec la parcelle. Les identifications et dénombrements des arthropodes seront effectués grâce à 1) des protocoles reposant sur les développements du séquençage en temps réel, accélérés par la crise Covid avec assignation à l'espèce au moyen d'une base de données de séquences construite lors du projet et 2) des modèles de reconnaissance d'images par IA.

Au-delà d'une **Application Smartphone permettant la reconnaissance et le comptage des insectes ravageurs/auxiliaires des cultures cibles**, nous souhaitons formaliser **un score de régulation naturelle de la parcelle** pour guider les conduites à partir de photos de contenus de pièges et de l'ensemble des paramètres à disposition. Les protocoles de séquençage en temps réel viendront en renfort du dispositif des agences de surveillance de l'Etat.

## Résultats attendus, premiers résultats et intérêt pour la Stratégie Ecophyto

Ce projet est une preuve de concept de la mobilisation de technologies récentes pour la surveillance rapide et massive des ravageurs/auxiliaires et le calcul d'un score de régulation naturelle.

L'expérience acquise (protocoles, workflows d'analyse) pourra être réinvestie sur d'autres ravageurs et auxiliaires et/ou d'autres cultures afin d'identifier des leviers agroécologiques pour favoriser les régulations naturelles. La production d'outils de reconnaissance des auxiliaires permettra de sensibiliser à la nécessaire préservation de cette faune. La base de données et les protocoles complèteront la boîte à outils des organismes de surveillance pour détecter les ravageurs introduits ou caractériser les dynamiques des communautés de ravageurs et auxiliaires afin de guider les décisions d'intervention en limitant le recours aux pesticides.

### Premiers résultats obtenus :

Deux réseaux de 12 parcelles d'oliviers et 12 parcelles de clémentiniers contrastées en termes de pratiques agricoles et degré de naturalité de l'habitat environnant ont été respectivement mis en place en Occitanie et en Corse (solicitation d'agriculteurs ; collaboration France Olive et INRAE).

Sur ces réseaux, les ravageurs majeurs ont été étudiés et des rapports réguliers sont faits aux agriculteurs partenaires et porteurs d'intérêt. Des protocoles de collecte de données sur le terrain (piégeage, aspiration, notations des dégâts et abondances de ravageurs) et d'élevage en conditions contrôlées (olives, feuilles minées, feuilles avec cochenilles à bouclier, colonies de cochenilles farineuses) ont été optimisés.

**Olivier** : pour la **mouche de l'olive** les dégâts se sont avérés moins importants en 2025 qu'en 2024 (jusqu'à 25% contre jusqu'à 70% d'olives piquées) et sans contraste entre parcelles. Quasiment aucun parasitisme (sur >2000 mouches émergées) n'a été relevé. Des élevages plus conséquents ont été lancés en collaboration avec France Olive dans le Gard et le Vaucluse pour confirmer ce résultat. Pour la **teigne de l'olivier** que ce soit pour la génération phyllophage ou la génération carpophage, des infestations plus importantes ont été constatées sur

les parcelles bio. Les infestations de la teigne sur les feuilles (génération phyllophage) étaient plus élevées sur les parcelles environnées d'un paysage anthropisé. Des taux de parasitisme importants par *Ageniaspis fuscicollis* (Encyrtidae), endoparasitoïde des oeufs et larves ont été observés (jusqu'à 44% sur la génération carpophage et jusqu'à 33% sur la génération phyllophage), et plus élevés sur les parcelles environnées d'un paysage naturel. Ces résultats nous ont encouragé-e-s à pousser l'étude de cette interaction. Un inventaire botanique des bordures a notamment été initié pour affiner la typologie des parcelles.

**Citrus** : pour la **mineuse des agrumes**, dont les infestations sont plus fortes au printemps qu'en automne, des infestations similaires ont été observées en 2024 et 2025 sans contraste entre parcelles. Jusqu'à 45% de parasitisme a été observé sur la génération du printemps (par 3 espèces : *Semielacher petiolata*, *Chrysocharis pentheus* et *Citrostichus phyllocnistoides*). Pour les **cochenilles farineuses**, aucun contraste d'infestations des rameaux entre parcelles n'a non plus été relevé. Les élevages de cochenilles pour calcul de parasitisme ont du être optimisés et les résultats sont en cours de traitement ; les premiers résultats montrent un plus grand nombre de parasitoïdes émergent des colonies de cochenilles issues de parcelles bio et/ou situées en paysages naturels. Pour les **cochenilles asiatiques**, les infestations des feuilles sont plus fréquentes en parcelles bio, mais les premiers résultats montrent que les taux de parasitismes semblent plus élevés en parcelles bio.

**Outils de caractérisation des communautés d'arthropodes** : suite à de nombreux tests techniques, un protocole de biologie moléculaire a été validé pour l'extraction, l'amplification et le séquençage d'un barcode à moindre coût (sur séquenceur MinION). Le pipeline bio-informatique d'analyse des données a également été développé et la base de données de séquences de référence pour les arthropodes cibles est en cours d'implémentation. Une application de gestion des spécimens individuels pour la traçabilité des analyses moléculaires ainsi que le stockage des images labellisées pour l'entraînement d'une IA a également été mise en place.

**Dispositif DIY de prise de vue de contenus de pièges** : plusieurs prototypes ont été réalisés en impressions 3D (de type assiette ou rail, avec ou sans éclairage LED) et couplés dans un premier temps à un smartphone puis à un Raspberry Pi associé à une caméra et une lentille grossissante. Une application de prise de vue avec différents focus, un focus stacking automatique, et une interface de cropping des photos a été développée. La finalisation du dispositif de prise de vue de contenus de pièges est en cours.

## Livrables, valorisation et actions de transfert majeurs envisagés

Publications & colloques scientifiques :

Au moins 2 publications dans des revues à comité de lecture [non encore disponibles]

Articles de valorisation/vulgarisation :

1 article dans Phytoma pour résumer la démarche et les principaux résultats obtenus à mi projet ou en fin de projet [non encore disponible]

Présentation à des instances professionnelles ou de décision :

Les expérimentations sont menées sur les parcelles des agricultrices et agriculteurs partenaires. Des fiches de présentation de nos objectifs de recherche (dispositif de collecte des arthropodes, prise de photos et entraînement IA) ont été distribuées en début de projet. A la fin de chaque campagne d'échantillonnage (février et juin 2025), des fiches individualisées illustrées présentant les résultats obtenus (dégâts, abondance des ravageurs ciblés, régulateurs identifiés et taux de parasitisme) ont été communiquées.

Les objectifs et premiers résultats du projet ont été présentés au cours de plusieurs séminaires : 1) séminaire sur le biocontrôle en Corse ayant pour objectif de renforcer la coopération entre les secteurs de la recherche et de l'agriculture (mars 2025), [ <https://www.inrae.fr/actualites/seminaire-biocontrrole> ], 2) commission annuelle scientifique de France Olive (mai 2025), 3) journée de la vectopole Sud à Montpellier (septembre 2025)

[<https://www.vectopole-sud.fr/wp-content/uploads/2025/09/Programme-18-septembre-2025-Vectopole-Sud-8-9-25.pdf>]. Les résultats sont communiqués en temps réel et à la demande aux agricultrices /agriculteurs et association de productrices /producteurs (ex. AREFLEC)

#### Autres valorisations :

Un site web dédié permettant de suivre le déroulement du projet en temps réel a été mis en place : <https://ngsolicit.wixsite.com/ngs-olicit>

Pour l'heure une application dédiée au traitement des échantillons (MicroPlateFiller) et à la prise de vue avec un Raspberry-Pi pour entraînement d'une IA ont été développées.

Protocoles expérimentaux, papiers et vidéos. *[non encore finalisés]*

Une interface dédiée au projet ouverte sur la base de données de barcodes générés lors du projet permettant l'identification des ravageurs et auxiliaires cibles. *[non encore disponible]*

---

Financé dans le cadre  
de la stratégie **écophyto**



**GOUVERNEMENT**  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Avec le  
soutien  
financier  
de



**écophyto**  
Réduire et améliorer l'utilisation des phytos