

Séminaire intermédiaire

Appel à projets de recherche
« épidémiosurveillance
étendue »

Vendredi 21 novembre 2025 - visio

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

Frédéric Fabre (INRAE, UMR SAVE)

Contexte : Gestion des maladies réglementées

Flavescence dorée (FD)

- Maladie de la vigne, associée à des phytoplasmes transmis par cicadelle (principalement *Scaphoideus titanus*)
- 44 % des communes viticoles en France sont déclarées contaminées par la FD et 49 % soumises à des traitements obligatoires
- Statut EPPO (A2 : localement présent)

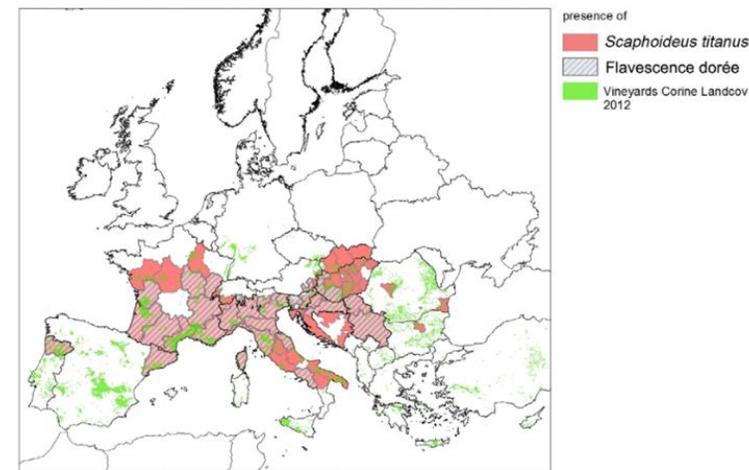


Figure 1: Observed distributions of grapevine cultivation, of FDp infection in grapevine and of *Scaphoideus titanus* in Europe (situation in 2014)

PLANÈTE

Procès du viticulteur bio : « Je n'ai pas traité mes vignes et je l'assume »

Reportage. Emmanuel Giboulot comparaisait lundi pour avoir refusé d'utiliser des pesticides sur ses ceps exploités en biodynamie. La procureure a requis 1 000 euros d'amende.

Par Audrey Garric · Publié le 24 février 2014 à 20h36 - Mis à jour le 25 février 2014 à 10h38

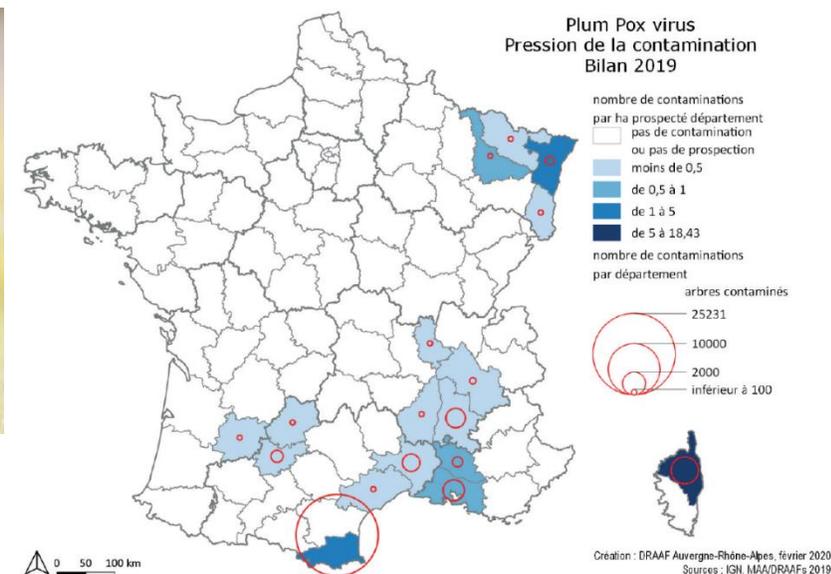
🕒 Lecture 4 min.



Contexte : Gestion des maladies réglementées

Sharka

- Maladie des *Prunus* (pêcher, abricotier, prunier), provoquée par le virus PPV transmis par une 30aine d'espèces de puceron (dont *Aphis gossypii*)
- 1,5 arbres infectés par ha (en 2019), après au moins 10 années de lutte réglementée
- Statut EPPO (A2, localement présent)



MON JOURNAL **Midi Libre**

MA VILLE ▼ SPORT ▼ FAITS DIVERS ACTU ▼ ANNONCES CARNETS LOISIRS ▼ IMMO

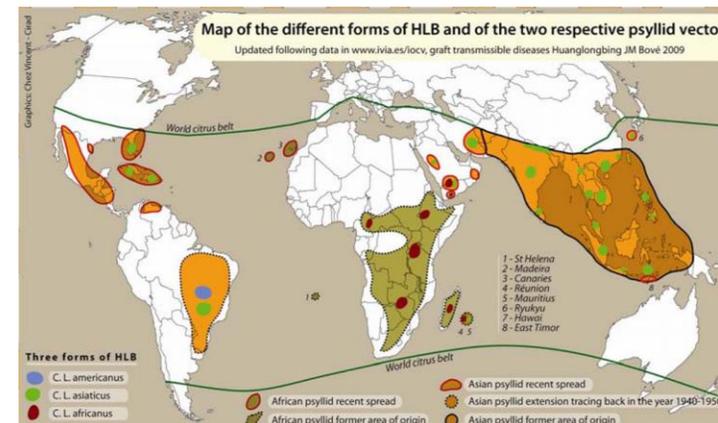
Accueil > Gard > Bellegarde

Victimes du virus de la sharka, elles font une grève de la faim

Contexte : Gestion des maladies réglementées

HLB (maladie du dragon jaune)

- Maladie des agrumes (citronnier, oranger), provoquée par 3 espèces de bactéries du genre *Candidatus Liberibacter* et transmises par au moins deux espèces de psylles (*Diaphorina citri* et *Trioza erytreae*)
- Ravage aux Antilles françaises ; présent dans toutes les zones de production hors bassin méditerranéen (mais vecteur en Espagne)
- Statut EPPO (A1 : absent de la région)

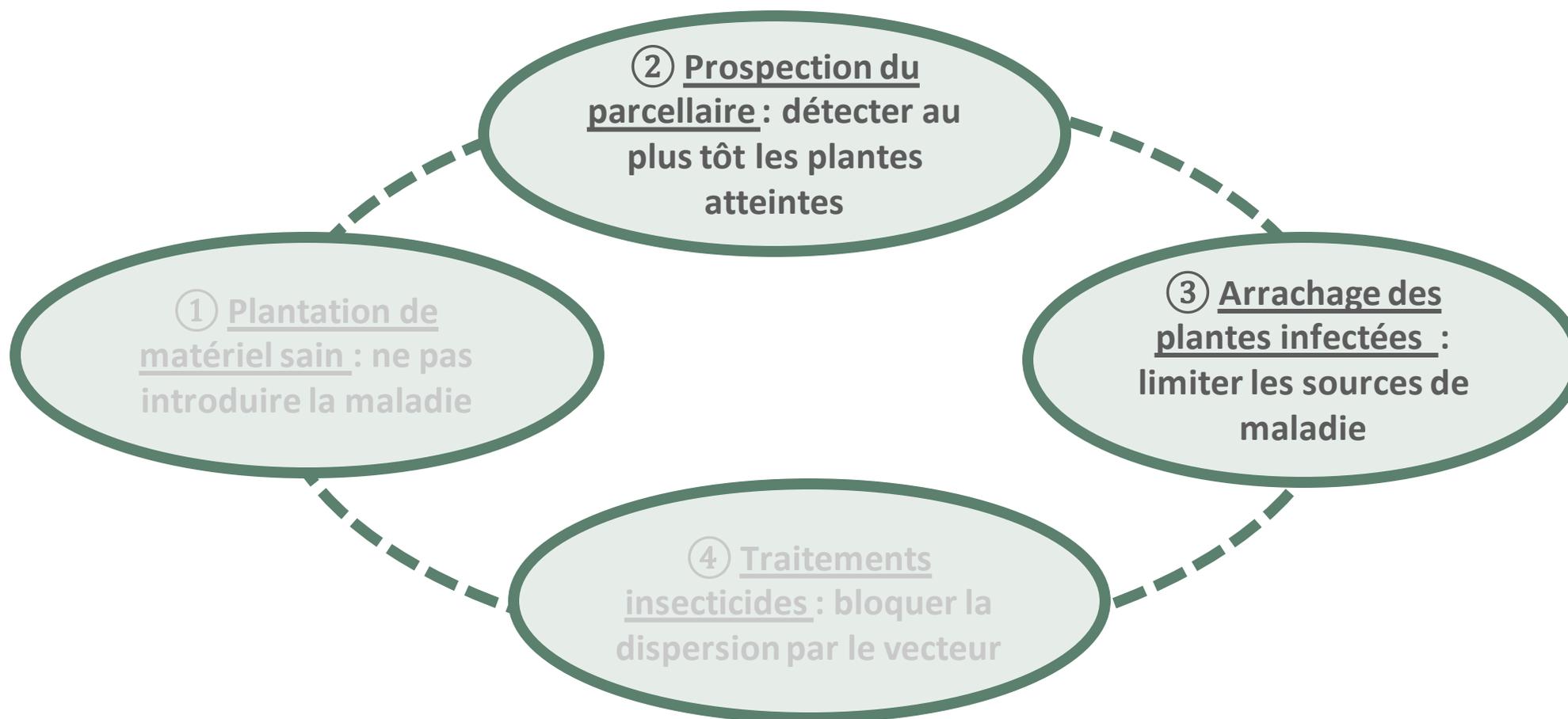


Aubert, 2009

ouest
france

Rien ou presque n'arrête la bactérie qui tue les orangers de Floride

Objectif 1 : Améliorer la prospection



Objectif 1 : Améliorer la prospection

- **Améliorer la connaissance des parcellaires par télédétection (Action 1).**

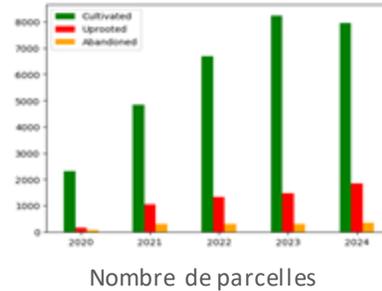
- **FD :** parcelles de vignes abandonnées, sources d'inoculum et de vecteurs
- **Sharka, HLB :** vergers (*Prunus, Citrus*) cultivés et non recensés
jeunes vergers (non encore cartographiés)
vergers abandonnés



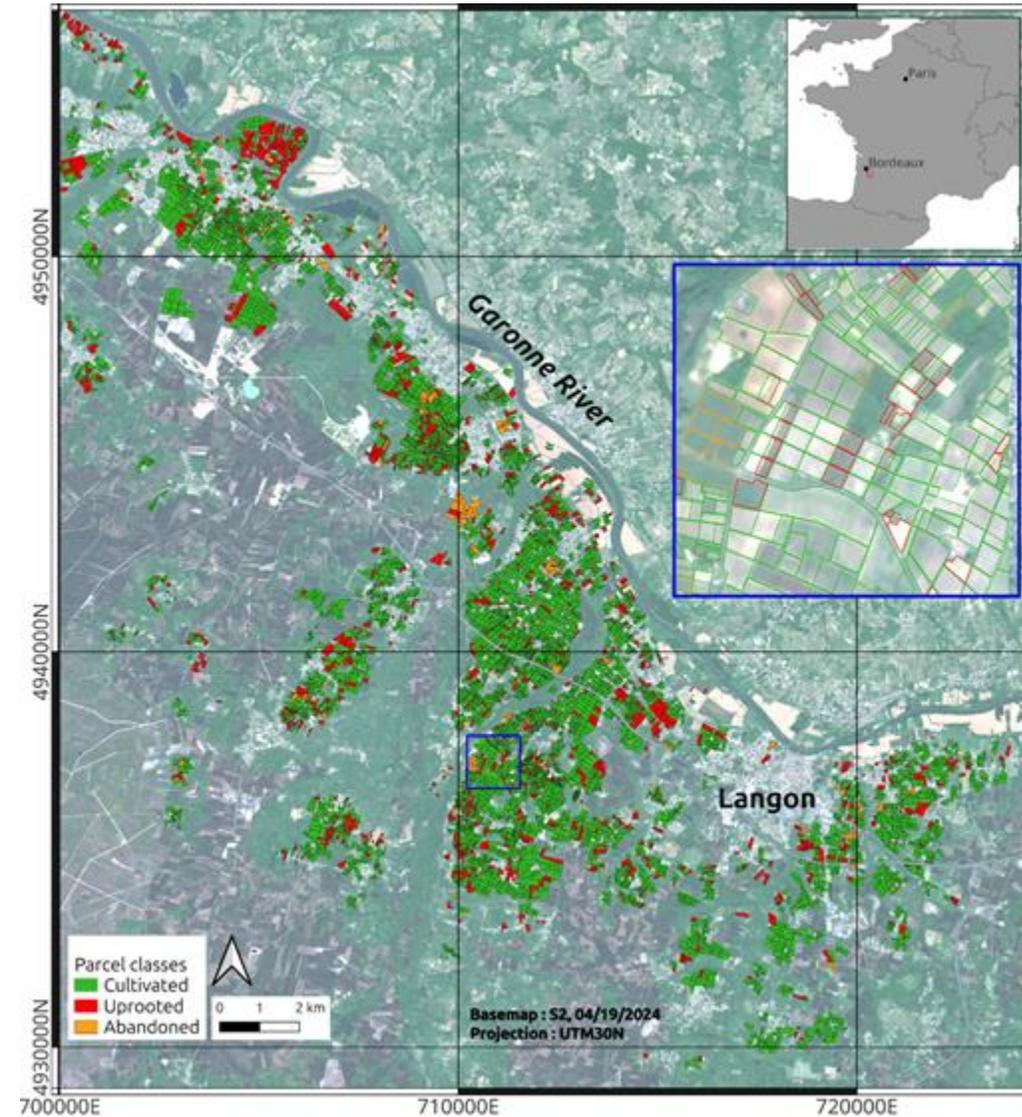
Résultat : Améliorer la prospection

Détection des parcelles de vignes abandonnées

- **Données de référence (vérité terrain) :** polygones viticoles (CVI) à classer entre parcelles cultivées, archées, abandonnées
- **Données de télédétection multi-temporelles :** Sentinel 1 et 2



	Sentinel-2 (S2)	Sentinel-1 (S1)
Type de capteur	Optique	Radar
Résolution temporelle	5 jours	12 jours
Résolution spatiale	10-20m	10-20m



Résultat : Améliorer la prospection

Détection des parcelles de vignes abandonnées

- Comparaison d'un ensemble d'algorithmes de classification supervisés, et développement de Conda-Vine :
 - Sentinel-2 contribue plus fortement à la distinction des classes
 - Sentinel-1 améliore la détection des parcelles abandonnées
- Conda-Vine offre les meilleurs résultats avec un score F1 de 68%

F1-score	S2	S1	S2+S1
RF	0.42	0.31	0.42
MLP	0.58	0.31	0.57
XGBoost	0.55	0.31	0.55
ConDA-Vine	0.68	0.30	0.68



Résultat : Améliorer la prospection

Détection des parcelles de vignes abandonnées

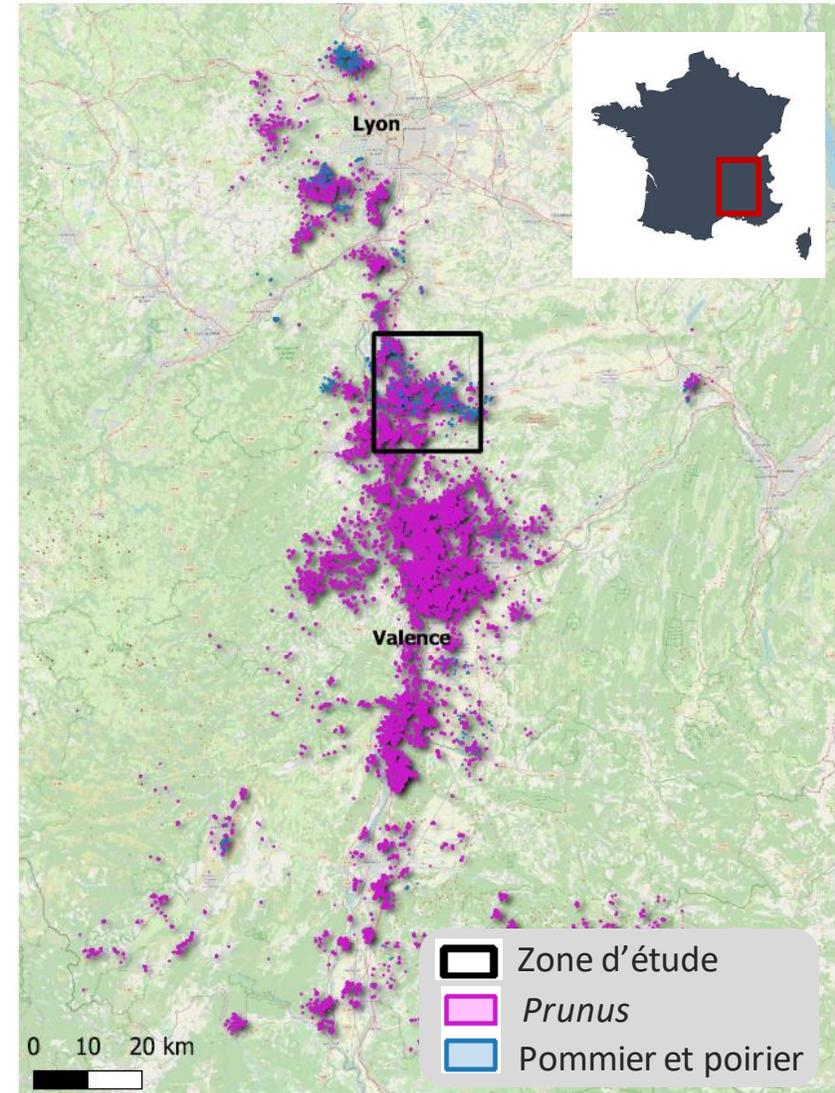
- Comparaison d'un ensemble d'algorithmes de classification supervisés, et développement de Conda-Vine :
 - Sentinel-2 contribue plus fortement à la distinction des classes
 - Sentinel-1 améliore la détection des parcelles abandonnées
- Conda-Vine offre les meilleurs résultats avec un score F1 de 68%
- Perspectives :
 - 1 : Nouvelles sources de données satellites (LiDAR HD, PlanetScope (journaliers, 4 m résolution))
 - 2 : Test du modèle sur le vignoble de Savoie



Résultat : Améliorer la prospection

Détection des vergers de *Prunus*

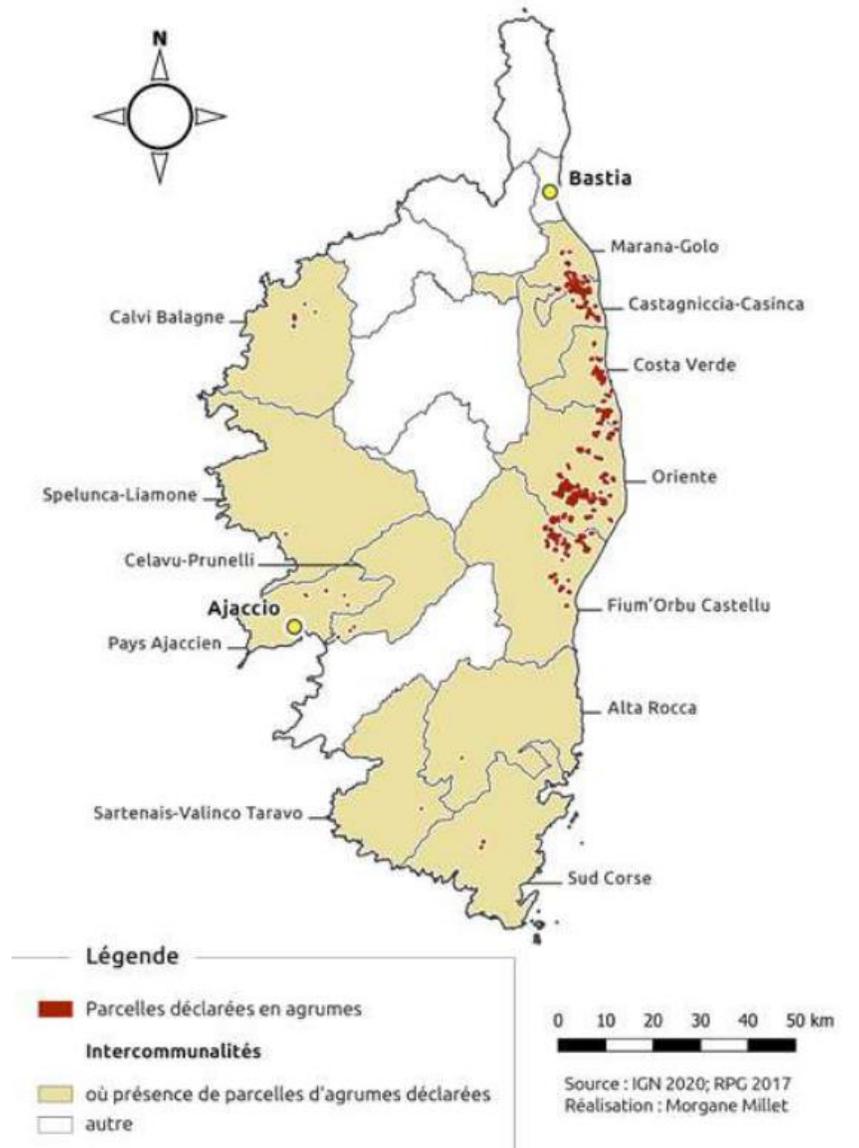
- **Objectif** : compléter les parcellaires connus de vergers de *Prunus* (pêcher, abricotier, prunier) avec des parcelles jeunes (< 3 ans), abandonnées ou non déclarées.
- **Base de donnée FREDON Aura** (48 000 parcelles de 13 espèces différentes (dont des *Prunus*, pommiers, poiriers, ...) recensées de 2014 à 2024.
- **Question 1** : distinguer les *Prunus* des autres espèces (Pommier, Poirier) en utilisant le fait que leurs floraisons sont plus précoces
- **Résultat 1** : L'utilisation d'indice de floraison (Chen et al., 2019) calculé sur les données Sentinel-2 ne permet pas de distinguer les *Prunus* des autres espèces n'est pas évident sur la base
- **Perspective** : Test d'algorithme de classification sans *a priori*



Résultat : Améliorer la prospection

Parcelle agricole agrumicole Corse

- **Objectif : compléter le parcellaire agrumicole Corse**
- Base de donnée développée par l'AOP fruits de Corse et mise à jour chaque année a été mise à disposition du projet
- Financement à la FREDON Corse pour recherche de parcelles hors la Plaine Orientale : 20-30 parcelles identifiés hors IGP



Source : CIRAD, UMR Selmet

Objectif 1 : Améliorer la prospection

- Adapter les prospections aux spécificités épidémiologiques des paysages pour prioriser les parcelles les plus à risque lors des prospections (Action 2ab)

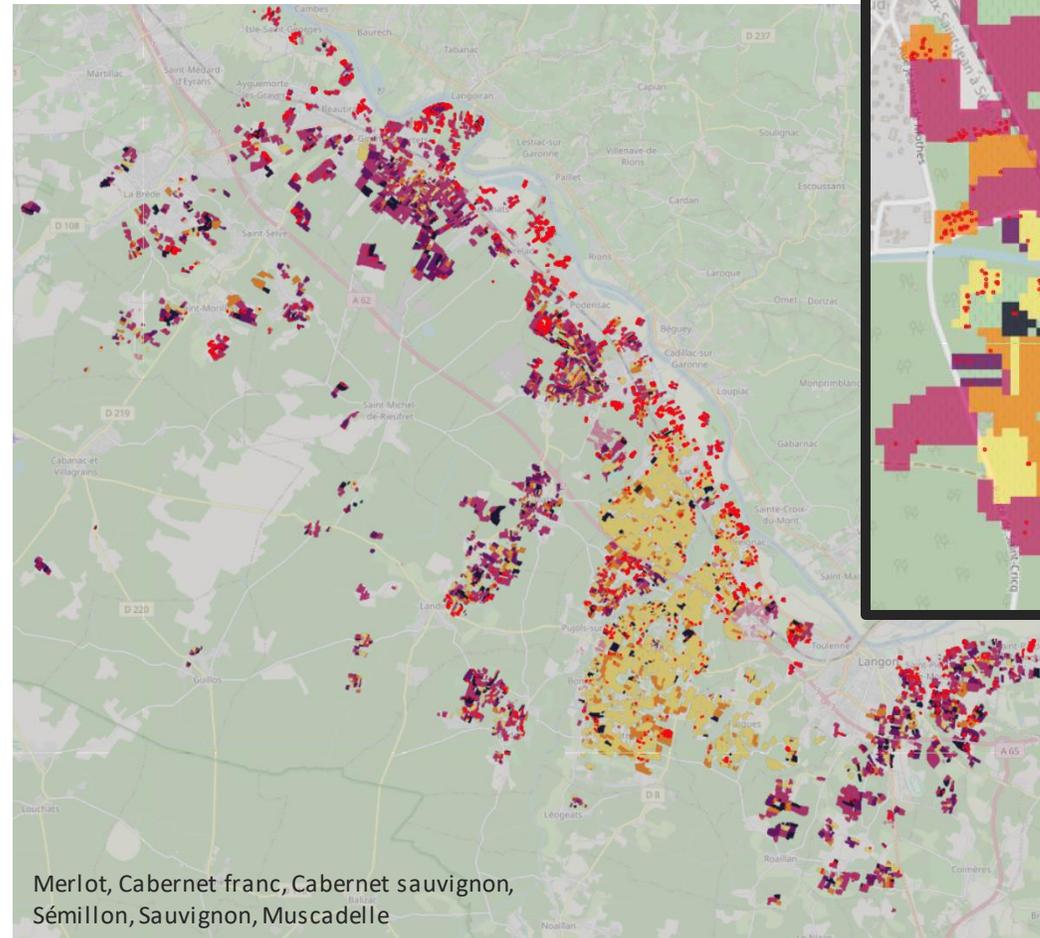
- **FD** : effets distance et surface de parcelles de vignes abandonnées sur la présence et l'incidence de la FD dans une parcelle cultivée focale
- **HLB** : effets composition/configuration du paysage [vergers commerciaux (jeunes, actifs, abandonnés), des zones résidentielles, de la végétation sauvage, et des surfaces non hôtes] sur la présence de HLB dans une parcelle focale
- **Sharka** : effet distance et surface des jeunes vergers de Prunus, et des vergers abandonnés sur la présence de la sharka dans une parcelle focale



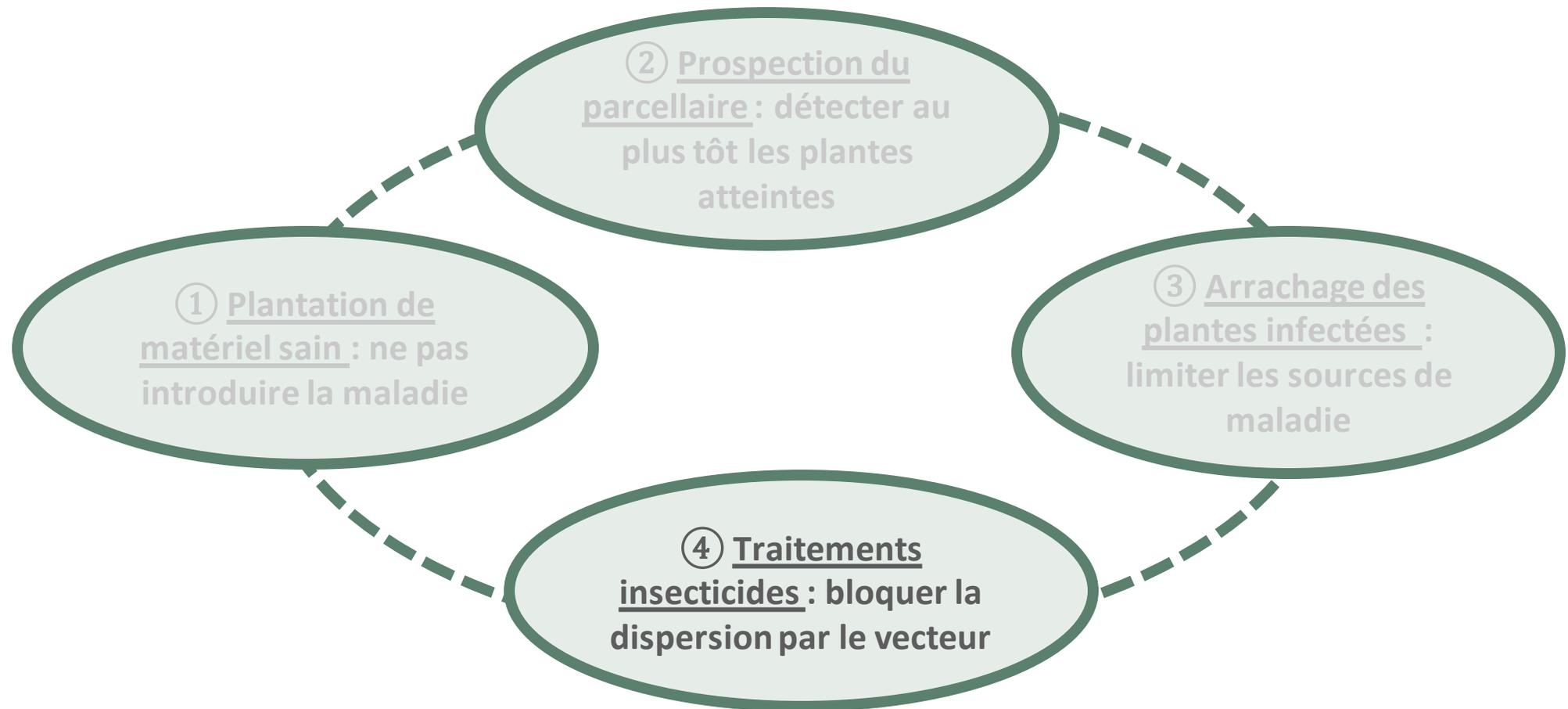
Résultat : Améliorer la prospection

Rôle des vignes abandonnées sur l'infection FD

- **Mise en place d'une base de donnée pour les campagnes 2023-2024** avec 7093 ceps FD dans 8404 parcelles, et des informations les cépages, densité de plantation, présence de RPG, conduite (AC-AB) et l'occupation du sol (PVC, PVA...).
- **Perspective : Analyse statistique à venir (premier semestre 2026)**



Objectif 2 : Moins de traitements obligatoires



Résultat : Moins de traitements obligatoires

Intégrer les effets liés à la structure des paysages au modèle de déclenchement de traitements insecticides FD (Action 2c)

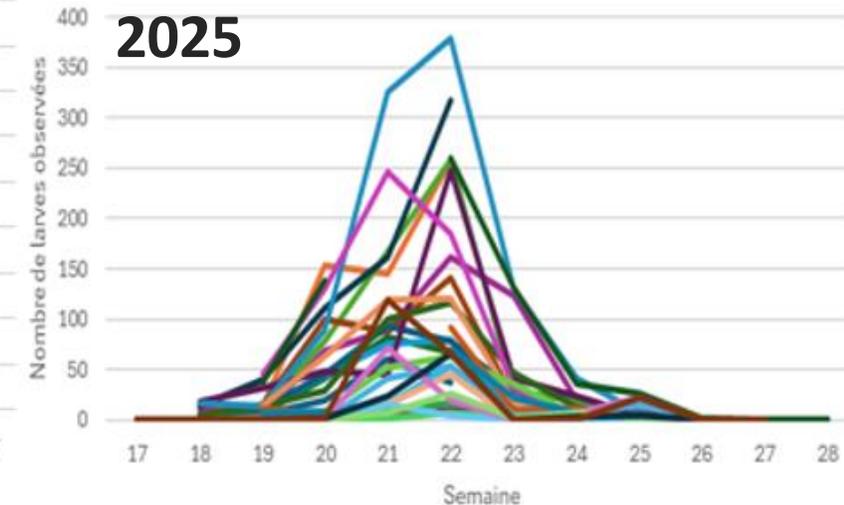
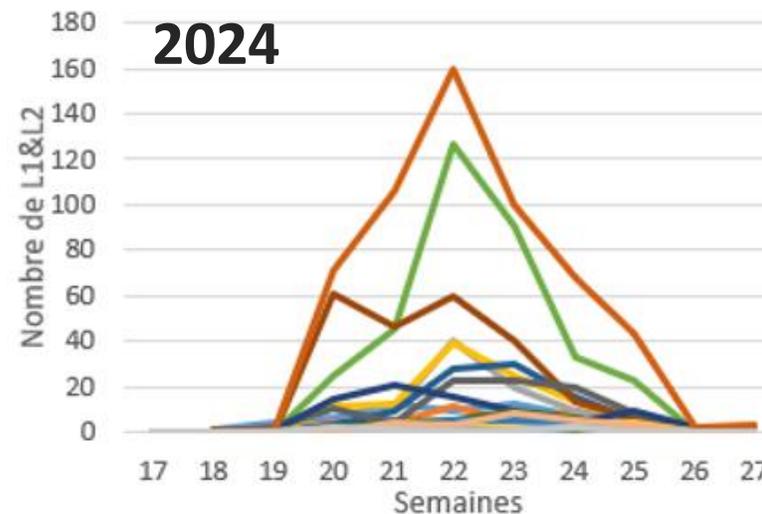


- Création d'un réseau de 27 parcelles (18 en S&G, 9 en Médoc) dans **un gradient de zones fraîches, tempérées ou chaudes**
- Suivi de l'éclosion et du développement des larves de *Scaphoideus titanus*, et piégeage d'adultes sur deux campagnes (2024 et 2025)

Perspectives :

- Analyse statistique et modélisation à venir
- Nouvelles données en (2026)

Dynamique des larves L1 et L2



Objectif 2 : Moins de traitements obligatoires

Tracer la circulation des variants de FD dans les paysages viticoles par génotypage (Action 3)

- **Connaissance** : Le risque épidémique des variants de phytoplasmes détectés sur vigne varie selon leur origine (viticole/environnement) et leur capacité à être transmis *S. titanus*
- **Idée** : Une infection par un variant à faible potentiel épidémique ne nécessitera plus de traitement obligatoire sur la commune concernée.
- **Besoin** : développer des outils d'épidémiologie moléculaire sur la FD

RESEARCH ARTICLE

When a Palearctic bacterium meets a Nearctic insect vector: Genetic and ecological insights into the emergence of the grapevine Flavescence dorée epidemics in Europe

Sylvie Malembic-Maher¹, Delphine Desqué¹, Dima Khalil¹, Pascal Salar¹, Bernard Bergey¹, Jean-Luc Danet^{1†}, Sybille Duret¹, Marie-Pierre Dubrana-Ourabah¹, Laure Beven¹, Ibolya Ember², Zoltan Acs², Michele Della Bartola^{3na}, Alberto Materazzi³, Luisa Filippin⁴, Slobodan Krnjajic^{5nb}, Oliver Krstić⁵, Ivo Toševski^{5,6}, Friederike Lang⁷, Barbara Jarausch⁷, Maria Kölber², Jelena Jović⁵, Elisa Angelini⁴, Nathalie Arricau-Bouvery¹, Michael Maixner⁷, Xavier Foissac^{1*}

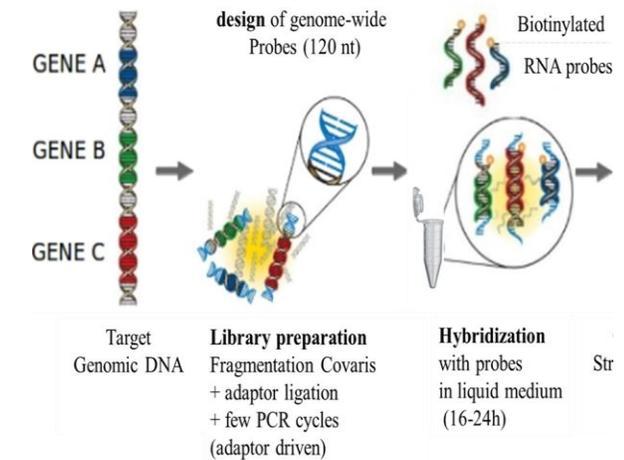
BFP



Résultat : Moins de traitements obligatoires

Tracer la circulation des variants de FD dans les paysages viticoles par génotypage (Action 3)

- **Tâche 3a : Mise au point des outils de génotypage par séquençage.**
 - Séquençage de 5 souches de phytoplasmes FD (variants M36, M38, M50 et M54) => connaitre la variabilité de ces génomes (peu variables)
 - Sur vigne : validation d'un séquençage Illumina des échantillons vigne après une étape d'enrichissement de l'ADN (les phytoplasmes étant très peu concentrés) => Enrichissement de l'ADN du phytoplasme FD de 100 à 10000 x. **Le séquençage devient possible même sur des échantillons de terrains peu concentrés**



DNA extract	Total reads (million)	Total reads mapped (million)	% FDp DNA in initial extract (qPCR*) A	% FDp DNA after capture (Bowtie 2) B	Enrichment A/B	Coverage (% ≥ 30X)	Average depth (% ≥ 30X)
VISa (inf. greenhouse) pure	46,7	42,3	0,758	90,34	119	84,5	11162
VISa dil 16	25	11,1	0,034	44,14	1284	82,2	3059
VISa dil 256	22,6	1,4	0,0021	6,21	12214	72,2	436
VISa dil 4096	24,7	0,4	0,00013	1,64	8913	24,3	329
VIT (inf. field) pure	55,4	46,9	0,466	84,69	182	85,4	12468
VIT dil 16	21,4	3,9	0,0073	18,10	2487	78	1229
VIT dil 256	19,5	0,5	0,00046	2,48	5451	45,3	224



Résultat : Moins de traitements obligatoires

Tracer la circulation des variants de FD dans les paysages viticoles par génotypage (Action 3)

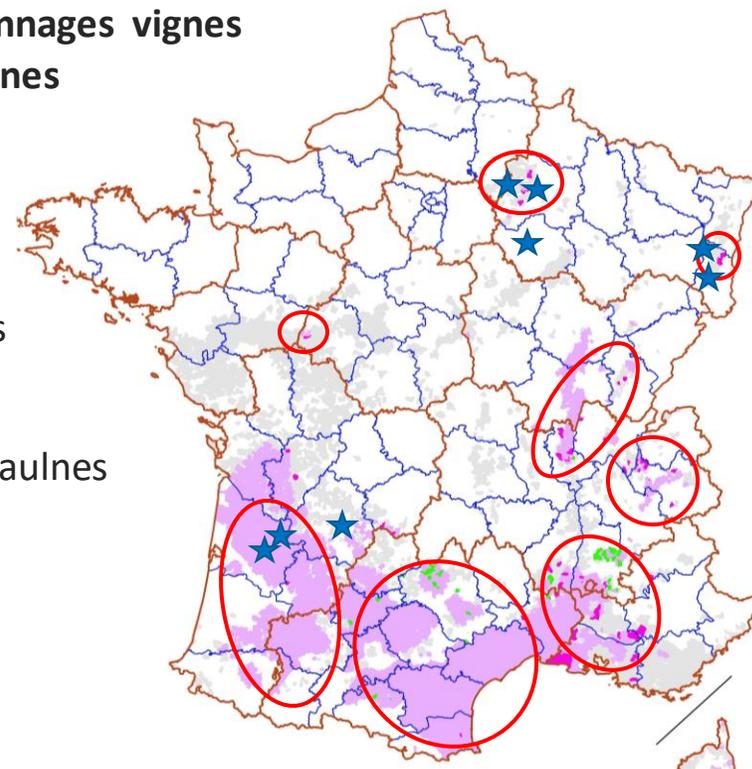
- **Tâche 3b : Circulation des variants FD dans les paysages viticoles**

- Échantillonnage sur vigne (325 échantillons représentatifs des cas isolés et principaux foyers FD français).
- Échantillonnage sur aulne (115 échantillons sur 8 sites)
- Tous les aulnes contiennent des variants non FD (vectotype I) et montrent des fréquences des variants FD (vectotypes II et III) allant 0 à 100%

Carte échantillonnages vignes et aulnes

Zones échantillons vignes FD 

Sites échantillons aulnes + cicadelles 



BFP



Résultat : Moins de traitements obligatoires

Tracer la circulation des variants de FD dans les paysages viticoles par génotypage (Action 3)

- Perspectives :

- En cours sur vigne et sur aulne : mise au point d'un pipeline de caractérisation des variants génétiques
- Caractérisation des variants génétiques sur les échantillons vignes et aulnes
- Abondances et taux d'infection des cicadelles présentes sur les aulnes échantillonnés.

BFP



Aulnes, réservoir original des variants de phytoplasmes

Consortiums et partenaires du projet

- Partenaires financés par IMPACT



INRAE



- Partenaires ressourcement en données & transfert



Transfert & valorisation des résultats

- **Action 1 (article scientifique)** : 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. *Submitted* to International Journal of Digital Earth
- **Action 3 (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-AECOLOGY conference, UMR-1332 Fruit Biology and Pathology, University of Bordeaux and INRAE, May 2024, Bordeaux (France), pp.96-97.

