



Appel à projets de recherche
L'épidémiologie étendue pour appuyer la transition agroécologique de conduite des cultures

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Séminaire de lancement

SYNTHÈSE

Comité d'organisation :

Sonia Lequin, Caroline Bottou et Xavier Reboud de l'équipe d'animation Ecophyto R&I (INRAE), Marie-Camille Soulard (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires), Antoine Le Gal (Ministère de l'agriculture et de La souveraineté alimentaire).

Aurélie Bravin, Laurent Delière, Jean Guyot, Sébastien Lemièrre, André Miralles du CSO R&I

Rédaction :

Laurent Delière & Sonia Lequin (INRAE)

Relectures :

André Miralles (INRAE), Sébastien Lemièrre (Université de Lille)

Mise en page :

Caroline Bottou (INRAE)

Plus d'infos et contact :

animation-ecophyto@inrae.fr

Le projet d'animation Ecophyto II+ R&I est piloté par les Ministères de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA), de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), du Travail, de la santé et des solidarités (MTSS) et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), sur l'enveloppe de redressement pour pollutions diffuses du plan Écophyto.

Mardi 20 février 2024 a eu lieu le séminaire de lancement de l'appel à projets de recherche et innovation Ecophyto « L'épidémiosurveillance étendue pour appuyer la transition agroécologique de conduite des cultures » au Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire à Paris.

Cet appel à projets de recherche vise à soutenir l'ensemble des travaux scientifiques qui permettent d'appuyer une épidémiosurveillance de la santé des cultures pour l'adapter aux conduites agroécologiques et s'inscrit dans la protection intégrée des cultures (PIC). Une spécificité de cet appel est de ne pas s'intéresser à la seule santé des plantes mais aussi notamment à celle de l'environnement au sens large, d'où le qualificatif « étendue ». Il vise également à rapprocher des communautés scientifiques permettant de renforcer cette démarche. Il s'inscrit dans le cadre de la réorientation et de la rénovation des Bulletins de Santé du Végétal. Actuellement trop cantonnés à l'observation des bioagresseurs, l'épidémiosurveillance et le BSV doivent être étendus et prendre en compte le fonctionnement global des agrosystèmes (biodiversité, pratiques agricoles, régulations naturelles) en intégrant de nouvelles sources de données afin d'améliorer les diagnostics et favoriser les pratiques préventives.

Après l'introduction des co-pilotes ministériels (MASA, MTECT et MTSS) qui étaient présents, suivait l'introduction du CSO R&I, qui a souligné que ces projets travaillent sur une grande diversité d'organismes (phages, bactéries, arthropodes, parasitoïdes...); ils ont en commun de favoriser une approche globale paysagère de l'épidémiosurveillance avec des composantes spatiales et temporelles fortes, et qu'on pourrait à ce titre qualifier d'éco-épidémiosurveillance. Concernant les différences entre les projets soulignés lors de cette seconde intervention, quatre projets s'appuient sur des approches de métagénomique (métabarcoding, séquençage haut-débit...) au niveau des ravageurs et des auxiliaires. Deux autres projets proposent quant-à-eux des approches participatives, impliquant les agriculteurs et se focalisant sur l'aide à la décision. Cette deuxième introduction se basait sur des représentations en nuage de mots-clés, inspiré par le travail d'un membre du CSO R&I.



UPAPEETE
UGSIRIS
IMPACT
VALORISE
EPIPHAGESOI

Nuage de mots composé des noms des projets présentés



[Page Ecophytopic du séminaire](#)



[Diaporama des projets](#)

Les six projets lauréats de cet AAP ont été présentés.

TROIS DES PROJETS VISENT À ÉTENDRE L'ÉPIDÉMIOLOGIE EN Y INTÉGRANT DES INFORMATIONS SUR LES RÉGULATIONS NATURELLES.

L'objectif global est de pouvoir identifier des zones à fort ou faible potentiel de régulations. Ces projets proposent des démarches visant à :

- **Décrire les communautés de bioagresseurs, d'auxiliaires, voire de l'ensemble du phytobiome** sur des réseaux de parcelles agricoles dans des conditions variées de pratiques et de paysage. Cette étape est souvent accompagnée de développement des méthodes de diagnostics innovantes et pouvant déboucher sur des indicateurs opérationnels.
- **Inférer des potentiels de régulation sur la base de ces inventaires**, comprendre et quantifier les régulations, établir des cartographies d'interactions. Cette phase peut s'appuyer sur des travaux connexes et complémentaires aux suivis de terrain : mesure d'interactions in vitro, mesure du temps de digestion de l'ADN pour estimer des quantités de proies ingérées; assemblages de bases de données, consultation d'experts, etc.
- **Rechercher des liens entre facteurs du paysage ou des pratiques et potentiel de régulation** afin d'établir des proxys de régulation. Cette phase fait le plus souvent intervenir des outils de modélisation.

Le [projet EPIphage OI](#) s'intéresse aux agents pathogènes CeRs, bactéries responsables du flétrissement de nombreuses plantes (tomates, pomme de terre, banane...) à la Réunion, et à leur contrôle par des bactériophages, virus na-

turels très spécifiques de certaines bactéries. Essentiellement étudié in vitro, sans prise en compte de la diversité des agents pathogènes et des phages, le projet vise à **étudier les relations biologiques entre bactéries et phages afin de pouvoir intégrer ces informations dans l'épidémiosurveillance**. Il vise ainsi à décrire lien entre épidémie et diversité génétique, quantifier les régulations biologiques et cartographier les interactions. Le projet met en place un échantillonnage en parcelles agricoles du couple bactérie-phages avec des techniques de diagnostic moléculaire nomade (lamp PCR), la mise en place d'une collection phages/bactéries isolés au champ et leur séquençage. La mesure des interactions de la gamme d'hôtes et de la virulence des phages sera réalisée in vitro. Enfin, l'étude de la structuration génétique et spatiale du couple ceRS/ bactériophages sera conduite à l'aide de réseaux épidémiologiques, d'analyses phylogénétiques et d'inférences génétiques spatiales.

Sur le modèle Agrumes en Corse, [le projet IRIS](#) s'intéresse à **l'ensemble du phytobiome (virus, microbe de la phyllosphère, arthropodes...)** pour les régulations des multiples bioagresseurs de la culture (bactéries, cochenilles, pucerons, cicadelles, etc.). Le projet se base sur les hypothèses que des réseaux d'interactions plus complexes permettent de meilleures régulations et une meilleure résilience des agrosystèmes et que des paysages plus complexes entraînent des réseaux d'interaction plus diversifiés et denses. Le projet prévoit **une description complète du phytobiome** par des techniques de détection moléculaires (métagénomique virale, metabarcoding, metabarcoding alimentaire) sur un réseau restreint mais très documenté de parcelles et l'inférence des potentiels de régulation en s'appuyant sur des expériences complémentaires. L'objectif est ensuite de **passer à l'échelle du paysage en réalisant des échantillonnages dégradés** dans de nombreuses parcelles dans différents contextes afin d'obtenir des « signatures » de régulation naturelle,

le projet VALORISE prévoit la mise en place d'outils de saisie adaptés et d'outils de reporting de type **tableau de bord interactif pouvant être mise à disposition des acteurs du BSV** qui permettra à chaque observateur d'avoir un accès à une interface où il retrouvera des tableaux, des graphiques et des cartes pour mieux situer les informations de sa parcelle et les comparer à celles des années précédentes pour adapter sa prise de décision. Il pourra également adapter ses choix en fonction de ce qui se passe autour dans des parcelles voisines. **Le projet PAPEETE** propose de co-construire avec les acteurs de la filière un outil numérique d'épidémiosurveillance participative du risque multi-maladies du blé. Cet outil vise à intégrer des données locales (pratiques, observations, paysages, etc.) afin de fournir aux praticiens une cartographie des risques multi-maladies, de production et économique à l'aide de modèles de prédictions et de simulation. À l'aide d'expérimentations chez les agriculteurs, le but est également de confronter le risque objectif aux pratiques réelles, d'estimer les écarts entre risques objectifs et subjectifs et d'identifier les déterminants.

La quasi-totalité des projets propose des **avancées méthodologiques** et la mobilisation de technologies récentes pour l'acquisition de données au terrain (diagnostic moléculaire, reconnaissance image, intelligence artificielle, etc.) permettant une surveillance plus rapide et massive des bioagresseurs et des auxiliaires.

Par ailleurs, plusieurs projets prévoient le développement d'applications sur smartphone afin de faciliter la prise en main par les acteurs de l'épidémiosurveillance. Pour ces projets, des questions autour de la relation entre granularité de l'information et confidentialité de l'information vont se poser de façon prégnante (PAPEETE, NGS OLICIT).

La prolifération du développement d'applications spécifiques nécessite que celles-ci soient évolutives pour tendre vers une application qui regroupe l'essentiel. Deux questions se

posent également :

- *comment faire après les projets pour maintenir les outils développés, pour passer à l'étape d'après et pour intégrer dans un système commun?*

- *comment aborder la sociologie de l'agriculteur pour l'appropriation des outils?*

Enfin, une particularité de cet appel est qu'un nombre important de projets produiront **de nouvelles données** (EPIphage OI, NGS OLICIT) ou manipuleront une masse importante de données ou d'images satellitaires (IMPACT). Les données des EPIphage OI et NGS OLICIT seront stockées dans des bases de données.

Pour conclure ce séminaire, **Cindy Morris** directrice de recherche à INRAE en écologie bactérienne est intervenue pour présenter **le projet BEYOND** (étendre le périmètre de surveillance pour la mise en place de la prophylaxie et comment développer un concept générique) et sa conception de l'épidémiosurveillance étendue : surveillance sur le long terme, éloignée dans l'espace, indirecte et opportuniste. De son point de vue, **le concept d'épidémiosurveillance étendue évolue pour devenir un outil agroécologique proactif**. Il ne s'agira pas seulement de regarder mais d'agir en ayant une vision des risques et en utilisant des techniques agronomiques. Cette idée fait débat et il est proposé de faire attention à ne pas étendre le terme épidémiosurveillance à l'ensemble de l'agronomie.

Lors des échanges il a aussi été question de **l'enseignement de l'épidémiosurveillance** qui est une notion encore trop peu abordée et notamment le fait d'aborder les maladies des plantes comme un processus et non comme un état.

La question de la pérennité de l'observation se pose au regard du changement climatique. Il y a en effet encore peu de recul et bien que des simulateurs de climat existent pour projeter des scénarios et évaluer l'impact sur les modèles épidémiologiques, il est difficile de

valider les prévisions.

Enfin, ce séminaire a été l'occasion pour les porteurs de projets de se rencontrer, d'échanger et de mettre en évidence des points de convergence, de similarité, mais aussi des verrous techniques (coût de la métagénomique complète, rester dans un cadre connu avec des bases de données bien entretenues, incapacité à démultiplier les réseaux de capteurs et les analyses) et scientifiques (passage de l'inventaire à la régulation, les questions sur l'échantillonnage à mettre en place, peu de spécialistes pour identifier les hyménoptères) de leurs projets.

La présentation de ces projets a contribué à une meilleure compréhension de la notion « étendue » que l'on peut donner à l'épidémiologie autour de l'écologie des communautés.



MERCI

Ce document a été réalisé par l'animation Ecophyto R&I,
Caroline Bottou & Sonia Lequin,
grâce à la mobilisation de tous les membres d'équipes projets !

Pour suivre les actualités EcophytoII+ R&I
rendez-vous sur



[Animation Ecophyto RI](#)



[EcophytoPIC](#)



animation-ecophyto@inrae.fr

