

LA GESTION DURABLE DE LA RÉSISTANCE DES PLANTES AUX BIOAGRESSEURS

© Jean Weber – Inra

Lettre d'information n° 3
décembre 2014

De la « résistance durable » à la « gestion durable des résistances »

Comment réussir à déployer sur le terrain des plantes résistantes aux bioagresseurs et ce, de manière durable ? Les résultats préliminaires de cinq projets de l'Inra, regroupés au sein de l'action-clé Presume du métaprogramme SMaCH, ont été restitués, apportant des éléments de réponse, lors d'un séminaire organisé le 12 novembre 2014 à Paris.

L'utilisation de variétés de plantes résistantes aux parasites constitue l'une des voies privilégiées pour réduire l'usage des pesticides tout en maintenant un bon niveau de protection dans les systèmes agricoles intensifs. Encore faut-il que les stratégies de sélection et d'utilisation de ces plantes soient à la fois efficaces, durables et applicables sur le terrain.

L'Inra mobilise les recherches sur le sujet et fait naître des réflexions prospectives. L'institut consolide une communauté scientifique pluridisciplinaire et des partenariats avec des instituts techniques et des entreprises autour de cette thématique. Car la recherche de la durabilité des variétés résistantes aux parasites relève de multiples disciplines, qui vont de la biologie à l'écologie, en passant par les sciences économiques et sociales. Elle

nécessite par ailleurs une co-construction avec la profession agricole afin de prendre en compte les contraintes du terrain et de divulguer aux producteurs les bonnes pratiques de durabilité. Le séminaire de restitution organisé le 12 novembre 2014 à Paris s'inscrit dans ce cadre. Soixante-cinq scientifiques de l'Inra ainsi que de nombreux partenaires ont pu découvrir et discuter les résultats préliminaires de cinq projets phares initiés en 2012 et 2013 sur le thème de la gestion durable de la résistance des plantes aux bioagresseurs. Ces cinq projets, nommés Aramis, Take Control, K-masstec, Gedunem et Panoramix, font partie de Presume, l'une des treize actions-clés du métaprogramme SMaCH* de l'Inra. Ils contribuent à l'émergence de l'agro-écologie comme une discipline scientifique à part entière.

Sommaire

- p. 2 : Combiner les approches pour gagner en durabilité
- p. 3 et 4 : Cinq projets dédiés à la durabilité de la résistance

COMBINER LES APPROCHES POUR GAGNER EN DURABILITÉ

La gestion durable de la résistance des plantes aux bioagresseurs exige d'associer l'utilisation de ces résistances avec des traitements chimiques raisonnés et des pratiques agronomiques appropriées. C'est la raison pour laquelle les cinq projets de l'action-clé Presume mobilisent une palette très large de disciplines et de partenaires. Généticiens, pathologistes, agronomes, modélisateurs, sociologues et professionnels agricoles travaillent à co-construire des stratégies durables et que les producteurs jugeront acceptables.



© Jean Weber - Inra



Christian Lannou

responsable,
avec Carole Caranta,
de l'action-clé Presume

“ La gestion durable de la résistance des plantes aux bioagresseurs s'inscrit dans la volonté de limiter le recours aux pesticides.”

Pourquoi travailler sur la durabilité des variétés résistantes aux parasites ? « Pour améliorer la protection contre les maladies et bioagresseurs, réduire la dépendance de l'agriculture aux pesticides et renforcer la compétitivité des filières », répond Christian Lannou, responsable, avec Carole Caranta, de l'action-clé Presume qui regroupe cinq projets de recherche dédiés à la problématique (voir interviews).

Un besoin de recherche conséquent

Le défi n'est pas nouveau, de nombreuses connaissances ont été acquises en la matière, mais le besoin de recherche demeure important. « Les gènes de résistance connus et faciles à manipuler sont encore rares, nous devons donc en identifier de nouveaux et comprendre les mécanismes impliqués, reprend Christian Lannou.

En matière de durabilité, la solution universelle adaptée à tous les systèmes n'existe pas.

D'un autre côté, les parasites qui contournent les résistances émergent rapidement. Caractériser la capacité adaptative de ces parasites aux gènes de résistance est donc essentiel. Nous devons également mieux identifier les contraintes organisationnelles et économiques des acteurs afin de proposer des stratégies durables et pratiques pour accompagner le déploiement des variétés résistantes sur le terrain. La conception de systèmes de cultures innovants, éventuellement en rupture avec les systèmes conventionnels, n'est utile que si les acteurs se les approprient facilement. Enfin, la recherche doit développer des outils de surveillance épidémiologique et de diagnostic pour mieux appréhender les besoins de protection et l'apparition des résistances. »

Mobilisation pluridisciplinaire indispensable

La notion de durabilité englobe désormais toutes les étapes, du gène à l'agro-écosystème. Il s'agit de tirer parti de l'ensemble des leviers possibles à ces différentes échelles. L'enjeu est de taille car dix à quinze ans sont nécessaires pour mettre sur le marché une variété résistante.

« L'expérience nous a montré que les variétés n'incluant qu'un seul gène de résistance faisaient très rapidement l'objet d'un contournement, note Xavier Reboud, directeur du métaprogramme SMaCH. Nous devons donc, pour gagner en durabilité, mettre toutes les barrières possibles au contournement de ces résistances par les agents pathogènes. À l'image de la trithérapie utilisée contre le virus du sida, le monde agricole doit jouer sur trois registres : la génétique, même si la résistance est partielle, l'utilisation raisonnée de pesticides et toute la palette des pratiques agronomiques. Ceci est d'autant plus nécessaire que les plantes actuellement cultivées ont gagné en rendement mais ont perdu en résistance vis-à-vis des agents pathogènes. »

La mobilisation de généticiens, pathologistes, agronomes, modélisateurs, sociologues... est donc de mise, tout comme le partenariat avec les acteurs agricoles. D'autant qu'une fois inscrite, une variété résistante ne fait l'objet d'aucune réglementation à même de restreindre son utilisation dans le temps ou dans l'espace. Pour préserver la résistance, la gestion de son déploiement sur un territoire doit donc être organisée avec le monde agricole. Xavier Reboud prône le bénéfice collectif et de long terme. « Toutes les voies sont à explorer collectivement, conclut-il. En matière de durabilité, la solution universelle adaptée à tous les systèmes n'existe pas. »

Dix à quinze ans sont nécessaires pour mettre sur le marché une variété résistante.



François Delmotte

Interview

François Delmotte, co-responsable scientifique, avec François Hochereau, du projet Panoramix - Conception et valorisation de systèmes viticoles durables combinant variétés résistantes aux maladies et méthodes de protection complémentaires.

La réduction de l'utilisation des pesticides en viticulture constitue-t-elle un enjeu important ?

Oui. La vigne, qui occupe 3,8 % de la surface agricole utile nationale, consomme 20 % des pesticides. L'explication de ce niveau élevé d'utilisation de pesticides est simple : les maladies auxquelles doivent faire face les cépages actuellement cultivés en Europe ont été introduites d'Amérique du Nord au XIX^e siècle et la vigne ne possède pas spontanément les capacités à se défendre.

Le moindre recours aux pesticides peut conduire à la réémergence de certaines maladies de la vigne comme le black rot.

L'utilisation de variétés résistantes représente donc LA solution ?

Il n'y a probablement pas de solution unique pour réduire l'utilisation de pesticides dans les systèmes viticoles. Néanmoins, parmi les innovations possibles, celle visant à introduire la résistance variétale est certainement l'une des plus prometteuses. Mais ces variétés doivent également présenter des caractéristiques agronomiques et œnologiques en adéquation avec les exigences de qualité de la filière. Les généticiens de l'Inra y travaillent. Des variétés résistantes à l'oidium et au mildiou seront inscrites au catalogue en 2016. Un des enjeux majeurs pour le déploiement de ces nouveaux cépages est d'assurer la durabilité des résistances.

Comment gérer durablement les résistances de la vigne ?

Pour éviter l'arrivée rapide de contournements des résistances, l'Inra a décidé, en accord avec l'Institut français de la vigne et du vin, de ne mettre en marché que des variétés à résistance plurigénique.

Parallèlement, biologistes moléculaires et pathologistes cherchent à comprendre comment les pathogènes s'adaptent aux variétés résistantes pour proposer les meilleures stratégies de déploiement de ces variétés. Ils ont ainsi montré que les résistances

partielles conduisent à une augmentation de l'agressivité des pathogènes. De leur côté, les agronomes acquièrent des connaissances sur l'itinéraire cultural à privilégier pour préserver la durabilité de ce système.

Ces nouveaux cépages sont-ils facilement adoptables par les viticulteurs ?

C'est l'un des enjeux du projet Panoramix. Les sociologues travaillent aux mesures d'accompagnement nécessaires et à la valorisation de ces cépages qui demandent moins de pesticides, mais qui ne portent pas le même nom que ceux actuellement cultivés. En 2015, de nombreux partenaires seront impliqués dans cette étude sociologique et des ateliers participatifs seront organisés avec des viticulteurs.



Thierry Coulon

directeur scientifique et technique vigne et terroir à l'IFV (Institut français de la vigne et du vin)

“ Les travaux de recherche de l'Inra sont conduits en concertation étroite avec l'IFV. L'Inra peut ainsi mieux prendre en compte les contraintes des viticulteurs. Une préoccupation conjointe entre l'Inra et l'IFV est de préciser, puis de divulguer sur le terrain, les conditions de pratiques culturales nécessaires pour assurer la durabilité des résistances variétales.”



Alain Palloix

Interview

Alain Palloix, co-responsable scientifique, avec Frédéric Fabre et Benoît Moury, du projet Take Control – Contrôle de l'évolution des bioagresseurs par déploiement de résistances quantitatives.

Pourquoi s'intéresser à la résistance partielle ?

Nous ne disposons pas de résistance monogénique pour tous les agents pathogènes ni pour toutes les cultures. Ce type de résistance offre l'avantage d'être d'une efficacité totale mais présente l'inconvénient d'être rapidement contournée par les parasites, ce qui est moins le cas avec les résistances partielles, dites quantitatives, face auxquelles l'adaptation est plus lente et difficile. Les résistances partielles, déterminées par différentes parties de génome, appelées QTL, peuvent agir avec des mécanismes différents et complémentaires.

L'objectif du projet Take Control est de comprendre ces mécanismes et d'exploiter les QTL en question pour prendre le contrôle de l'évolution des virus. Ce travail est conduit en laboratoire, en étudiant les résistances quantitatives au virus PVY de la pomme de terre chez le piment. Le piment et ce virus constituent un système idéal car nous pouvons voir en très peu de temps si le virus contourne ou non la résistance.

Comment la plante peut-elle prendre le contrôle de l'évolution du virus ?

En réduisant la taille des populations virales dans les plantes, ces QTL affectent directement l'évolution même du virus

et ralentissent l'apparition de formes contournant la résistance. Ces mécanismes sont complexes et la compréhension du système doit faire appel à des modèles sophistiqués. L'objectif, à terme, est de sélectionner les plantes possédant ces QTL pour protéger un gène majeur de résistance, qui serait alors plus durable. Ainsi, les nouvelles variétés seront sélectionnées non seulement pour leur résistance, mais aussi pour leur aptitude à contrôler l'évolution des bioagresseurs sur le long terme. Nous allons également travailler sur le panachage de ces variétés dans le paysage agricole.

“ Les pépiniéristes, co-obtenteurs des variétés de pommiers, travaillent en étroite collaboration avec l'Inra. La communication liée à la durabilité des résistances, que nous divulguons lors de la mise en marché du matériel génétique, est validée ensemble.”



Christelle Pitiot
 responsable technique et développement chez CEP Innovation et Novadi



Charles-Éric Durel

Interview

Charles-Éric Durel, responsable scientifique du projet Aramis - Évaluation de la durabilité de la résistance partielle du pommier à la tavelure à travers l'analyse des voies métaboliques du pommier et l'adaptation du champignon.

En quoi la durabilité de la résistance variétale chez le pommier est-elle particulièrement importante ?

Le pommier est une espèce pérenne, que le producteur ne replante que tous les quinze à vingt-cinq ans. Comme la plupart des cultures arboricoles, il reçoit un grand nombre de traitements, notamment pour lutter contre la tavelure, sa principale maladie. Trouver des variétés durablement résistantes dans le temps constitue un enjeu majeur, d'autant que des résistances aux fongicides se développent du côté du champignon.

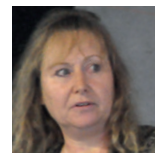
Comment travaillez-vous cette durabilité de la résistance ?

Le projet Aramis consiste à comprendre, d'une part, comment fonctionnent certains gènes

de résistance et, d'autre part, comment le champignon s'adapte à ces divers mécanismes de résistance. L'objectif étant de proposer, à terme, des variétés portant des combinaisons de gènes de résistance qui limitent l'adaptation du champignon. Nous cherchons entre autres à valider l'hypothèse selon laquelle le cumul de différents modes d'action de résistance partielle rend la résistance globale moins facilement contournable. Ce travail est réalisé en suivant l'évolution de souches de champignons récoltées sur différents pommiers en expérimentation. Une modélisation nous permet par ailleurs de simuler cette évolution sur plusieurs générations pour mieux l'expliquer et la prédire.

Interview

Caroline Djian-Caporalino, responsable scientifique du projet Gedunem - Innovations techniques et variétales pour une gestion durable des nématodes à galles.



Caroline Djian-Caporalino

Pourquoi travailler sur la problématique des nématodes à galles ?

Une enquête conduite de 2007 à 2010 avec trente partenaires rassemblant l'ensemble des acteurs concernés a montré que les nématodes à galles constituent chez les maraîchers méditerranéens la problématique principale : plus de 40 % des exploitations sont touchées et les rares produits chimiques qui restent autorisés manquent d'efficacité. De nombreuses solutions de lutte sont testées : solarisation, gestion de l'interculture avec des engrais verts « nématicides », rotation avec des plantes non-hôtes. Mais aucune d'entre elles, prise individuellement, ne s'avère satisfaisante.

Quel est l'objet du projet Gedunem ?

Le projet Gedunem a pour objectif de trouver des systèmes maraîchers sous abris combinant des variétés résistantes et plusieurs techniques alternatives afin d'augmenter l'efficacité du contrôle du parasite, tout en préservant sur le long terme les rares gènes de résistance dont nous disposons. Ce projet, démarré en 2012 et d'une durée de quatre ans, regroupe des expérimentations sur quatre sites français et un au Maroc. Un travail de modélisation est conduit en parallèle pour étudier sur le long terme les systèmes proposés.

Les maraîchers sont-ils parties prenantes ?

Nous travaillons bien sûr avec la profession agricole. Ces systèmes de culture doivent être acceptables par les producteurs en termes de rendement, de travail, de coût, de risque... C'est pourquoi, à côté des nématologistes, généticiens, agronomes, écologistes des sols, pathologistes et expérimentateurs, des agronomes enquêtent auprès des maraîchers pour relever les freins à l'acceptabilité des systèmes pluriannuels proposés. Ces freins sont ensuite analysés, pour être levés. Par exemple, nous cherchons à réduire le temps de l'interculture, jugé trop long par certains producteurs.



Marie-Hélène Balesdent

Interview

Marie-Hélène Balesdent, responsable scientifique du projet K-Masstec – Étude de stratégies de gestion de gènes de résistance spécifique au phoma du colza.

Un gène de résistance qui a été contourné peut-il encore s'avérer utile ?

Oui, nous nous en sommes aperçus lors d'une étude de populations de souches de phoma menée sur le terrain avec les semenciers et le Cetiom (Centre technique interprofessionnel des oléagineux). Il y a dix ans, alors que près de 30 % des variétés de colza disposaient du gène de résistance spécifique au phoma *Rlm3*, les populations pathogènes semblaient avoir contourné cette résistance, qui nous paraissait dès lors inutile. Or *Rlm3* est redevenu intéressant lorsque des variétés possédant un autre gène de résistance spécifique, *Rlm7*, ont été déployées et que l'agent pathogène a contourné cette nouvelle résistance. Car les souches de phoma virulentes vis-à-vis de *Rlm7* s'avèrent incapables d'attaquer les variétés *Rlm3*.

En quoi consiste le projet K-Masstec ?

Nous comparons deux stratégies d'utilisation des gènes de résistance spécifiques *Rlm3* et *Rlm7*. Est-il préférable, en termes de durabilité de la résistance, de les intégrer tous les deux dans une variété, technique dite de pyramidage, ou de les utiliser en alternance, une année sur deux ? Nous cherchons, en outre, à comprendre au niveau moléculaire les mécanismes impliqués dans la résurgence des souches avirulentes sur *Rlm3* et à savoir en combien de temps vont apparaître des souches capables de contourner les deux gènes de résistance. Pour cela, nous menons des essais au champ pour obtenir des données biologiques qui serviront à une modélisation du système, permettant des prédictions sur le long terme.

*Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (Gestion durable de la santé des cultures), mis en place par l'Inra sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des plantes, permettant de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs mais moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.

www.smach.inra.fr

Directeur de SMaCH :
 Xavier Reboud

MOBILISER LES RÉGULATIONS NATURELLES, SURVEILLER, DIAGNOSTIQUER, ANTICIPER LES RISQUES POUR LA SANTÉ DES CULTURES

© Maitre - Inra

Lettre d'information n° 4
février 2015

Mieux vaut prévenir

Mobiliser les régulations naturelles, surveiller, diagnostiquer et anticiper les risques pour la santé des cultures : tel est le thème de l'appel à projets lancé pour 2014 dans le cadre du métaprogramme SMaCH de l'Inra. Les six projets retenus ainsi que deux thèses portant sur la question ont été dévoilés lors d'un séminaire organisé les 17 et 18 décembre 2014 à Paris.

La durabilité de la protection des plantes et la moindre dépendance aux pesticides nécessitent le développement d'un nouveau paradigme fondé sur la mobilisation des régulations naturelles et sur la surveillance et la gestion des risques. Mieux vaut prévenir que guérir...

Afin d'élargir les approches intégratives et prophylactiques de la santé des cultures en amont des actions curatives, l'Inra a lancé pour 2014 un appel à projets spécifique, dans le cadre de son métaprogramme SMaCH*.

Six projets, nommés Reaction, Fladorisk, Gargamel, Copairnic, Lycovitis et Geek, ont été retenus. Ils s'articulent autour de deux logiques : mieux comprendre les services rendus par la biodiversité en termes de régulation des bioagresseurs et de capacité à endiguer les invasions de parasites, d'une part ; approfondir et mobiliser les connaissances au niveau de la veille, de la surveillance, du diagnostic, de la prévention et de la gestion des risques, d'autre part.

Le séminaire de lancement, les 17 et 18 décembre à Paris, a permis de constater que ces six projets, auxquels se sont associées deux thèses, mobilisent une communauté scientifique pluridisciplinaire. Pas moins de six départements de recherche sont impliqués au sein de l'Inra : Santé des plantes et environnement, Sciences pour l'action et le développement, Environnement et agronomie, Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques, Mathématiques et informatique appliquées, Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement.

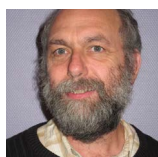
Enfin, la plupart des projets engage un travail de co-construction avec les acteurs de la profession agricole. Ces démarches participatives sont nécessaires pour prendre en compte les besoins et contraintes du terrain, et pour aboutir à des innovations en matière de prévention et de gestion du risque, construites avec les conseillers et les agriculteurs et qui seront ainsi déployées plus rapidement au sein de la profession.

Sommaire

- p. 2 : Construire des systèmes agricoles plus robustes
- p. 3 et 4 : Six projets et deux thèses dédiés à la mobilisation des régulations naturelles et à la surveillance, le diagnostic et l'anticipation des risques pour la santé des cultures

CONSTRUIRE DES SYSTÈMES AGRICOLES PLUS ROBUSTES

Comment réconcilier production agricole et durabilité ? Les réponses résident d'une part dans la mobilisation des régulations naturelles, et d'autre part dans la surveillance, le diagnostic et l'anticipation des risques relatifs à la santé des cultures. Raison pour lesquelles les six projets retenus pour 2014 dans le cadre du métaprogramme SMaCH* de l'Inra cherchent à minimiser le contrôle des ravageurs a posteriori, en prévenant a priori les risques et en construisant des systèmes agricoles plus robustes.



Xavier Reboud

directeur du
métaprogramme SMaCH

“ Pour soutenir
la transition

agroécologique, nous devons approfondir nos connaissances relatives à l'impact des pratiques sur l'état sanitaire des parcelles, à court et à moyen terme. »

Le développement des technologies de l'information et de la communication et l'expansion des réseaux sociaux peuvent modifier en profondeur le secteur de l'épidémiologie-surveillance.



© STREITO - Inra

Le contrôle biologique des maladies et des ravageurs des cultures contribue à sécuriser la production agricole en quantité et en qualité, tout en réduisant la dépendance aux pesticides et en respectant mieux l'environnement. Ce défi nécessite un changement de paradigme visant la construction de systèmes cultureux structurellement plus robustes permettant une réduction des actions de protection curatives. La mobilisation des régulations naturelles et la prévention des risques font partie des solutions à déployer.

Tirer profit des régulations naturelles

« Le rôle majeur de la biodiversité dans les services écosystémiques est communément admis, mais rarement quantifié, souligne Xavier Reboud, directeur du métaprogramme SMaCH et coordinateur de l'action-clé Biodiv – biodiversité et protection des cultures. Or une gestion intégrée de la santé des plantes doit en tirer profit. »

Le champ d'investigation s'avère conséquent. Le rôle de la biodiversité dans le service de contrôle des bioagresseurs mérite d'être précisé et qualifié. « Quel niveau de contrôle des ravageurs est possible ? Quelles sont la prévisibilité et la stabilité des régulations ? Quels facteurs entrent en ligne de compte ? Autant de questions auxquelles nous devons apporter des réponses, reprend Xavier Reboud. Sachant que différents processus s'emboîtent à différentes échelles, du local au paysage. » L'Inra cherche entre autres à fournir des indicateurs simples d'évaluation de la biodiversité fonctionnelle impliquée dans cette régulation naturelle, à mesurer la biodiversité bénéfique à la protection des plantes offerte par les pratiques culturelles,

l'utilisation de mélanges d'espèces ou de variétés, les aménagements paysagers. Enfin, l'institut s'applique à utiliser les leviers que constituent les infrastructures agroécologiques telles que les haies ou bandes enherbées. Objectif : aider au maintien naturel d'organismes auxiliaires en leur offrant « le gîte et le couvert ».

Surveiller, diagnostiquer, anticiper

La construction de systèmes cultureux plus robustes nécessite également de prévenir les risques liés à la protection des plantes. La surveillance des ravageurs et des maladies, le diagnostic et l'anticipation sont de rigueur.

« De nos jours, le besoin en diagnostic précis et rapide augmente, note Jean-Claude Streito, coordinateur, avec Valérie Laval, de l'action-clé Sys3D – Systématique pour le diagnostic, la détection et l'identification. D'une part parce que les techniques culturales actuelles sont plus exigeantes en diagnostics et d'autre part parce que la diminution requise de la couverture chimique, le développement des échanges commerciaux et les changements climatiques conduisent à une amplification des émergences de ravageurs. » L'identification rapide d'une espèce invasive offre la possibilité d'intervenir de manière précoce et de contenir les foyers. Pour Cindy Morris, coordinatrice, avec Marc Barbier, de l'action-clé Emerge – gérer les émergences, la recherche doit aujourd'hui se mobiliser de manière pluridisciplinaire : « Nous devons comprendre les mécanismes biologiques des maladies émergentes et des bio-invasions, mais nous devons également prendre en compte les aspects sociaux et économiques qui y sont liés. »

En moyenne sur
les dix dernières
années, les cultures
doivent faire face
à sept nouveaux
insectes invasifs et
destructeurs par an.



Interview

Marie Chave, responsable scientifique du projet Reaction – Régulations naturelles et leviers d'actions : focus sur la bioprotection préventive de la tomate par les symbioses mycorhiziennes.

Marie Chave

Pourquoi chercher à développer les symbioses mycorhiziennes ?

Parce que ces symbioses font partie des régulations naturelles intéressantes à déployer pour réduire l'utilisation d'intrants, engrais comme pesticides. La grande majorité des espèces de plantes ont les capacités à développer une association symbiotique entre leurs racines et une diversité d'espèces de champignons, en formant ce que l'on appelle des mycorhizes. Mais avec l'intensification des cultures et l'apport important d'engrais, cette association n'est plus utilisée par les plantes. Pourtant, elle permet

à la culture de développer sa surface racinaire, de mieux s'alimenter en eau et en éléments minéraux et de lui apporter une bioprotection, notamment en stimulant son système de défenses naturelles.

Favoriser la mycorhization exige de repenser les systèmes de cultures ?

Oui, raison pour laquelle le projet Reaction tend à co-construire, avec les agriculteurs, de nouveaux systèmes culturels. Le redéploiement de cette régulation naturelle sur le terrain, mise en œuvre sur la tomate au sein du projet, pourrait, à terme, s'avérer utile à de nombreuses cultures.



Gaëlle Marliac

a conduit une thèse au sein de l'Inra d'Avignon : Intensification de l'agriculture biologique - conséquences sur la régulation des phytophages en vergers de pommiers.

« L'agriculture biologique est souvent considérée comme un système unique. Pourtant, son développement sur le territoire révèle des intensifications diverses, avec des stratégies de protection différentes, combinant des pratiques multiples : appel à des filets protecteurs, des agents de biocontrôle, des aménagements paysagers, des variétés résistantes...

Ma thèse conduite entre 2011 et 2014 à l'Inra a montré que ces différentes stratégies n'offrent pas le même niveau de régulation du principal ravageur du pommier, le carpocapse.

Vingt vergers, conduits selon des stratégies différentes, ont fait l'objet d'un suivi d'auxiliaires et d'une estimation de la fonction de prédation de ces auxiliaires. Les résultats révèlent que si la communauté d'araignées est peu affectée par les modalités de protection, celle de perce-oreilles se montre sensible aux moyens de lutte utilisés. Enfin, le taux de prédation du carpocapse par les ennemis naturels s'avère plus important dans la stratégie d'intensification que nous avons appelée « écologique » et qui s'appuie sur la lutte biologique et l'aménagement de l'habitat. »



Interview

Sylvie Malembic-Maher, co-responsable, avec Adrien Rusch, du projet Fladorisk – Flavescence dorée de la vigne : influence de l'environnement sauvage et analyse comparée des systèmes régionaux de gestion de la maladie.

Sylvie Malembic

« Les objectifs du projet Fladorisk, qui réunit des sociologues, écologues, pathologistes et entomologistes de l'Inra, sont multiples : mesurer les nouveaux risques de contamination induits par les plantes sauvages environnant les vignobles, comme les aulnes, les clématites et les repousses ensauvagées de porte-greffe, susceptibles de constituer des réservoirs pour la flavescence dorée ; prendre en compte les services apportés par le compartiment sauvage en matière de régulation naturelle puisqu'il abrite des auxiliaires utiles à la protection des vignobles ; accompagner les systèmes régionaux de gestion de la flavescence dorée dans la prise en compte du compartiment sauvage, en impliquant l'ensemble des acteurs concernés.

La lutte collective contre cette maladie de quarantaine est un passage obligé car la durabilité des vignobles est en jeu. Notre volonté est de mieux accompagner cette lutte obligatoire qui concerne aujourd'hui plus de la moitié de la surface viticole française et qui engendre des tensions sur le terrain.

Nos travaux sont mis en place avec l'ensemble des acteurs impliqués dans cette lutte, des chercheurs, ainsi que différentes structures responsables de la gestion de l'environnement des vignobles. Et ce, dans quatre régions : l'Alsace, la Bourgogne, la Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Aquitaine. »



Interview

Antoine Gardarin, responsable scientifique du projet Gargamel – Gestion agroécologique des ravageurs de grandes cultures à l'aide de mélanges floraux.

Antoine Gardarin

Les bandes fleuries peuvent-elles limiter l'usage des insecticides en grandes cultures ?

C'est ce que nous cherchons à quantifier. L'enjeu est important puisque cette famille de pesticides représente, sur colza et pois, la moitié des traitements. L'attrait des bandes fleuries pour les auxiliaires des bioagresseurs est plus ou moins connu. Mais leur contribution à la santé des grandes cultures ne l'est pas encore. Actuellement, faute de connaissances, leur composition botanique et leur gestion ne sont pas raisonnées pour réguler les ravageurs.

Le projet Gargamel vise à favoriser la régulation naturelle des ravageurs ?

Notre objectif est de proposer des méthodes destinées à quantifier, pour chaque bande fleurie et système de culture déterminés, cette régulation naturelle. Ces méthodes de suivi doivent être harmonisées et suffisamment simples à mettre en œuvre pour permettre à toute structure de participer à un réseau de caractérisation de ces régulations biologiques. Dans un premier temps, les chercheurs vont mettre en réseau les différents partenaires qui expérimentent déjà sur les bandes fleuries afin de favoriser le partage des connaissances.



Jean-Pierre Rossi

Jean-Pierre Rossi, responsable scientifique du projet *Geek - Google trends network and pest outbreak*.

« Les requêtes sur les moteurs de recherche de type Google alimentent des bases de données conséquentes. L'équipe du projet Geek entend utiliser ces éléments pour suivre les populations d'espèces nuisibles des cultures et anticiper les invasions. Les chercheurs tentent de valider la possibilité d'utiliser ces données dans le cas d'un insecte ravageur d'origine asiatique, la punaise diabolique. Apparue aux Etats-Unis dans les années 1990, elle provoque d'importants dégâts sur les cultures fruitières et maraîchères. Les citoyens sont sensibles à cet insecte: lorsqu'il pullule, son comportement grégaire entraîne son regroupement dans les habitations à l'automne, provoquant ainsi un flux d'interrogations sur les moteurs de recherche. En France, nous avons récemment lancé une application pour tablettes et smartphones afin d'aider le grand public à reconnaître la punaise sans se tromper, ce qui nous permettra de recueillir le maximum d'informations pertinentes. L'objectif, à terme, est d'alimenter des outils de modélisation pour anticiper les épisodes épidémiques et diffuser les connaissances vers les scientifiques et la profession. »



Christel Leyronas

Interview

Christel Leyronas, responsable scientifique du projet Copairnic - Comprendre et prédire les épidémies de pourriture grise dues à Botrytis cinerea : vers un système d'alerte des risques épidémiques.

Botrytis cinerea provoque des dégâts importants sur certaines cultures, comme la tomate et la fraise. Pourquoi les agriculteurs ont-ils du mal à maîtriser ce champignon responsable de la pourriture grise ?

Peu d'outils existent pour prédire les attaques. Les modèles de prédiction se basent uniquement sur des variables climatiques locales, ce qui n'est pas suffisant. Avec le projet Copairnic, nous cherchons à prendre en compte l'abondance d'inoculum aérien, qu'il soit d'origine locale ou d'origine plus lointaine, véhiculé par les masses d'air sur de longues distances. L'objectif est de créer un outil d'aide à la décision, ou OAD, qui permette

de mieux positionner les traitements, de gérer les conditions climatiques et les systèmes d'aération dans le cadre des cultures sous serre.

Travaillez-vous avec des acteurs de terrain ?

La Draaf (Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt) de Provence-Alpes-Côte d'Azur est partenaire. Des enquêtes ont été réalisées auprès des conseillers, chambres d'agriculture, stations expérimentales en Paca, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes. Les professionnels attendent un OAD qui aide à programmer les chantiers de culture et à rationaliser le conseil sur une base scientifique. Un tel outil constituerait aussi un support de communication.

Interview

Martin Godefroid a conduit une thèse au sein du Centre de biologie pour la gestion des populations (CBGP) de Montpellier : Mieux anticiper les risques d'invasion d'arthropodes de quarantaine.



Martin Godefroid

« Les espèces ne sont pas des entités génétiques homogènes. Chez les organismes de quarantaine, nuisibles que les pays tentent d'empêcher de coloniser leur territoire, les lignées évolutives d'une même espèce peuvent présenter des risques d'invasion différents. Ma thèse s'intéresse au cas des arthropodes, le second groupe le plus invasif après les plantes. Aujourd'hui, l'analyse du risque phytosanitaire, qui permet de décider de la présence d'un bioagresseur dans la liste de quarantaine, se fonde sur l'espèce. Le projet entend dépasser ce niveau en explorant différents rangs taxonomiques comme unité écologique de base de ces analyses du risque. Ce risque est actuellement mal calculé: il est sur ou sous-estimé, entraînant parfois des mesures de lutttes obligatoires inutiles. Nous avons montré que pour *Dendroctonus valens* Leconte, un arthropode extrêmement nuisible pour les conifères qui dispose d'une grande diversité intraspécifique, certaines lignées pourraient avoir un potentiel d'invasion différent en Europe selon les conditions climatiques. Toutes ne méritent peut-être pas les mêmes méthodes de contrôle. Il existe des outils moléculaires qui permettent de distinguer rapidement ces lignées. »



Valérie Laval

Interview

Valérie Laval, responsable scientifique du projet Lycovitis - Du diagnostic visuel au séquençage : Sys3D, un outil de diagnostic intégratif pour la tomate et la vigne.

Quel est l'objectif du projet Lycovitis ?

Il vise à créer une base de données pour réaliser des diagnostics simples, fiables et rapides, sur l'état sanitaire de la tomate et la vigne. L'identification sera facilitée par la mise à disposition de photos de symptômes précises et par la possibilité, à plus long terme, de réaliser un diagnostic moléculaire. L'exploitant pourra ainsi mieux caractériser les attaques d'une gamme étendue de bioagresseurs. Notre ambition est de créer in fine une plateforme intégrant des outils de diagnostic visuels, des bases

de données de séquences génétiques et des outils d'aide à la décision pour l'épidémiosurveillance.

Comment assurez-vous la fiabilité de votre modèle ?

Nous allons agréger les connaissances de spécialistes sur ces deux cultures. De nombreuses séquences moléculaires existent déjà sur les insectes, bactéries, virus, phytoplasmes, nématodes et auxiliaires des cultures. Nous avons par ailleurs lancé une étude de marché, pour connaître les besoins et les attentes des professionnels, ainsi qu'une analyse de coûts. Des enquêtes seront réalisées en 2015.

*Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (Gestion durable de la santé des cultures), mis en place par l'Inra sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des plantes, permettant de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs mais aussi moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.
www.smach.inra.fr
Directeur de SMaCH :
 Xavier Reboud
 (jusqu'au 31 décembre 2014).



Analyse et évaluation des pertes de récolte causées par les maladies et les ennemis des cultures

Lettre d'information n° 5

Novembre 2015

Une approche globale et pluridisciplinaire des pertes de récolte

Comment concilier les impératifs de rendement agricole et la gestion durable des cultures ? L'analyse et l'évaluation des pertes de récoltes apportent des réponses tout en ouvrant de nouvelles voies : c'est ce qui ressort du séminaire SMaCH du 1^{er} septembre 2015 à Paris, où trois projets et plusieurs modèles d'évaluation furent discutés.

L'un des principaux objectifs d'un méta-programme tel que SMaCH* est d'obtenir le regard simultané de plusieurs disciplines sur une même question. Cette pluridisciplinarité est à l'œuvre dans la collaboration entre différentes équipes de l'Inra et d'autres organismes tels que le Cirad. Elle favorise une vision plus globale des productions végétales et de leur environnement, prenant en compte la diversité des bioagresseurs (pathogènes et ravageurs) et celle des pratiques agricoles.

Dans le cadre de DAMAGE – l'une des actions de SMaCH ayant pour objet les dommages causés par les maladies et ennemis des cultures – trois projets furent lancés en 2013 : ModQual, CoLosses et Grapevine Yield Loss (QMPV). Ces projets ont été présentés à l'INRA Paris, lors de la matinée du séminaire SMaCH du 1^{er} septembre 2015, qui s'est conclue avec un exposé sur RAW, réseau international d'analyse prospective sur le blé.

- Le projet **ModQual** modélise l'impact des bioagresseurs sur des cultures pérennes tempérées et tropicales, en intégrant l'effet de pratiques culturales comme la fertilisation, l'irrigation, la date de cueillette...
- **CoLosses** est un projet de modélisation des pertes de récolte du caféier causées par des maladies, permettant de comparer différents modes de gestion agroécologique.
- Le projet **Grapevine Yield Loss** concerne une autre culture pérenne, la vigne, dont les pertes de récolte dues aux ravageurs et maladies sont analysées et modélisées.
- **RAW** porte sur le blé, production annuelle de référence en France, dont la santé à long terme est analysée, en fonction de paramètres biologiques, agronomiques et climatiques.

L'après-midi du séminaire a été plus spécifiquement consacrée aux dimensions économiques, politiques et climatiques des recherches, et au débat.

Sommaire

- p. 2 : **La complémentarité des projets**, entre observations de terrain et modélisation
- p. 3 et 4 : **Recherches en cours** : croiser les disciplines pour un nouveau regard sur la santé des cultures

La complémentarité entre observations de terrain et modélisation

Beaucoup de productions végétales sont dépendantes de l'usage de pesticides, bon marché, simples à appliquer et généralement efficaces. Ce mode de gestion de la santé végétale n'est pourtant pas durable et a des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine. De nouvelles stratégies de gestion sont nécessaires, qui, pour être durables, combinent des composants multiples pour le contrôle des bioagresseurs. L'analyse et la modélisation des pertes de récoltes permet d'identifier ces combinaisons adéquates.



Christian Lannou

Directeur du métaprogramme SMaCH

« Face à la complexité des problèmes de santé des cultures, la pluridisciplinarité est une nécessité. Notre objectif demeure la durabilité des systèmes agricoles, avec une vision à long terme. »

Les chercheurs modélisent l'effet d'un ensemble de caractéristiques variétales et de pratiques agricoles.

De 2012 à 2015, trois projets de recherche ont été conduits sur des cultures pérennes tempérées et tropicales, pour évaluer les pertes de récolte dues aux maladies et aux ennemis des cultures (regroupés sous le terme de « bioagresseurs »), en analyser les paramètres et les modéliser. Il s'agit des projets Grapevine Yield Loss, ModQual et CoLosses. Dans un quatrième projet, le réseau RAW, les chercheurs ont mené une analyse à long terme de la santé du blé en tant qu'exemple emblématique des productions annuelles.

Évaluation et modélisation

L'évaluation des pertes de récoltes passe par la collecte de données sur les plantes et sur le rendement de parcelles expérimentales. L'impact des bioagresseurs peut s'observer immédiatement, au cours de la saison qui est affectée (pertes primaires), mais aussi se manifester au cours de la végétation de la saison suivante (pertes secondaires).

Cette dynamique est prise en compte dans l'élaboration des modèles. La réduction du rendement s'observe dès la récolte lorsque les bioagresseurs attaquent les fruits, mais si les feuilles et les autres parties végétatives sont attaquées (cas du puceron vert du pêcher par exemple), le rendement sera également affecté, y compris les années suivantes. Une attaque très précoce sur les organes fructifères peut toutefois n'avoir qu'un faible effet : en limitant la floraison par ciselage ou éclaircissage, Nathalie Smits et son équipe (projet Grapevine Yield Loss) ont observé que la vigne pouvait en partie compenser ces pertes précoces.

En ce qui concerne les facteurs qualitatifs, les chercheurs modélisent l'effet d'un ensemble de caractéristiques variétales et de pratiques agricoles, comprenant par exemple la taille, l'irrigation, l'éclaircissage, la fréquence et la précocité des cueillettes. Des effets déterminants



s'observent dans le calibre des fruits ou encore leur teneur en sucres, ainsi que dans la sensibilité des fruits aux bioagresseurs à l'origine de pertes de récoltes.

Des synergies entre projets

Les projets ModQual et CoLosses sont des collaborations entre l'Inra et le Cirad. L'un des intérêts de cette synergie vient des spécificités tropicales, comme en témoigne Clémentine Alline (CoLosses) : « Au Costa Rica, la culture du café s'effectue dans des agroécosystèmes de grande biodiversité, où l'on peut analyser de nombreuses interactions, bien plus difficiles à mettre en évidence dans les systèmes mono-spécifiques majoritaires en France.

Il existe au Costa-Rica un programme de paiement pour la reforestation. Pour pouvoir mettre également en place un système d'indemnisation des pertes de récoltes des producteurs costaricains pratiquant une agriculture durable, il faudrait quantifier la valeur de ces pertes. Verser des primes permettrait de compenser le manque à gagner des systèmes agricoles fournissant des services écosystémiques (maintien des sols, séquestration de carbone, réduction de l'usage de pesticides). » L'évaluation et la modélisation des pertes de récolte deviendraient ainsi des paramètres majeurs de politique agricole.

Des synergies se précisent entre les trois projets, associant cultures tropicales et tempérées. « Nous prévoyons avec Clémentine Alline des rapprochements de nos questions et de notre modélisation, par exemple en prenant en compte l'influence des conditions de l'année n sur l'année $n+1$ et celle des réserves accumulées dans les parties anciennes des plantes. », explique Nathalie Smits.

Des synergies se précisent entre les trois projets, associant cultures tropicales et tempérées.



Michel Génard

Interview

Michel Génard, coresponsable scientifique, avec Isabelle Grechi, du projet ModQual (Modélisation des pertes de qualité dues aux ravageurs des cultures pérennes).

Vous avez analysé les effets opposés du puceron vert et de la fertilisation azotée sur la production de pêches. Y a-t-il une interaction entre les deux ?

Dans notre modèle, les pucerons et la fertilisation azotée affectent le rendement et la qualité des récoltes, mais sans interaction statistique. Notre simulation sur 10 ans indique que l'augmentation du rendement avec la fertilisation azotée est du même ordre quel que soit le niveau d'infestation initial par le puceron vert. Dans les conditions de la simulation, c'est-à-dire avec un nombre de fruits constant par mètre de rameau, la fertilisation azotée augmente la masse moyenne des fruits, qui est un critère de qualité commerciale. Cependant, l'augmentation de l'indicateur de sucre reste très modérée.

La sensibilité à la moniliose d'idéotypes variétaux du pêcher a été simulée sous différentes conditions de culture, lesquelles ?

L'irrigation et la charge, c'est-à-dire le nombre de fruits par rameau. Selon nos résultats expérimentaux,

avec les variétés classiques de pêcheurs, plus on a de fruits par rameau, plus ils sont petits et moins ils sont sensibles à la moniliose. De même, plus fort est le stress hydrique (faible irrigation), plus les fruits sont petits et moins ils sont sensibles. À l'inverse, avec une faible charge et une bonne irrigation, les fruits sont gros et sensibles à la moniliose.

Une qualité moindre pour un meilleur rendement ?

Effectivement, des pêches de masse moyenne ou faible ne répondent pas à certains critères de qualité, mais nos résultats indiquent que ces fruits sont moins sensibles à la moniliose, ce qui se traduit par moins de pertes de récolte. De tels compromis rendement-qualité sont à prendre en compte dans la perspective d'une agriculture durable. Avec un modèle décrivant la sensibilité des plantes à tel ou tel bioagresseur, il est possible d'étudier l'effet sur le rendement de pratiques culturales alternatives à la pulvérisation de produits phytosanitaires.



Isabelle Grechi

Coresponsable scientifique, avec Michel Génard, du projet ModQual

On recherche un compromis entre qualité et rendement. Ainsi, les mangues dont la maturation a été ralentie par des conditions de culture « stressantes » ont certes une moindre qualité (plus petites et moins sucrées), mais elles sont également moins infestées par la mouche des fruits. Une récolte précoce et des cueillettes plus fréquentes réduisent aussi l'infestation des mangues : 5,4 % de pertes pour une récolte précoce contre 20 % à maturité avancée. »



Clémentine Allinne

Interview

Clémentine Allinne, coresponsable scientifique du projet CoLosses (Coffee yield Losses) – Évaluation des pertes primaires et secondaires de récoltes de café dues aux maladies et ravageurs.

Pourquoi avoir choisi le café ?

Il est cultivé de façon intensive, mais aussi dans des systèmes diversifiés et moins productifs, desquels dépendent de nombreux petits producteurs. Les pertes de récoltes causées par les maladies et ravageurs (dont l'épidémie de rouille orangée depuis 2013) y sont la principale limite à la production. Pour l'augmenter sans utiliser plus de pesticides, ou pour réduire leur utilisation dans les systèmes intensifs, la première étape est de quantifier les pertes de rendements, puis leur coût économique. Avant CoLosses, il n'existait aucune étude spécifique.

La modélisation tient une place importante dans votre projet.

L'état d'une plante au temps « t » dépend en grande partie de son passé. Si elle a été traitée l'année précédente, ses pertes pourront être plus importantes

que celles d'une plante n'ayant pas été traitée, tout simplement parce qu'elle a produit plus de fruits. L'utilisation répétée de produits phytosanitaires a un effet phytotonique (les plants sont plus vigoureux) pouvant biaiser les résultats. Cela illustre la difficulté d'une démarche expérimentale et l'importance de la modélisation pour soutenir et évaluer nos résultats.

Quelles sont les prochaines étapes ?

Nous sommes parvenus à obtenir un modèle permettant, à partir de mesures simples, de déterminer les pertes de rendement a posteriori. Les premiers résultats permettent d'évaluer les pertes primaires à 43 % et les pertes secondaires à 37 %. Ce que l'on voudrait maintenant c'est être capable de les prévoir, en fonction des conditions climatiques, pédologiques, du type de système et des pratiques culturales associées : nous allons donc tenter de développer un modèle prédictif.

RAW (Risk Analysis in Wheat)

Projet international d'analyse prospective, RAW a été initié en 2013, parallèlement aux autres travaux présentés ici. RAW est un réseau de recherche, dans lequel l'équipe de Serge Savary et d'autres laboratoires de l'Inra coopèrent avec des chercheurs d'Europe, d'Asie et d'Amérique. Ils modélisent l'évolution des risques à long terme pour le blé.



Nathalie Smits

Interview

Corresponsable scientifique avec Marc Fermand et Lionel Delbac, du projet Grapevine Yield Loss (ou QMPV) – Approche quantitative de la modélisation des pertes de récolte dues aux ravageurs et maladies de la vigne.

Vos évaluations peuvent-elle rendre compte de la diversité des vignobles ?

Très consommatrice de produits phytosanitaires, la vigne est effectivement l'objet d'une grande diversité de pratiques culturales. Nous avons construit un modèle conceptuel de la vigne et de quelques-uns de ses principaux ravageurs et maladies, permettant de comparer les effets de différents systèmes viticoles sur les pertes de récoltes.

Une partie des méthodes et des résultats a été partagée à l'échelle européenne, notamment avec des chercheurs italiens.

Comment avez-vous acquis les données nécessaires ?

Peu de données étaient disponibles sur les pertes de récolte. Nous avons donc utilisé des parcelles expérimentales, en collectant des données sanitaires

antérieures provenant de telles parcelles, dans le Bordelais, et en expérimentant sur d'autres, à Montpellier, depuis 2013.

Quelles sont les prochaines étapes ?

L'un des objectifs du modèle était de hiérarchiser les risques liés aux différents bioagresseurs de la vigne, selon la situation de production. Il reste à intégrer les paramètres propres à chaque bioagresseur. Les étapes suivantes pourraient concerner la prise en compte des conséquences économiques de leurs attaques et de leur dynamique sur deux ou plusieurs années. Notre modélisation devrait ainsi s'enrichir du rapprochement avec les autres projets présentés lors du séminaire.

Le partage des méthodologies nous a fait progresser au-delà de ce que nous anticipions !

« L'augmentation des températures moyennes est globalement favorable aux agents pathogènes, mais elle peut aussi se révéler défavorable. Ainsi, en provoquant une réduction de la durée d'humectation, elle peut rendre certains champignons moins contaminants. Cependant, face à la complexité des problèmes, il est nécessaire de favoriser les réseaux de partage d'informations phytosanitaires. »



Laurent Huber

Collabore au projet ACCAF-CLIF – Climate change Impact on Fungal pathogens



Serge Savary

Interview

Codirecteur du projet POLiRISK et coordinateur du réseau RAW, réseau d'analyse prospective sur la santé du blé.

Nous sommes en train d'écrire un livre blanc sur la santé du blé.

POLiRISK est un outil d'évaluation des politiques publiques concernant les maladies et les pertes de récoltes du blé. Quelles sont ses composantes ?

Cet outil inclut plusieurs facettes. Il y a d'abord une interface entre sciences biophysiques et économiques : d'une part l'épidémiologie et les pertes de récoltes causées par les maladies du blé, d'autre part la stratégie économique agricole et les choix de politiques publiques. Il y a ensuite plusieurs pas de temps : la journée pour les processus biologiques, la durée de la campagne agricole à l'échelle de l'exploitation, et la succession des années pour les politiques publiques.

Enfin, il y a l'enchaînement des modèles : un modèle épidémiologique (EPIWHEAT), un autre agrophysiologique, de pertes de rendement (WHEATPEST), un modèle de décision à l'échelle de l'exploitation et un modèle de mise en œuvre et d'évaluation des politiques.

Comment résumez-vous l'apport de POLiRISK aux politiques publiques ?

Nous espérons que POLiRISK pourra mettre en évidence les coûts et les bénéfices de différentes politiques publiques sur la santé des plantes. Il s'agit en particulier des politiques associées à la limitation plus ou moins forte de l'utilisation de pesticides, ainsi que des stratégies fondées sur les résistances variétales. La prise en compte de la dynamique des populations de ravageurs et des maladies est une autre piste d'évolution.

Il y a des exemples de gestion publique réussie des maladies sur plusieurs saisons de production. Ainsi, au Brésil, des périodes de non-culture ont été instaurées pour rompre la dynamique de développement de la rouille du soja.



Pascal Leroy

P. Leroy collabore à un modèle bioéconomique pour évaluer et comparer différentes stratégies de protection contre le mildiou et l'oïdium de la vigne.

« Le risque de déficit économique lié aux pertes de récoltes est un facteur clé. Pascal Leroy cherche à inciter les agriculteurs à réduire leur utilisation de pesticides. Notre modèle bioéconomique a été conçu afin d'évaluer ce risque pour la vigne. Il prend en compte, à l'échelle d'une parcelle, le contexte agronomique, des scénarios climatiques et de pression initiale des pathogènes, et les données du contexte économique. Il a permis de comparer différentes stratégies de traitement phytosanitaire : standard – avec fréquence fixe de renouvellement – et Mildium – avec renouvellement selon les conditions sanitaires. Cette dernière stratégie, économe en traitement, pourrait être accompagnée par des mesures économiques telles qu'une légère augmentation du prix du raisin. Certes, nous devons être humbles en modélisation ! Les processus sont complexes et nos choix peuvent être contestés, mais nous avons le devoir d'apporter des méthodes et de participer aux évolutions des pratiques des producteurs. »

** Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (gestion durable de la santé des cultures), mis en place sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des plantes, permettant de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs, mais moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.*

www.smach.inra.fr
Directeur de SMaCH :
Christian Lannou

CONCEPTION DE SYSTÈMES DURABLES ET TRANSITION AGRO-ÉCOLOGIQUE

© MEURET - Inra

Lettre d'information n° 7
février 2017

Bâtir des systèmes de culture durables

Développer des recherches contribuant à une agriculture durable tout en veillant à l'appropriation des nouvelles pratiques : ce double objectif caractérise les projets présentés lors du séminaire de restitution des projets du métaprogramme SMaCH « Gestion durable de la santé des cultures » de l'Inra, les 6 et 7 octobre 2016. La première journée était dédiée à six projets et une thèse. Tous abordaient le rôle des acteurs dans l'adaptation à la transition agro-écologique.



Christian Lannou

directeur du Métaprogramme SMaCH

« SMaCH conduit déjà beaucoup de projets en partenariat et souhaite renforcer cette orientation. C'est pourquoi le prochain appel à projets de 2017 sera très ouvert sur la co-construction de projets avec des acteurs socio-économiques, sur l'innovation, et le transfert de l'innovation au-delà de l'Inra pour aller vers des actions les plus concrètes possible. »

Bâtir des systèmes de cultures durables, moins consommateurs d'intrants, met en mouvement de très nombreux savoirs. Le caractère interdisciplinaire des recherches constitue un trait majeur des projets liés à la conception de ces systèmes. Génétique, épidémiologie, agronomie, économie, sociologie... la plupart des projets associent au moins trois, voire quatre domaines de recherche.

De l'acquisition de nouvelles connaissances à leur diffusion, le lien avec les acteurs de terrain revêt aussi une importance croissante. En témoignent les partenariats développés avec les instituts, les conseillers de chambres d'agriculture ou de l'agrofourrière, les enseignants et bien-sûr les agriculteurs. Les cultures pérennes étaient à l'honneur avec quatre projets présentés le 6 octobre portant sur des systèmes de viticulture durable - Panoramix, Biologics et Zinnle, et sur l'arboriculture, Ardu. Tous activent des

connaissances scientifiques, qu'il s'agisse de résistance des cépages aux pathogènes de la vigne, d'aptitudes des plantes en matière d'enherbement ou encore de modalités de conversion à la viticulture bio. Elles sont associées à des recherches sur l'acceptabilité du changement, ou sa conduite, autant sur un plan agronomique qu'en termes de mise en marché des produits ou de capacité à négocier avec des partenaires.

Les autres projets sont directement axés sur la production de connaissances pour la transition agro-écologique. Dycot s'attache à déterminer le rôle des acteurs intermédiaires, en contact avec les agriculteurs. RéDoPic vise à optimiser les relations entre recherche et professionnels, et ce dans les deux sens. Une thèse à orientation agronomique clôt ce document, sur l'intérêt des plantes compagnes légumineuses selon l'objectif recherché : moins d'herbicides ou moins d'azote.

Sommaire

- p. 2 : Viticulture durable
- p. 3 : Viticulture et arboriculture durable
- p. 4 : Connaissances et changement

DE LA RÉSISTANCE DES CÉPAGES À L'ADHÉSION DES VIGNERONS

Le projet Panoramix, « *Conception et valorisation de systèmes viticoles durables combinant variétés résistantes aux maladies et méthodes de protection complémentaires* », avance sur deux fronts en même temps. La connaissance des gènes de résistance à l'oïdium et au mildiou de la vigne et la capacité des viticulteurs à les adopter. François Delmotte, biologiste, et François Hochereau, sociologue, co-conduisent le projet.



François Hochereau, sociologue,
et François Delmotte, biologiste,
co-responsables du projet Panoramix.

L'utilisation de cépages associant plusieurs gènes de résistance aux maladies foliaires (mildiou et oïdium) peut engendrer une réduction de 80 % de l'usage des fongicides. « Il est nécessaire d'associer agronomie et pathologie pour réussir à coupler l'usage de ces variétés à des conduites culturales maintenant un haut niveau de résistances variétales. Nous changeons un système entièrement fondé sur des fongicides au profit d'une approche qui associe résistance variétale, traitements fongicides bien ciblés et méthodes agronomiques », indique le biologiste François Delmotte. Pour que la résistance dure longtemps, il est nécessaire d'accompagner les viticulteurs sur un plan agronomique. Mais pas seulement. « Le déploiement de ces nouveaux cépages hybrides ne va pas de soi. Ils ont longtemps pâti d'une mauvaise image »,

*Accompagner
les viticulteurs
pour faire durer
la résistance
des cépages.*

confirme le sociologue François Hochereau. Développés depuis une trentaine d'années en Allemagne, les cépages sont restés marginaux, faute d'implication des négociants et coopératives dans leur commercialisation. En France, leur développement devrait se faire dans un premier temps par assemblage. Le travail de recherche conduit en Languedoc et Bordelais a montré que les viticulteurs économiquement fragilisés étaient les plus réceptifs à l'introduction rapide des cépages résistants. D'autres facteurs, comme les risques professionnels vis-à-vis des produits phytosanitaires ou la pression des riverains, plaident aussi pour leur adoption. François Hochereau travaille précisément à mieux comprendre les mécanismes d'appropriation via des ateliers d'échanges participatifs.



© Terre-écoc



Anne Mérot

Viticulture biologique

Anne Mérot, responsable du projet Biologics, « *Trajectoires de conversion à la viticulture AB et analyse des verrous* »

Quels principaux freins avez-vous identifiés à la conversion à la viticulture biologique ? Avez-vous déjà quels conseils à apporter ?

« Nous avons déjà analysé le besoin d'accompagnement des viticulteurs pendant cette période risquée de conversion au bio. Nous avons souhaité aller plus loin et clarifier trois points en particulier : les éventuelles baisses de rendement ; la commercialisation des vins bios par les viticulteurs, d'une part, et par la coopération agricole, d'autre part. Cette étude a réuni des agronomes, des économistes et des

sociologues. Nous avons pour l'instant pu constater que la baisse de rendement n'est pas systématique, sous réserve de consacrer plus de temps à la production et de disposer du matériel adéquat pour intervenir au bon moment dans les parcelles. Concernant le volet commercial, malgré une satisfaction générale, la moitié des viticulteurs de Gironde et des coopératives viticoles du Sud de la France estime rencontrer des

difficultés dans la mise en marché des vins labellisés AB. Elles résultent surtout d'une absence de stratégie spécifique. L'accompagnement commercial mérite d'être renforcé. Refonte des gammes, des conditionnements, promotion des produits, des prix et circuits de commercialisation autant d'éléments qui peuvent être envisagés mais qui peuvent aussi engendrer des coûts supplémentaires. »

DES PRATIQUES NOVATRICES FONDÉES SUR LE PARTAGE DE TOUS LES SAVOIRS

Réduire l'érosion des sols de vignobles entourant la commune alsacienne de Westhalen tout en limitant le recours aux herbicides ; et ce en conjuguant les attentes des vignerons avec celles de l'ensemble des acteurs du territoire... Pour parvenir à ce résultat, Jean Masson et Anne Moneyron de l'Inra Colmar ont mené le projet Zinnle. Il associe sciences humaines et agronomiques, alliant concertation et co-construction.



Jean Masson, co-responsable du projet Zinnle.

Le projet Zinnle associe des viticulteurs en pratiques conventionnelle et biodynamie, leurs parents, des acteurs du territoire concernés par l'eau et la biodiversité, des associations de défense de l'environnement et des élus. Il vise à se passer des herbicides appliqués sur le cavaillon, au pied des vignes, en complément de l'enherbement entre les rangs. « Le projet Zinnle a mis en valeur les raisonnements de tous les acteurs du groupe, en s'appuyant sur les savoirs des viticulteurs.

Un travail incessant d'écoute, de conviction, avec des participants qui partent, qui reviennent, qui jugent... La méthode de recherche-action est transposable à d'autres, pas le projet agronomique car il dépend des conditions locales », explique Jean Masson, co-responsable du projet. Il s'est traduit notamment par la proposition

« Le projet a mis en valeur les raisonnements de tous les acteurs du groupe, en s'appuyant sur les savoirs des viticulteurs. »

d'implanter une plante aux propriétés allélopathiques, la piloselle, qui pousse sur la lande Natura 2000, au-dessus du vignoble de Westhalen, pour l'implanter sur le cavaillon. Puis par l'idée de pratiquer l'enherbement avec des mélanges de semences de plantes sauvages issues de cette même lande. Penser cette approche novatrice d'enherbement écologique a supposé de lever de sérieuses contraintes : convaincre les associations de défense de la nature ; trouver un botaniste expert, un semencier spécialisé, obtenir les autorisations légales pour récolter les graines et les multiplier... A ce jour, sur les 200 hectares concernés, 40 ha sont en zéro herbicide en associant piloselle et charrue et 37 ha seront enherbés avec un mélange issu de la zone Natura 2000 en 2017.



Viticulture et arboriculture durables

Regard terrain



Raymond Lasablière

viticulteur à Westhalen

« Notre méthode est fondée sur une réflexion collective entre viticulteurs pour résoudre des problèmes que nous partageons. Ce qui suppose une démarche et une vision communes de notre avenir. Dès lors que cette vision est partagée, les viticulteurs sont prêts à accepter des contraintes car les décisions sont prises par eux-mêmes. Ce qui nous a séduit dans le projet Zinnle, c'est la reconnaissance de nos savoir-faire. Dès que l'on bute sur une question, nous avons la possibilité d'aller chercher la réponse dans la recherche. Nous avons vraiment envie de voir se développer cette méthodologie par une multiplication des groupements d'intérêt économique et environnemental (GIEE) locaux. »



Claire Lamine et Jean-Marc Audergon, co-responsables du projet ARDU - Arboriculture Durable, approches interdisciplinaires

Vous avez souhaité poursuivre les travaux menés entre 2013 et 2015 dans le cadre du projet Prunus, sur l'analyse des freins et leviers à la réduction du recours aux pesticides dans les vergers et pêchers d'abricotiers en Rhône-Alpes. Pour quelles raisons ?

« Le projet Prunus a soulevé quatre questions clés. Toutes plaident pour un renforcement de l'approche multi-acteurs, que ce soient l'intérêt de mener la réflexion à l'échelle d'un territoire, la (re)conception des systèmes d'exploitation vers des vergers plus durables, les politiques publiques ou le développement de nouvelles variétés. Les pratiques n'évolueront qu'en réunissant les maillons de la chaîne. Comment un conseiller peut-il orienter un producteur vers des méthodes alternatives s'il ne les connaît pas ? Pourquoi se concentrer sur les connaissances apportées par la recherche et ne pas prendre en compte celles du terrain ? Pour ces raisons, le projet d'animation Ardu regroupe, du côté des scientifiques, des agronomes, des sociologues, des économistes et des généticiens, et du côté de la filière, une diversité d'acteurs incarnant les différents « maillons » : producteurs, conseillers, metteurs en marché, institutionnels »



Sylvaine Simon
Participante au projet ARDU

Arboriculture durable

PRODUIRE DES CONNAISSANCES FACILEMENT APPROPRIABLES

© Terre-écoc



Muriel Valantin-Morison

chercheuse ayant encadré la thèse de Mathieu Lorin sur les « Services écosystémiques rendus par des légumineuses gélives introduites en tant que plantes de service dans du colza d'hiver : évaluation expérimentale et analyse fonctionnelle ».

« Le colza est, juste derrière la pomme de terre, la grande culture qui reçoit le plus de pesticides. Associer des légumineuses gélives à sa culture permet de réduire les apports d'herbicides et d'azote. Restait à déterminer quelles légumineuses sont à même de concilier ces deux services écosystémiques. C'est le sens des essais menés durant deux ans sur un site de l'Inra et sur un réseau de parcelles agricoles avec sept espèces différentes (fenugrec, féverole, gesse, lentille, pois fourrager, vesce commune et trèfle d'Alexandrie) et de trois mélanges (lentille/gesse/fenugrec, lentille/féverole et vesce/féverole/trèfle d'Alexandrie). Les espèces de légumineuses les plus favorables à la réduction d'herbicides ne sont pas les mêmes que celles permettant d'optimiser la diminution des apports azotés. D'où l'intérêt d'associer plusieurs plantes compagnes aux caractéristiques différentes. »

Optimiser les partenariats entre scientifiques et professionnels, les démarches de co-constructions de systèmes de culture moins consommateurs d'intrants : tels sont les objectifs visés par le projet RéDoPIC, « Analyse REflexive sur le rôle de DOmaines expérimentaux dans la conception de systèmes de culture innovants et la transition vers la Protection Intégrée des Cultures ». En ligne de mire : un lien fluide entre connaissances et mise en pratique par les producteurs et réciproquement.

« Les systèmes de culture actuellement recherchés sont plus complexes qu'avant. Ils combinent des leviers très divers. Leur conception-évaluation exige davantage de temps, des savoirs de nature différente », introduit Amélie Lefèvre, co-responsable du projet RéDoPIC avec Aurélie Cardona. Cette complexité s'inscrit dans le développement de projets de recherche associant scientifiques et partenaires professionnels. Instituts techniques, distributeurs agricoles, lycées, producteurs sont associés à la conception de systèmes de culture innovants réduisant l'usage des pesticides. La réflexion sur l'organisation à mettre en place, les

compétences à mobiliser, la circulation des connaissances acquises et leur partage, sont ainsi devenues des sujets de recherche à part entière. « Le projet RéDoPIC vise à produire des connaissances utiles aux dispositifs expérimentaux, publics ou privés, travaillant à la réduction des intrants de synthèse, précise Aurélie Cardona. Mais face à la diversité des besoins, il ne fournit pas de méthode clé en main. Il propose des éléments destinés à nourrir les réflexions et à assurer le partage des acquis. » Un partage des acquis qui part aussi du terrain. « Nous traquons notamment les innovations dans les exploitations agricoles », conclut Amélie Lefèvre.



Amélie Lefèvre et Aurélie Cardona, co-responsables du projet RéDoPIC.

© Terre-écoc

© Terre-écoc



Lorene Prost avec Aurélie Cardona

Accompagner le changement

Lorene Prost (à gauche), co-responsable avec Aurélie Cardona, du projet DYCOT - DYnamique de production de Connaissances dans un processus de Transition, qui réunit agronomie et sciences sociales.

Les agriculteurs sont accompagnés dans leur quotidien par des conseillers, issus des chambres d'agriculture, de la distribution, des réseaux Dephy. Leur approche est-elle en phase avec la transition écologique ?

« Les systèmes agricoles centrés sur la réduction du recours à la chimie sont aujourd'hui plus complexes. Ils ne permettent pas la vulgarisation d'un seul et même modèle. Celui consistant à adapter les acquis de la recherche pour les faire appliquer aux producteurs, développé après-guerre pour augmenter la productivité de l'agriculture, est dépassé. Ce qui rend le rôle des acteurs

intermédiaires d'autant plus important. Ils travaillent à généraliser des démarches innovantes, parfois devenues incontournables. Ils aident à ce que certaines pratiques, issues d'expériences locales par exemple, soient reconnues et soutenues par les pouvoirs publics. Gérer les différentes visions relatives à la réduction de l'usage des pesticides, savoir écouter ses interlocuteurs et se mettre en retrait pour ne rien imposer tout en faisant changer les pratiques leur rôle est loin d'être simple.

Pour les accompagner, nous ouvrons un site web en janvier 2017 : un espace d'échange qui rassemblera les données sur l'intermédiation. »

*Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (Gestion durable de la santé des cultures), mis en place par l'Inra sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des cultures, permettant de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs mais aussi moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.

www.smach.inra.fr
 Directeur de SMaCH :
Christian Lannou

GÉRER LA SANTÉ DES CULTURES AU NIVEAU DES PAYSAGES ET TERRITOIRES

Lettre d'information n° 8
février 2017

Inscrire la santé des cultures dans le paysage

La gestion optimale et durable de la santé des cultures s'inscrit dans une approche globale, à l'échelle des territoires, associant acteurs agricoles et non agricoles. Elle était au centre des échanges de la seconde journée du séminaire de restitution du métaprogramme SMaCH « Gestion durable de la santé des cultures » de l'Inra, qui s'est tenu les 6 et 7 octobre 2016.

La volonté d'aller vers une gestion plus durable des cultures, avec une réduction du recours aux pesticides, exige de comprendre les facteurs qui réduisent les populations d'organismes pathogènes et favorisent les populations d'auxiliaires. Pour cela, les six projets de recherche et les deux thèses présentées le 7 octobre 2016 ont mobilisé de multiples compétences au sein de l'Inra. Agronomie, biologie, écologie, pathologie végétale, génétique ont été croisées à la statistique, l'économie quantitative, la physique de l'atmosphère ou encore la météorologie. La même diversité se retrouve dans les partenaires associés à ces recherches, dans l'univers agricole et dans son environnement.

Tous les projets présentés s'appuient sur le recueil et la gestion de nombreuses données de terrain. D'une part, sur la présence et l'évolution des bioagresseurs, comme l'analyse du cheminement de la processionnaire du pin (Sésame) ou la diffusion de l'anthracnose de l'igname (Gap-Yam). D'autre part, sur la caractérisation du

paysage et de son impact sur les bioagresseurs (Copacabana, Epidec). L'ambition est la même : contribuer à l'analyse du risque pour mieux le contrôler.

Les raisonnements qui conduisent à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires s'avèrent être plus pertinents à l'échelle d'un territoire. Ainsi, une thèse utilisant des modèles socio-écologiques participatifs, a étudié la dynamique collective d'un groupe d'arboriculteurs. Le projet Fondu a quant à lui porté sur l'acceptabilité par les agriculteurs de stratégies collectives pour un usage durable des fongicides.

Un intense travail de collecte et de gestion de données a été engagé pour anticiper l'arrivée de nouveaux pathogènes par les masses d'air et les réseaux hydrologiques (Epidec), pour rassembler l'ensemble des données diffusées pendant 60 ans par les avertissements agricoles (Histopest) ainsi que dans la thèse centrée sur la modélisation de l'impact des nouveaux systèmes de culture sur l'environnement et la santé humaine.

Sommaire

- p. 2 : Modéliser pour anticiper
- p. 3 : Améliorer les dynamiques collectives
- p. 4 : Surveiller pour contrôler



Laurent Penet

responsable du projet Gap-Yam, chercheur à l'unité de recherches agrosystèmes tropicaux de l'Inra Antilles-Guyane.

Le projet Gap-Yam vise à comprendre la dispersion de l'anthracnose dans les parcelles d'igname. Quelles sont vos premières conclusions ?

« L'anthracnose de l'igname, première culture vivrière locale aux Antilles, cause d'importants dégâts. Le projet Gap-Yam, mené avec les Chambres d'agriculture de Martinique et Guadeloupe et les acteurs agricoles de la Barbade pendant deux ans et demi, a permis d'analyser vingt-cinq facteurs de risque. Certains ont fait consensus, comme la diversité de l'environnement de la parcelle (dont les lisières arborées, les cultures de légumineuses) ou encore la présence d'adventices. Si le désherbage constitue un premier levier pour réduire la pression du champignon pathogène, d'une manière générale, la gestion des hôtes de l'anthracnose semble essentielle. Les paramètres de paysage et de biodiversité ont plus d'impact que les pratiques agronomiques. »

CHEMINER VERS LA MODÉLISATION AVEC LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE DU PIN

Les paysages ont un impact sur le déploiement des bioagresseurs. C'est ce qu'a mis en évidence l'étude sur l'expansion de la chenille processionnaire du pin menée par l'Inra. Elle vise à élaborer des outils à l'usage des gestionnaires des territoires, pour mieux contrôler ces organismes. Jean-Pierre Rossi présente l'avancement de ce projet, nommé Sésame.



Jean-Pierre Rossi, coordinateur du projet Sésame au Centre de biologie pour la gestion des populations (CBGP) de l'Inra de Montpellier

« Les insectes se déplacent aisément depuis les zones non-agricoles vers les zones agricoles ou forestières. Il est donc nécessaire de prendre en compte un territoire dans son intégralité », introduit Jean-Pierre Rossi, coordinateur du projet Sésame au Centre de biologie pour la gestion des populations (CBGP) de l'Inra de Montpellier. L'étude a porté sur la processionnaire du pin. Ce papillon forestier ravageur, dont la chenille libère des soies allergènes, remonte inexorablement vers le Nord de la France à la faveur du changement climatique. Les trames vertes et les arbres isolés suffisent à sa propagation sur le territoire. « Les paysages agricoles tels que les grandes zones céréalières ne constituent pas

Prendre en compte le risque processionnaire dans les PLU.

un frein à l'expansion de ce ravageur. Certains éléments tels que les arbres ornementaux lui sont même parfois favorables. C'est un résultat

nouveau et très intéressant », indique Jean-Pierre Rossi. Les espèces d'arbre ont été hiérarchisées en fonction du danger qu'elles représentent pour l'expansion du ravageur. Des bases de données et des analyses de risque ont été élaborées. « Le classement des essences d'arbres permettra de prendre en compte le risque processionnaire dans les plans locaux d'urbanisme. » Un outil directement utilisable par les responsables de collectivités pour réfléchir leurs plantations.



© Jérémy

Interview

Marie Gosme, co-responsable avec Sylvain Poggi du projet Copacabana ; Comment décrire le Paysage pour Caractériser son effet sur les BioAgresseurs et ennemis Naturels.

Vous avez élaboré deux nouvelles méthodes statistiques, MAPI et SILand portant sur les liens entre parasites et paysages. Dans quel cadre ? Et à quelle fin ?

« Limiter le recours aux pesticides exige de comprendre les facteurs qui réduisent les populations de parasites et augmentent celles des auxiliaires. Les variables paysagères, comme la répartition des différentes cultures ou encore la diversité des habitats pour parasites et auxiliaires, font partie de ces facteurs. De nombreux chercheurs de l'Inra ont déjà travaillé sur ce sujet à travers divers cas d'études, chacun bâtissant sa propre démarche

et choisissant sa méthode statistique. Le projet Copacabana a rassemblé 23 chercheurs, issus de 11 équipes. Ils ont recensé et comparé neuf méthodes statistiques existantes afin d'élaborer une démarche pour que tout chercheur puisse choisir celle la mieux adaptée à son projet. C'est dans ce cadre que nous avons développé deux nouvelles méthodes, MAPI et SILand, prenant en compte la diversité génétique des parasites et caractérisant les

effets des variables paysagères à différentes distances. Ce travail collaboratif inclut des cas d'études dans plusieurs régions françaises sur les principales maladies foliaires des céréales, les pucerons, les adventices ou encore des auxiliaires tels que les carabes et coccinelles. Afin de faciliter la réutilisation de ces données, nous avons conçu un cadre standardisé. Nos travaux sont diffusés sur le logiciel statistique R, ouvert à tous les chercheurs du monde. »

COMPRENDRE LE LIEN ENTRE PAYSAGE ET INSECTES RAVAGEURS

Mieux comprendre le lien entre les éléments du paysage, la présence d'auxiliaires et la régulation des insectes ravageurs pourrait permettre de réduire l'usage des pesticides. La thèse de Nicolas Salliou vise à appréhender la perception de ce lien par les acteurs agricoles.

Nicolas Salliou, doctorant, Inra Toulouse.



Pour comprendre la perception par les agriculteurs du lien entre paysage, auxiliaires et bioagresseurs, Nicolas Salliou, doctorant à l'Inra de Toulouse, a mené l'enquête dans une zone arboricole intensive proche de Montauban, dans le Tarn-et-Garonne. Sa thèse met en évidence la nécessité de dynamiques collectives pour conduire des agro-systèmes favorables aux auxiliaires des cultures, dans le but de réduire les pesticides. « Or, si les deux tiers des acteurs interrogés intègrent la régulation des insectes ravageurs par les auxiliaires, aucun ne lie l'action de ces auxiliaires au paysage, davantage ressenti comme une contrainte,

« Les agriculteurs pourraient agir ensemble à la mise en place d'un paysage favorable aux auxiliaires des cultures dans le but de réduire les pesticides. »

source occasionnelle de ravageurs », explique-t-il. Des modèles socio-écologiques participatifs ont été construits avec les acteurs agricoles. Ils ont montré que le service écosystémique fourni par le paysage est perçu de trop faible intensité pour intéresser les exploitants. « Il faudrait que les écologues du paysage poussent leurs études jusqu'aux bénéfices que pourraient en tirer les agriculteurs et ne s'arrêtent pas à l'intérêt du paysage sur les auxiliaires », poursuit Nicolas Salliou. « Mobiliser sur la biodiversité dans les systèmes agricoles s'avère complexe et nécessite de s'intéresser aux motivations des acteurs locaux », conclut-il.

Interview

Anne-Sophie Walker, responsable du projet Fondu - Stratégies territoriales d'utilisation DURable des antiFONGiques.

Le nombre de pesticides disponibles diminue alors que les phénomènes de résistance progressent. Comment, dans une logique durable, adapter les stratégies de protection des cultures ?



Anne-Sophie Walker

« Une gestion collective s'impose, notamment pour les fongicides. Nous avons combiné sept expertises, en phytopathologie, agronomie, statistiques, modélisation, informatique, sciences de gestion et économie pour apporter des éléments de réponse. L'évolution des résistances sur septoriose du

blé, oïdium et mildiou de la vigne et la durabilité des stratégies anti-résistance ont été étudiées, afin d'être modélisées. Alternance des spécialités, mélange, fractionnement, modulation des doses chaque

situation nécessite une stratégie adaptée en fonction du pathogène, des substances actives utilisées, du système de culture. »

Quels sont les freins à l'appropriation de ces nouvelles stratégies ?

« Elles doivent bien sûr être socialement acceptables et économiquement viables. Ces stratégies durables tendent à maximiser l'hétérogénéité de la sélection de souches résistantes dans des échelles de temps et d'espace larges, ce qui suppose de mettre en place une coordination des pratiques de production au niveau d'un territoire. Si chacun raisonne dans son intérêt propre et immédiat, les substances actives perdent vite de leur efficacité et l'ensemble des agriculteurs se retrouve face à des impasses techniques et à des pertes économiques. La diffusion d'une information coordonnée sur les résistances par un acteur public constitue une étape indispensable. »

Améliorer les dynamiques collectives

Regard terrain



Sébastien Ballion

technicien expérimentation au Cefel, Centre d'expérimentation en fruits et légumes de Midi-Pyrénées

« Nous avons participé au travail de Nicolas Salliou car nous sommes attentifs à toutes les méthodes alternatives de lutte contre *Drosophila suzukii*. La thèse nous a permis de mieux comprendre le lien entre la présence de l'insecte et les éléments du paysage. Elle n'a cependant pas pu se traduire par une méthode de lutte, du fait de son omniprésence. Toutefois, la modélisation participative nous a beaucoup plu car elle intègre notre propre expérience du terrain. C'est valorisant et fédérateur. »

Surveiller pour contrôler



Laure Mamy

**chercheuse de l'Inra
ayant encadré la
thèse de Sabine-Karen
Lammoglia sur les
« Approches de
modélisation pour évaluer
et comparer les impacts
sur l'environnement et
sur la santé humaine des
pesticides utilisés dans
des systèmes de culture
conçus pour réduire
l'usage des pesticides »**

“De nombreux modèles existent pour simuler les flux de pesticides dans l'environnement. Mais ils ne prennent pas en compte de manière détaillée les pratiques agronomiques. Pour combler cette lacune, deux modèles, pesticides et cultures, ont été couplés, donnant Stics-Macro. Les premiers enseignements sont tirés. Certains sont des confirmations : l'absence de travail du sol favorise les transferts de pesticides. D'autres pistes sont en revanche plus surprenantes : la présence de résidus organiques sur le sol, générant une augmentation de la teneur en eau des sols, entraînerait un transfert des pesticides.”

IDENTIFICATION DES POINTS DE PASSAGES DES PATHOGÈNES

Quels outils mettre en place afin d'anticiper les nouvelles maladies à même d'arriver sur notre territoire par les masses d'air et les réseaux hydrologiques dans les décennies à venir ? Comment modéliser leur dissémination en intégrant les changements climatiques et les modifications des systèmes de cultures ? Le projet est ambitieux. Il se nomme Epidec.

Les nouveaux pathogènes ne prennent pas nécessairement l'avion ou le bateau ! Ils circulent également sur de longues distances dans les masses d'air, avant de se déposer incognito sur le sol ou dans l'eau des rivières à la faveur des pluies. Difficile, dès lors, d'installer un poste de contrôle. Les chercheurs de l'Inra, associant six disciplines (pathologie végétale, génétique, statistique spatiale, économie quantitative, physique de l'atmosphère et météorologie) se sont attaqués à cette question. A partir de la cartographie numérique des parcelles agricoles sur les vingt-cinq dernières années en région Paca, et en suivant une bactérie, *Pseudomonas syringae*, ils ont pu modéliser différents scénarios. « 65 % des événements pluvieux portent cette bactérie. D'où viennent les masses d'air de telle pluie, à telle période ? Quelles parcelles sont liées entre elles via les masses d'air ? Autant de questions auxquelles nous



© terre-écus

Cindy Morris, responsable du projet Epidec,
« Construire un cadre de travail pour prédire
les risques de maladies selon les cultures et le
climat des prochaines décennies. »

devions répondre pour prédire ces flux », explique Cindy Morris, responsable du projet. L'analyse des mouvements atmosphériques, la réalisation d'une cartographie des flux microbiens les plus probables, couplées aux changements prévisionnels du climat comme des systèmes et pratiques culturales ont permis de modéliser la dissémination des pathogènes. « Nous avons pu déterminer les points d'arrivée massive des pathogènes. Ils constituent des pôles de surveillance stratégique pour identifier les micro-organismes présents et prévenir les maladies émergentes. » La prochaine étape devrait passer par des collaborations avec les professionnels de l'agriculture pour mettre en place des captages de pluies et le monitoring des eaux de rivières utilisées pour l'irrigation.

© terre-écus



Jean-Noël Aubertot

Interview

**Jean-Noël Aubertot,
responsable du projet Histopest.**

Vous avez numérisé et rassemblé tous les Avertissements agricoles depuis 1948 sur une plateforme internet. Quelle est l'utilité d'un tel travail ?

« Les recherches sur la protection intégrée des cultures nécessitent des données sur les populations de bioagresseurs. Or le recueil de ces données est chronophage et coûteux. Nous avons donc souhaité localiser, sauvegarder et valoriser les informations déjà disponibles. Cette capitalisation de références est utile à la transition agroécologique. Les documents ont été numérisés et transformés en fichiers texte. Ils sont disponibles sur une plateforme internet, nommée Pestobserver. Elle rassemble 69 870 données élémentaires « région-année-culture-ravageur ». L'ensemble couvre les années 1948 à 2015, 108 cultures et 342 bioagresseurs. »

Comment valoriser ces informations ?

« De multiples manières ! Des analyses quantitatives ou qualitatives multiples peuvent être réalisées. Par exemple sur le niveau d'attaque régional de la rouille dans telle ou telle région, les ravageurs ou couples cultures-ravageurs majeurs. Il est également possible de croiser ces informations avec d'autres bases de données. Ce qui a été fait avec les informations climatiques journalières d'Histoclim, contribuant à la création d'un modèle de prévision du risque de rouille sur blé. »

*Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (Gestion durable de la santé des cultures), mis en place par l'Inra sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des cultures, permettant de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs mais aussi moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.

www.smach.inra.fr

Directeur de SMaCH :

Christian Lannou

MOBILISER LES RÉGULATIONS NATURELLES, SURVEILLER, DIAGNOSTIQUER, ANTICIPER LES RISQUES POUR LA SANTÉ DES CULTURES

© Paola Salazar, Inra

Lettre d'information n° 11
janvier 2018



Christian Lannou

Directeur du métaprogramme SMaCH

“ Un métaprogramme se construit dans la durée. Les projets de recherche qu'il soutient donnent naissance à de nouvelles idées et à d'autres projets. Ces travaux multiplient les transferts de connaissances, à double sens, entre l'Inra et le terrain. Ils constituent de véritables catalyseurs de collaborations. »

Réduire la dépendance aux pesticides

Réconcilier production agricole et durabilité. Tel est l'objectif qui caractérise les travaux de recherche menés dans le cadre du métaprogramme SMaCH de l'Inra sur le thème « Mobiliser les régulations naturelles, surveiller, diagnostiquer, anticiper les risques pour la santé des cultures ». Sept projets et une thèse ont été restitués lors d'un séminaire organisé le 10 novembre 2017 à Paris. Tous font appel à une communauté scientifique pluridisciplinaire et la plupart, aux acteurs de la profession agricole.

Ils s'appellent REACTION, FLADORISK, GARGAMEL, RIZ ETERNEL, COPAIRNIC, LYCOVITIS et GEEK. Les quatre premiers, ainsi qu'une thèse associée, ont trait à la mobilisation des régulations naturelles. Les trois suivants, à la surveillance, au diagnostic et à l'anticipation des risques pour la santé des cultures. Ces travaux de recherche, lancés en 2014 dans le cadre du métaprogramme SMaCH* de l'Inra, ont été restitués lors d'un séminaire, le 10 novembre 2017 à Paris.

Les projets présentés ont un but majeur : soutenir la transition agroécologique en consolidant la protection des plantes tout en réduisant la dépendance aux pesticides. Et ce, dans un contexte où le développement des échanges commerciaux et les changements climatiques conduisent à une amplification des émergences de ravageurs. Deux approches les unissent. La première consiste à mieux comprendre la biodiversité et les services qu'elle rend en termes de régulation des bioagresseurs et de

capacité à endiguer les bioinvasions. La seconde est orientée sur la prévention. Elle s'appuie sur les connaissances au niveau de la veille, de la surveillance, du diagnostic, de la prévention et de la gestion des risques.

Pour relever le défi, l'Inra ne manque pas de mobiliser une communauté scientifique pluridisciplinaire. Les projets présentés dans ce document ont fait appel à cinq départements et vingt unités de recherche différents. Parce que comprendre les mécanismes biologiques et les modéliser ne suffit pas. La prise en compte des aspects environnementaux, sociaux et économiques qui y sont liés est indispensable. Comme l'est l'appropriation des nouvelles connaissances par les acteurs de la profession agricole. Les chercheurs de l'Inra l'ont compris : la plupart des projets ont mis en place des démarches participatives pour co-construire avec les conseillers et les agriculteurs des pratiques innovantes répondant aux besoins du terrain pour être rapidement déployées.

Sommaire

- p. 2 et 3 : Mobiliser les régulations naturelles
- p. 4 : Surveiller, diagnostiquer, anticiper les risques pour la santé des cultures

VALORISER LES MYCORHIZES POUR PROTÉGER LES CULTURES

Marie Chave, responsable du projet REACTION - Bioprotection préventive de la tomate par les symbioses mycorhiziennes



© INRA-405

Pourquoi avoir choisi de travailler sur les symbioses mycorhiziennes ?

Parce que la contribution des réseaux mycorhiziens à la bioprotection des cultures est sous-exploitée. Près de 80 % des plantes cultivées ont les capacités à développer une association symbiotique entre leurs racines et une diversité d'espèces de champignons du sol en formant ce que l'on appelle des mycorhizes. Avec l'intensification des cultures et l'apport important d'engrais, cette association n'est plus utilisée par les plantes. Pourtant, les mycorhizes présentent un grand intérêt. Elles rendent les plantes plus vigoureuses en leur permettant de développer leur système racinaire et en améliorant leur nutrition. Elles stimulent leur système de défenses naturelles et les protègent également en entrant en compétition avec des champignons pathogènes. Ces régulations

naturelles sont intéressantes à déployer pour réduire l'utilisation d'intrants, engrais comme pesticides. Dans le cadre du projet REACTION, des travaux ont été conduits en laboratoire pour mieux comprendre l'effet bioprotecteur des réseaux mycorhiziens sur la tomate.

Comment inciter les agriculteurs à valoriser les mycorhizes ?

Au lieu de produire une solution standard, difficilement appropriable par tous les agriculteurs, nous avons cherché à co-construire une diversité de solutions. Économistes, agronomes, écologues du sol et phytopathologistes, ainsi que partenaires professionnels et agriculteurs de différentes régions (Martinique, Guadeloupe, Guyane et Provence), ont contribué à l'élaboration d'un dispositif collectif, nommé MYMYX. Ce

dispositif vise à partager des connaissances et à co-concevoir des innovations relatives aux symbioses mycorhiziennes. Et ce, en associant recherche participative, avec un jeu de plateau comme outil pédagogique, et réflexion prospective. Cette mobilisation a permis la constitution d'une bibliothèque de plus de 150 propositions de pratiques mobilisables par les agriculteurs pour valoriser les symbioses mycorhiziennes : introduction de mycorhizes, études des rotations et associations de plantes, changements de pratiques comme le travail du sol et la réduction d'apports d'intrants de synthèse... Des innovations technologiques, comme la pré-mycorhization de plants en pépinière, ou organisationnelles, telle qu'une association d'agriculteurs pour la production de mycorhizes, sont actuellement à l'étude.



Sylvie Malembic-Maher

Flavescence dorée de la vigne : repenser les systèmes régionaux de gestion de la maladie

Sylvie Malembic-Maher, co-responsable du projet FLADORISK - Flavescence dorée de la vigne, influence de l'environnement sauvage des vignobles et analyse comparée des systèmes régionaux de gestion de la maladie.

Vous avez souhaité participer à l'amélioration de la gestion de la lutte obligatoire contre la flavescence dorée de la vigne. Pourquoi et quels résultats avez-vous obtenus ?

« La lutte collective contre la flavescence dorée de la vigne concerne les deux tiers des vignobles français. Elle comprend entre autres des arrachages de pieds contaminés et des traitements insecticides obligatoires, ce qui génère de nombreuses tensions. Comment gérer au mieux, régionalement, cette maladie de quarantaine, pilotée par les services de l'État et qui implique un réseau d'acteurs techniques et professionnels de la filière viticole en prise avec les viticulteurs ? Et ce, en prenant en compte l'influence de l'environnement semi-naturel, avec ses effets positifs et négatifs sur la protection des vignobles. Tel a été l'objectif du projet FLADORISK, qui a réuni sociologues, écologues, pathologistes et entomologistes de l'Inra.

Des groupes de travail, composés des acteurs impliqués dans la lutte contre la maladie, ont été constitués dans les quatre régions étudiées : l'Alsace, la Bourgogne, la Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Aquitaine. Leurs expérimentations ont permis de mesurer les risques épidémiques que constituent les plantes sauvages sur des sites pilotes, tout en prenant en compte leurs effets positifs à travers les services de régulation des ravageurs de la vigne. Ces groupes

« La modulation de la lutte obligatoire n'est envisageable que si tous les types de savoirs sont mobilisés. »

de travail ont également servi de support à l'analyse comparée des modes de gestion de la maladie.

En Bourgogne, les acteurs ont pu montrer que les aulnes et les clématites, fréquents aux abords des parcelles, hébergent les phytoplasmes responsables de la flavescence dorée mais que le transfert vers la vigne par des insectes vecteurs présents sur ces plantes reste rare. Le risque d'épidémie de la maladie par cette voie est bien réel mais devient faible si une bonne surveillance des vignobles est assurée. Dans cette région, il a été intégré dans les processus d'évaluation de risques et la lutte insecticide a été modulée en fonction de ces nouveaux critères. Ce travail de groupe, incluant une analyse rétrospective des moments clés de gestion de l'épidémie, a contribué à une prise en charge collective, efficace et raisonnée de la maladie.

Autre exemple de résultat du projet : en Aquitaine, un livret pour la gestion des vignes ensauvagées, par les particuliers et les vignerons, a été élaboré dans le cadre d'un projet Écophyto puis expérimenté sur des sites pilotes. Car nous avons confirmé que ces repousses de porte-greffes de vigne constituent un risque de réservoir élevé : elles peuvent en effet héberger le phytoplasme ainsi que le vecteur viticole de la maladie. »

ÉVALUER LA RÉGULATION DES RAVAGEURS INDUITE PAR LES BANDES FLEURIES

Antoine Gardarin, responsable du projet GARGAMEL - Gestion agroécologique des ravageurs de grandes cultures par l'implantation de bandes fleuries en bord de champ.

Les bandes fleuries implantées en bord de champ attirent et maintiennent la faune auxiliaire. Favorisent-elles réellement la régulation naturelle des ravageurs de grandes cultures ?

« Évaluer la régulation par parasitisme est aisé puisque la présence des parasitoïdes dans les ravageurs peut être observée et le taux de parasitisme déduit. En revanche, quantifier la régulation par prédation se révèle plus difficile : la prédation ne laisse pas de trace. Or l'enjeu est d'importance car en favorisant une régulation naturelle par des auxiliaires, on offre la possibilité de réduire l'utilisation d'insecticides. Le projet GARGAMEL a eu pour objectif d'évaluer la capacité de bandes fleuries à augmenter la régulation des ravageurs, en termes de prédation, et de progresser sur les méthodes à mettre en œuvre.

Pour observer la prédation des ravageurs par la faune auxiliaire, nous avons placé différents types de proies sentinelles sous une caméra infra-rouge et observé les prédateurs au champ. Les larves de bruches se sont révélées être les

plus attractives envers les prédateurs invertébrés vivants sur le sol. Ce dispositif est très démonstratif : il permet de visualiser quels auxiliaires attirés par ces proies interviennent et en quelle quantité.

Nous avons montré que les bandes fleuries réduisent les quantités de criocères des céréales et de pucerons de 30 à 50 % sur orge et pois, mais pas ou peu les pucerons du colza. Si les bandes fleuries procurent des ressources trophiques et des refuges favorisant les auxiliaires, nous avons cependant constaté que les carabes prédateurs semblaient peu dépendants des bandes et très abondants dans la parcelle cultivée sans insecticides ni travail du sol pendant les quatre années de l'essai. »



Antoine Gardarin

© Inra-400



Renforcer la biodiversité cultivée

Elisabeth Fournier, responsable du projet RIZ ETERNEL - Comprendre les déterminants de la durabilité du système rizicole du YuanYang face à la pyriculariose.

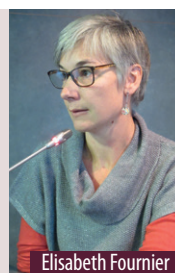
En quoi les rizières des terrasses du YuanYang, en Chine, constituent-elles un « cas d'école » en termes de biodiversité cultivée ?

La riziculture y est menée selon des méthodes traditionnelles et ne connaît pas de crise sanitaire majeure. Les maladies sont maintenues à des niveaux faibles et les rendements sont bons, entre 5 et 7 t/ha. Nous avons choisi d'étudier ce système de production pour comprendre quels mécanismes expliquent la durabilité des résistances du riz face aux maladies, notamment la pyriculariose.

La réponse est dans la biodiversité cultivée. Dans cette région, jusqu'à 140 variétés de riz y sont produites. Elles sont dispersées dans le parcellaire morcelé en terrasses et circulent d'une année à l'autre. Ceci aboutit à un paysage variétal très hétérogène dans le temps et l'espace. Et ce, à différentes échelles : le paysage, la parcelle et la plante. Nous avons pu montrer que cette diversité conduit, par différents mécanismes, à canaliser l'adaptation des agents pathogènes. Elle empêche l'émergence de souches super-agressives efficaces sur tous les génotypes de plantes.

Les enseignements obtenus en Chine peuvent-ils être valorisés ailleurs ?

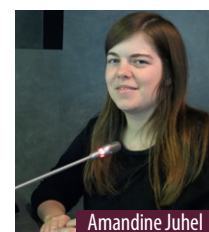
Par l'utilisation de la modélisation, nous allons déterminer dans quelle mesure la biodiversité cultivée peut être réduite et à quelle échelle, sans impacter les « services écosystémiques » qu'elle génère en termes de protection contre les maladies. Nous souhaitons tester expérimentalement cette hypothèse dans d'autres situations de riziculture, comme à Madagascar, et sur d'autres cultures, le blé dur en France par exemple.



Elisabeth Fournier

© Inra-400

Raisonnement la protection des plantes à l'échelle d'un paysage



Amandine Juhel

© Inra-400

Amandine Juhel a conduit une thèse au sein de l'Inra Versailles-Grignon : « Exploitation du paysage et analyse de la dispersion de *Meligethes aeneus* et de sa régulation biologique par un parasitoïde ».

Pour quelles raisons avez-vous choisi d'étudier les mélégiethes ? Quel est l'intérêt de raisonner à l'échelle du paysage ?

“ En vingt ans, le colza a vu ses surfaces cultivées passer de 750 à 1 500 kha. L'usage de produits phytosanitaires a progressé et aujourd'hui, la culture présente un indicateur de fréquence de traitements (IFT) de 6,5, le 2^e plus élevé après la pomme de terre. 50 % de ces traitements sont réalisés contre les ravageurs, dont 20 % contre les mélégiethes. Étudier de près le comportement de ce ravageur a pour objectif final de mieux le gérer pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires.

Les travaux conduits au cours de la thèse ont permis de montrer que la distance moyenne de dispersion des mélégiethes au printemps est de 1,2 km et que le ravageur peut aller jusqu'à 10 km. Ils ont également dévoilé qu'au printemps et durant l'été, l'insecte utilise de nombreux habitats semi-naturels : prairies, friches, bords de route. On le retrouve dans les cultures de colza mais également dans d'autres cultures. Ces constats relativisent le poids des bois, jusqu'à présent perçus comme principal refuge. Ils mettent également en avant l'importance de l'échelle du paysage dans la gestion de la protection des cultures et la complexité du raisonnement à tenir. Les friches constituent un habitat pour les mélégiethes mais également pour la faune auxiliaire. L'utilisation de plantes pièges est à favoriser, mais leur emplacement doit être étudié de près. Une concertation multi-acteurs est par ailleurs à organiser, les bords de route, par exemple, étant exploités par les collectivités. »

Anticiper les épidémies grâce aux médias sociaux

Jean-Pierre Rossi, co-responsable du projet GEEK - Google trends Network and pest outbreak.

Comment les médias sociaux peuvent-ils aider à surveiller les bioagresseurs ?

« Les interrogations des citoyens sur le moteur de recherche Google et les données issues des sciences participatives présentent un intérêt certain pour suivre, en temps réel, l'émergence puis l'expansion d'un ravageur sur un territoire. Le projet GEEK a cherché à vérifier cet intérêt, en retenant comme espèce modèle la punaise diabolique, *Halyomorpha halys*. Arrivée aux États-Unis dans les années 1990, l'espèce s'y est répandue en dix ans, provoquant d'importants dégâts sur les cultures fruitières et maraîchères. Elle a notamment suscité des requêtes sur Google à l'automne, saison durant laquelle elle présente un comportement grégaire et entre en masse dans les habitations.

En France, la punaise diabolique a été signalée en 2012 près de Strasbourg et a envahi progressivement le territoire. Nous n'avons pas enregistré de pullulation importante. Si les recherches sur Google augmentent ces dernières années, elles restent trop modestes pour que l'on puisse faire des analyses à l'échelle régionale et tester la relation avec l'expansion géographique de l'insecte. Parallèlement, l'application smartphone et tablette, que nous avons développée pour permettre au public de signaler l'apparition de l'espèce dans leur région, nous a fourni des informations précieuses pour caractériser cette expansion. Nos résultats montrent donc l'intérêt des sciences citoyennes, mais soulignent l'importance à accorder à l'hétérogénéité de l'information obtenue et à la façon de conduire leur analyse statistique. »



Jean-Pierre Rossi

PRÉDIRE LES ÉPIDÉMIES DE POURRITURE GRISE

Christel Leyronas, co-responsable du projet COPAIRNIC - Comprendre et prédire les épidémies de pourriture grise dues à *Botrytis cinerea* : vers un système d'alerte des risques épidémiques.



Christel Leyronas

Quel est l'intérêt de prédire les épidémies de pourriture grise dues à *Botrytis cinerea* ?

La pourriture grise, provoquée par le champignon pathogène *Botrytis cinerea*, affecte plus de 400 espèces de plantes, dont la vigne, la tomate, la fraise... et engendrent des pertes économiques estimées à plusieurs milliards d'euros à l'échelle mondiale. De plus, le contrôle de la maladie repose principalement sur l'utilisation de fongicides. Or les traitements pourraient être réduits tout en maintenant une protection efficace s'ils étaient limités aux situations à risque. Encore faut-il disposer d'un outil de prévision épidémiologique.

Vers quel outil de prévision des risques vous orientez-vous ?

La maladie est essentiellement propagée par les spores de *Botrytis cinerea*, qui sont disséminées par le vent et peuvent être transportées d'une plante à une autre ou sur plusieurs milliers de kilomètres en quelques jours, via les masses d'air. Le monitoring de l'inoculum aérien à l'aide de capteurs spécialisés permet de quantifier l'inoculum en un point donné mais il est chronophage et coûteux. Nous avons donc choisi de construire un modèle de prévision de l'abondance de spores dans l'air. L'objectif est de pouvoir avertir les conseillers agricoles et les agriculteurs des risques épidémiques afin de mieux positionner les traitements et éviter toute intervention inutile. Le projet COPAIRNIC a constitué une première étape vers la mise au point de ce système d'alerte. Un système qui pourra ensuite être appliqué à d'autres bioagresseurs à dissémination aérienne.



Valérie Laval et Jean-Claude Streito

Une base de données au service du diagnostic

Valérie Laval et Jean-Claude Streito, co-responsables du projet LYCOVITIS - Du diagnostic visuel au séquençage : Sys3D un outil de diagnostic intégratif pour la tomate et la vigne.

En quoi consiste l'outil de diagnostic Sys3D ?

« Sys3D a été conçu dans le cadre du projet LYCOVITIS, avec pour objectif de tester la faisabilité et l'intérêt de créer un outil de diagnostic universel permettant d'identifier les maladies et les ravageurs de l'ensemble des cultures. Nous nous sommes concentrés en premier lieu sur deux cultures importantes, la tomate et la vigne. Le prototype créé prend en compte tous les ravageurs et maladies de ces deux cultures au niveau mondial. Cet outil informatique s'articule autour d'une base de données morphologique et moléculaire et d'une interface web didactique dédiée à la

reconnaissance des maladies et ravageurs par l'image. L'objectif est d'aider les agriculteurs et les conseillers à caractériser rapidement et de manière fiable, sur le terrain, la présence d'organismes nuisibles. Et de raisonner ainsi le plus efficacement possible la protection des cultures, sans traitement inutile. Le diagnostic démarre par l'image et le résultat obtenu peut être confirmé par une analyse moléculaire. En attendant la mise au point d'un séquenceur portatif accessible et performant qui serait utilisable sur le terrain, cette analyse moléculaire nécessite le recours à un laboratoire. »

*Le métaprogramme SMaCH, pour Sustainable Management of Crop Health (Gestion durable de la santé des cultures), mis en place par l'Inra sur la décennie 2010-2020, correspond à un nouveau mode de pilotage de programmes pluridisciplinaires sur la santé des plantes. Il permet de co-construire de manière cohérente des systèmes agricoles productifs mais aussi moins sensibles aux maladies et insectes ravageurs, répondant ainsi aux trois piliers du développement durable : la performance économique, la performance sociale et la performance environnementale.

www.smach.inra.fr
 Directeur de SMaCH :
Christian Lannou