METAPROGRAMME
SMaCH
Sustainable Management
of Crop Health

INRA
SCIENCE & IMPACT

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. 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 acceptables par les producteurs.

© 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. *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. »*

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.

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. Le partenariat avec les acteurs agricoles aussi. 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. »*

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 de 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 n'a 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'oïdium 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 contournement 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.

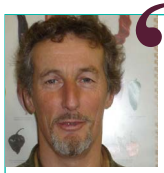
Ces nouveaux cépages sont-ils facilement adoptables par les viticulteurs ?

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 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 et toutes les cultures. Ce type de résistance a 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 pommier, 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

Interview

Charles-Eric Durel

Charles-Eric 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.

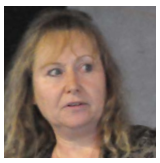
En quoi la durabilité de la résistance variétale chez le pommier est-elle particulièrement importante ?

Le pommier est une espèce pérenne, que le producteur ne replante que tous les 15 à 25 ans. Comme la plupart des cultures arboricoles, il reçoit un grand nombre de traitements, notamment pour lutter contre la tavelure, 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 champignon 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

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

Pourquoi travailler sur la problématique des nématodes à galles ?

Une enquête conduite de 2007 à 2010 avec 30 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… Raison pour laquelle, 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.

Interview

Marie-Hélène Balesdent

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 pluri-disciplinaires 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

Rédaction : *Terre-écos* **/ Coordination :** Sylvie Colleu