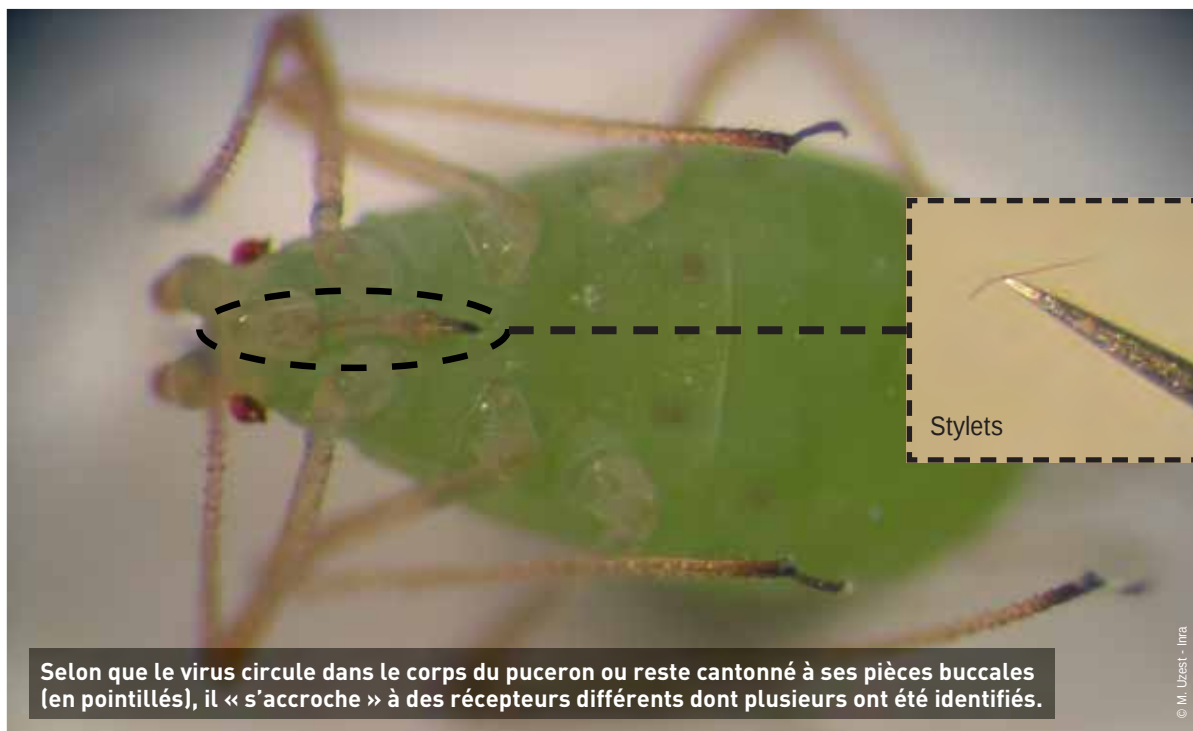


VIROSES TRANSMISES PAR LES PUCERONS

DEUX PROTÉINES

au rôle majeur



De récents travaux de deux équipes de l'Inra ont montré que l'impact d'un virus sur une culture peut être diminué sans utiliser d'insecticide. En inhibant l'expression de certaines protéines chez les pucerons, la transmission des virus par ces derniers est réduite.

Parmi les vecteurs de viroses du monde végétal, les pucerons, très répandus, sont capables de véhiculer des centaines d'espèces de virus. Aujourd'hui, la lutte chimique, qui vise les insectes vecteurs, reste le principal moyen de protection des cultures contre les viroses transmises par les pucerons. Cette méthode de lutte présente cependant des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine.

Une stratégie alternative est de cibler des récepteurs de virus chez les pucerons et de les rendre

inopérants afin de diminuer, voire de bloquer, la transmission de ces virus. Cela nécessite d'identifier ces récepteurs ou d'éventuels corécepteurs responsables de la rétention des virus dans les pucerons. Deux équipes de l'Inra ont identifié pour la première fois deux protéines jouant un rôle capital dans ce processus de transmission. Les travaux ont porté sur le virus de la mosaïque du chou-fleur, transmis par les pucerons des espèces *Acyrtosiphon pisum* et *Myzus persicae*^[1], et sur le virus de la jaunisse du navet dont le vecteur principal est l'espèce *M. persicae*^[2]. Ces recherches ouvrent de nouvelles perspectives en santé des plantes pour lutter contre les maladies virales par des méthodes basées sur le blocage de l'interaction entre le virus et son vecteur.

Deux sortes de virus différant par leur mode de transport dans le corps du puceron

Les chercheurs ont travaillé de concert sur deux modèles viraux : les virus dits « non circulants » tel le virus de la mosaïque du chou-fleur, localisés au niveau des pièces buccales du puceron, et les virus dits « circulants » qui transitent dans l'organisme

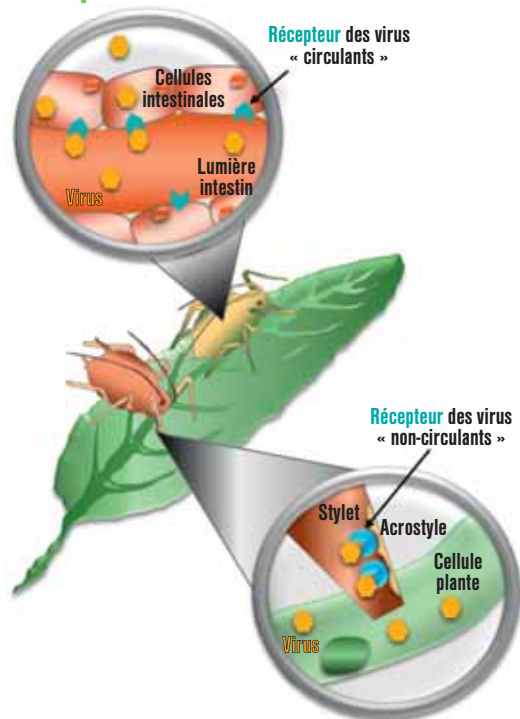


de l'insecte et dont le modèle sélectionné est le virus de la jaunisse du navet (figure 1).

Les mécanismes moléculaires de la transmission des virus par les pucerons diffèrent selon que les virus sont dits circulants ou non circulants. Les virus circulants sont ingérés par les pucerons qui se nourrissent de la sève d'une plante infectée. Une fois dans la lumière de l'intestin, les virus sont retenus par des récepteurs qui les entraînent à l'intérieur des cellules intestinales ; ils traversent ces cellules et sont libérés dans le corps du puceron. Le même mécanisme d'entrée et de transport dans les cellules (ou transcytose) se produit au niveau des cellules des glandes salivaires ; le virus se retrouve alors dans la salive du puceron avant d'être inoculé à une nouvelle plante lors d'une prise de nourriture. Le trajet de ces virus dans le corps du puceron se fait, dans la plupart des cas, sans aucune étape de multiplication du virus : le puceron assure un rôle de transporteur et non d'hôte pour ces virus.

Les virus non circulants sont ingérés par les pucerons lorsqu'ils prélèvent une partie du contenu cellulaire d'une plante infectée à l'aide de leurs stylets - les pièces buccales en forme d'aiguille qu'ils

TRANSMISSION DES VIRUS : deux types de récepteurs



© Véronique BRAULT, Inra

Figure 1 : Récepteurs des virus au sein des pucerons, selon que le virus est circulant ou non circulant. Les virus non circulants sont retenus par des récepteurs au niveau des pièces buccales du puceron. Les virus circulants cheminent dans le tube digestif du puceron et s'accrochent aux récepteurs bordant les cellules intestinales avant de pénétrer dans les cellules du puceron.

N°1 DU DÉBIT DE CHANTIER



SEMOIR SIMPLIFIÉ CIRRUS

Sur labour ou en itinéraire simplifié, le Cirrus vous garantit un débit de chantier inégalable grâce à sa rapidité de réglages, son importante autonomie et sa vitesse de travail.

- **Pneu Matrix** repoussant encore plus loin les limites d'utilisation en conditions humides
- **Jusqu'à 3 trémies et 3 doseurs indépendants**
Distribution électrique avec modulation automatique de dose à partir de cartes d'application
- **Fonction Autopoint** supprimant automatiquement les recroisements et les manques en fourrières
- **Mise en terre au choix :**
Simple disque RoTeC Pro ou double disques TwinTec+ jusqu'à 100 kg de pression par élément



De 3 à 6 mètres dont version exclusive 3,50 m



AMAZONE

LA CULTURE DE L'INNOVATION

enfoncent dans la plante pour en extraire la sève. À l'extrémité des stylets, les virus peuvent être retenus par des récepteurs au niveau d'une structure appelée acrostyle. Contrairement aux virus circulants, ces virus ne pénètrent pas dans les cellules du puceron. Ils sont inoculés à une nouvelle plante lors d'une prise de nourriture après un mécanisme de décrochage encore inconnu. Une seule piqûre de quelques secondes suffit bien souvent à assurer l'acquisition ou le relargage des virus non circulants - une caractéristique qui souligne encore la difficulté de lutter contre la propagation des viroses. Les virus non circulants ne se multiplient pas non plus dans le corps du puceron.

Différentes protéines de puceron impliquées dans la transmission des virus à la plante

C'est en cherchant à identifier les récepteurs du virus non circulant de la mosaïque du chou-fleur dans le puceron, qu'une équipe a identifié le nouvel organe baptisé « acrostyle », situé à l'extrémité des stylets. Grâce à une méthode originale de marquage *in situ* de stylets disséqués (encadré) combinée à des observations en microscopie à haute résolution, une protéine nommée « Styline 1 » a été observée au niveau de l'acrostyle, grâce à l'utilisation d'une collection d'anticorps ayant la propriété de reconnaître des protéines de la cuticule du puceron.

Dans un second temps, le rôle de la Styline 1 dans la transmission du virus de la mosaïque du chou-fleur a été démontré en développant une technique basée sur l'ARN interférence^[3]. Chez des pucerons nourris artificiellement avec une solution contenant des petits ARN double brin ciblant le gène codant pour la Styline 1, l'accumulation de la protéine diminue. Les pucerons ainsi traités, chez qui la protéine est moins présente, sont ensuite transférés sur des plantes infectées par le virus de la mosaïque du chou-fleur puis sur des plantes saines pour évaluer leur capacité à acquérir puis à transmettre le virus. Il a ainsi été montré qu'une



diminution de 66 % de la quantité de Styline 1 dans le puceron entraînait une réduction de 40 % de la transmission du virus.

Une deuxième protéine, appelée « récepteur de l'éphrine », a été mise en évidence par l'autre équipe en isolant les protéines de pucerons capables de se fixer aux protéines de la capsid (l'enveloppe) du virus circulant de la jaunisse du navet. En adoptant également la technique d'ARN interférence, les chercheurs ont montré qu'en nourrissant les pucerons artificiellement avec une solution inhibant, cette fois, le récepteur de l'éphrine, la transmission du virus de la jaunisse du navet était diminuée de 38 à 81 %. Si les pucerons ingèrent les molécules interférentes à partir de plantes transgéniques avant d'acquérir le virus, la transmission du virus est réduite de 43 à 77 %.

Des méthodes potentiellement adaptables à d'autres viroses transmises par puceron

Les équipes poursuivent leur travail de caractérisation des récepteurs pour d'autres virus d'intérêt agronomique. Elles cherchent notamment à savoir si la Styline 1 est un récepteur commun aux virus non circulants, et s'il existe d'autres récepteurs au niveau des stylets impliqués dans l'accrochage des virus. De même, le récepteur de l'éphrine pourrait intervenir dans la transmission d'autres virus circulants proches parents du virus de la jaunisse du navet, tels que le virus de l'enroulement de la pomme de terre et le virus de la jaunisse modérée de la betterave, transmis par la même espèce de puceron, *M. persicae*. Un autre virus de la même famille que les virus précédents, celui de la jaunisse nanisante des céréales, est transmis par d'autres espèces de pucerons. La stratégie de blocage de la transmission des virus en ciblant un récepteur précis pourrait également lui être appliquée, mais il faut d'abord vérifier que le récepteur utilisé par ce virus est bien le récepteur de l'éphrine.

Le marquage *in situ* de stylets disséqués

Les stylets sont quatre longues aiguilles de cuticule composées de chitine et de protéines cuticulaires. Afin de caractériser les récepteurs du virus de la mosaïque du chou-fleur, une méthode d'interaction *in vitro* a été mise au point. Les stylets, détachés de la tête de l'insecte à l'aide de micro-outils, sont déposés sur des lames de microscopie et incubés avec des protéines virales rendues fluorescentes ou des anticorps spécifiques de protéines cuticulaires. Les stylets sont alors observés sous microscope : les zones fluorescentes signalent la présence de virus ou de protéines jouant le rôle de récepteurs de virus.



Une telle méthode diminue la transmission des virus sans affecter le comportement alimentaire, la survie ou la fécondité des pucerons ; son impact écologique serait donc réduit.

Les efforts sur l'identification des récepteurs des virus chez les pucerons devront donc être poursuivis pour comprendre la subtilité de leurs modes d'action et pouvoir ainsi cibler le plus spécifiquement possible l'accrochage des virus dans les pucerons. La base des nouvelles stratégies permettant de réduire l'impact des viroses au champ en bloquant la transmission par les vecteurs repose sur notre capacité à faire ingérer aux pucerons les molécules initiateuses du mécanisme d'ARN interférence. Il serait envisageable, comme l'a démontré cette étude, de les faire produire par des plantes transgéniques, mais cette stratégie reste très controversée à l'heure actuelle.

L'alternative est la vaporisation de ces molécules sur les cultures. Testée sur les pucerons pour cibler des gènes autres que ceux codant pour les récepteurs des virus, une telle méthode est néanmoins transposable aux deux protéines identifiées. Cependant, avant de pouvoir développer cette stratégie au champ, les travaux doivent être poursuivis afin d'analyser l'efficacité de tels traitements dans un environnement non contrôlé soumis aux aléas du climat. Il faudra également contrôler la stabilité des molécules dans le temps et leur innocuité vis-à-vis des insectes bénéfiques.

(1) Travaux de l'équipe de Marilyne Uzeit.

(2) Travaux de l'équipe de Véronique Brault.

(3) L'ARN interférence est un mécanisme permettant d'inhiber l'expression d'un gène à l'aide de petits ARN double brin non codants (ou small interfering RNA). Ceux-ci entraînent le clivage spécifique de l'ARN messager du gène puis sa dégradation.

Véronique Brault - veronique.brault@inra.fr

INRA-Colmar - UMR Santé de la vigne et qualité du vin

Marilyne Uzeit - marilyne.uzest@inra.fr

INRA-Montpellier - UMR Biologie et génétique des interactions plante-parasite

Paloma Cabeza-Orcel - pcabeza@perspectives-agricoles.com

HERBICIDE maïs

LAGON®

Pour un désherbage optimal de vos maïs dès la prélevée

- Efficace contre les graminées et dicots.
- Persistance d'action.
- Idéal en association avec des herbicides racinaires.

Lagon® : Composition : 500 g/L acifluorfen et 75 g/L isoxaflutole, Formulation : (SC) suspension concentrée, AMM et marque déposée : 9600548 (BAYER CropScience), Classement : H351 Susceptible de provoquer le cancer, H361D Susceptible de nuire au fœtus, H410 Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme. Attention ⚠️
Respectez les instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement. Avant toute utilisation, assurez-vous que celle-ci est indispensable. Privilégiez chaque fois que possible les méthodes alternatives et les produits présentant le risque le plus faible pour la santé humaine et animale et pour l'environnement, conformément aux principes de la protection intégrée. Consultez «Ecophyto». Lire attentivement l'étiquette du produit avant toute utilisation ou consulter le site www.phyteurop.com. Agrément numéro IF01755 : distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels. 11/2018

PHYTEUROP 
un éclairage différent

55, rue Raspail - 92300 Levallois-Perret
Tél. : 01 47 59 77 00 - www.phyteurop.com

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION. AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.