

Les virus de plantes, de redoutables ennemis des cultures qui sont bien difficiles à combattre

Hervé Lecoq,

INRA,
Station de Pathologie Végétale,
Domaine Saint Maurice, BP 94,
84140 Montfavet, France
Herve.Lecoq@avignon.inra.fr

Les maladies à virus constituent chaque année, une menace grave pesant sur la réussite des cultures maraîchères ou horticoles dans de nombreuses régions du monde. On connaît aujourd'hui environ 1000 virus qui infectent les plantes. Quelques uns peuvent aussi se multiplier chez les Insectes mais, fort heureusement, aucun n'attaque l'Homme ou les animaux supérieurs.

Les symptômes provoqués par les virus chez les plantes peuvent varier, selon le virus, la variété ou l'espèce atteinte, l'environnement et l'état physiologique dans lequel se trouvent les plantes. De nombreux virus provoquent sur le feuillage des symptômes de mosaïque, c'est à dire une coloration irrégulière bien visible au niveau des jeunes feuilles, parfois associée à des déformations (cloques, aspect filiforme ou gaufré, réduction de taille). D'autres maladies virales provoquent des jaunissements du feuillage, souvent plus marqués sur les feuilles âgées. Enfin certains virus induisent des nécroses plus ou moins généralisées sur les feuilles, les fleurs, les fruits ou les tiges ; ces nécroses entraînent parfois un dépérissement de la plante. D'une manière générale, les maladies virales réduisent la croissance et donc le potentiel global de production d'une plante, mais dans le cas des fruits et des légumes elles peuvent aussi altérer l'aspect et donc la qualité commerciale de la récolte.

Comprendre comment ces maladies se développent dans une plante et se disséminent dans les champs est donc un objectif prioritaire pour définir des stratégies de lutte adaptées.

Qu'est-ce qu'un virus de plante?

Un virus de plante est, dans la grande majorité des cas, une structure très simple comprenant un acide nucléique, qui porte l'information génétique (4 à 12 gènes) protégé par une carapace constituée de protéines de capsid. Les virus utilisent toutes les formes d'acide nucléique possibles (ARN ou ADN -jamais les deux-, simple brin, double brin...) pour stocker leur information génétique.

Les virus n'ont pas d'autonomie : ce sont des parasites obligatoires. Ils se multiplient aux dépens de la plante qu'ils infectent et vont détourner à leur profit la machinerie cellulaire. La cellule va synthétiser les protéines et les acides nucléiques viraux nécessaires à la formation de nouvelles particules virales, au lieu de produire les molécules dont la plante a besoin. En quelques semaines, le virus va envahir l'ensemble de la plante et il y aura des quantités considérables (parfois des milliards...) de particules virales produites dans une plante infectée.

Les virus des plantes présentent trois caractéristiques principales qu'il faut connaître pour bien comprendre leur biologie :

(1) Les virus des plantes provoquent le plus souvent des maladies généralisées. Ils infectent presque tous les organes d'une plante : ils se multiplient aussi bien dans les racines que dans les tiges ou les feuilles. Seuls, certains massifs cellulaires en cours de différenciation, les méristèmes (que l'on trouve au cœur des bourgeons) peuvent être indemnes de virus.

(2) Les maladies à virus sont incurables au champ : une plante infectée par un virus le restera toute sa vie, qu'elle soit annuelle ou pérenne. En effet, les plantes ne disposent pas de système de défense immunitaire : elles ne produisent pas d'anticorps qui permettent aux animaux supérieurs ou à l'Homme d'éliminer les virus qui les agressent.

(3) Comme tous les autres virus, les virus des plantes sont des parasites obligatoires : ils ne peuvent se multiplier que dans des plantes ou des organes végétaux vivants. Les virus ne survivent généralement pas ou très peu de temps, en dehors des cellules vivantes. Ils ont donc absolument besoin d'un moyen pour passer des cellules d'une plante malade aux cellules d'une plante saine, sinon ils disparaîtraient à la mort des plantes qu'ils infectent.

Les deux stratégies de dissémination des virus

Les virus des plantes disposent de deux principaux moyens de dissémination dans la nature, une transmission dite verticale et une transmission dite horizontale.

La transmission verticale correspond à la transmission du virus à la descendance d'une plante infectée. Elle est très fréquente (et en fait presque systématique) chez les plantes à multiplication végétative. Tous les organes de multiplications -boutures, greffons, tubercules, bulbes...- prélevés sur une plante-mère virosée seront infectés, car les virus provoquent des maladies généralisées. Ainsi, une pomme de terre infectée par le virus Y de la pomme de terre (*Potato virus Y*, PVY), produira des tubercules qui seront tous porteurs du PVY. Si ces tubercules sont plantés, ils donneront tous naissance à des plantes qui seront infectées par le PVY. L'importance de cette transmission à la descendance a justifié la mise en place, chez de nombreuses espèces à multiplication végétative, de schémas de production de plants ou de semences certifiées sans virus.

Quelques rares virus de plantes pérennes peuvent être transmis par le pollen. Le pollen produit par une plante virosée pourra être disséminé par le vent ou par un insecte pollinisateur et venir féconder une fleur sur une plante saine. En germant, le grain de pollen transmettra le virus à la plante saine.

Dans la grande majorité des cas, les virus ne sont pas transmis par les graines : ainsi un melon infecté par le virus de la mosaïque du concombre (*Cucumber mosaic virus*, CMV) produira des graines qui en germant, donneront naissance à des plantules qui seront toutes indemnes de CMV. Malheureusement, cette règle admet des exceptions et certains virus économiquement importants peuvent être transmis par la graine comme le virus de la mosaïque de la tomate (*Tomato mosaic virus*, ToMV) chez la tomate ou le virus de la mosaïque de la laitue (*Lettuce mosaic virus*, LMV) chez la laitue. Des efforts particuliers doivent être faits par les producteurs de graines pour garantir la qualité sanitaire des lots de semences commerciales.

L'intensification des échanges commerciaux au niveau mondial fait que la transmission des virus à la descendance constitue un risque majeur de dissémination des virus d'un pays ou d'un continent à l'autre.

La transmission horizontale permet aux virus de passer d'une plante à une autre et fait intervenir des 'intermédiaires' qui sont appelés les vecteurs de virus. Un vecteur de virus doit être capable de prélever (acquérir) le virus dans une cellule d'une plante malade et de l'introduire (inoculer) dans une cellule d'une plante saine. Ces vecteurs sont très variés, certains sont aériens (insectes, acariens) alors que d'autres se déplacent dans le sol (nématodes, champignons). Les vecteurs les plus importants sont des insectes piqueurs-suceurs (pucerons, aleurodes, cicadelles...). Le plus souvent un virus donné n'est transmis que par un seul type de vecteur. Cette relation étroite entre le virus et son vecteur est due à des phénomènes de reconnaissance moléculaire très spécifiques.

La nature du vecteur (et en particulier sa mobilité), le type de relation entre le virus et le vecteur et la sensibilité de la culture sont des facteurs qui vont influencer sur la vitesse de dissémination d'un virus dans une culture et donc sur la gravité des épidémies virales. Ainsi, un virus comme le CMV, qui est transmis par les pucerons (dont les ailés se déplacent facilement) selon le mode non-persistant (le virus est acquis et transmis au cours de piqûres très brèves, de quelques secondes) pourra infecter toutes les plantes d'une parcelle de melon en quelques semaines. Par contre, le virus des taches en anneaux de la tomate (*Tomato ringspot virus*, ToRSV) qui est transmis par nématodes ne se disséminera que de quelques mètres par an dans une parcelle de bleuet en corymbe, les nématodes vecteurs ne se déplaçant que très peu dans le sol.

L'importance des sources de virus.

Les sources de virus qui vont être à l'origine des épidémies dans une culture sont diverses. Il peut s'agir de plantes issues d'organes de multiplication végétative contaminés ou plus rarement de graines contaminées. Dans ce cas, dès le début de la culture, il y aura des plantes malades dans la parcelle. Il peut également s'agir de cultures voisines plus âgées ou de repousses, elles-mêmes contaminées. Ce peut être aussi des plantes sauvages que l'on appelle les 'hôtes alternatifs' ou 'plantes réservoirs' qui sont parfois fréquentes autour des cultures. Certaines de ces plantes peuvent survivre pendant l'hiver et permettre aux virus de se maintenir dans la nature, pendant les périodes où il n'y a pas de cultures en place. Le nombre des espèces réservoirs varie beaucoup d'un virus à l'autre, selon la capacité du virus à infecter des plantes appartenant à des familles différentes.

Deux virus des cucurbitacées, le CMV et le virus des tâches en anneaux du papayer (*Papaya ringspot virus*, PRSV) en sont des exemples extrêmes. Le CMV est un virus capable d'infecter près de 1000 espèces végétales différentes, parmi lesquelles on compte des adventices comme le séneçon ou la stellaire, des cultures maraîchères d'hiver comme l'épinard ou la laitue, voire même des arbres fruitiers comme le bananier ou le cerisier. Il va sans dire que ce virus trouvera facilement des hôtes alternatifs dans la nature, et que les sources de virus seront abondantes, en début de culture. Le PRSV présente quant à lui, une gamme d'hôte très réduite, qui comprend surtout des cucurbitacées. Le virus aura alors beaucoup plus de difficultés à survivre pendant l'hiver dans les régions tempérées car il ne trouvera pas d'hôte alternatif. Les épidémies de PRSV seront beaucoup plus irrégulières, et dépendront de l'introduction du virus de régions plus méridionales où les cultures de cucurbitacées peuvent survivre pendant l'hiver.

D'une manière générale, la fréquence et la proximité des hôtes réservoirs conditionnera pour une bonne part la précocité des épidémies d'un virus. On comprend ainsi pourquoi des hivers très rigoureux, en détruisant des plantes adventices, réservoirs de virus ou de vecteurs, peuvent contribuer à réduire l'importance des attaques virales la saison suivante.

Beaucoup plus rarement, le vecteur lui-même peut permettre à un virus de se conserver d'une saison à l'autre : c'est le cas de certains virus transmis par champignons ou nématodes.

Comment lutter contre les virus?

Les maladies à virus sont actuellement incurables, c'est à dire qu'on ne peut pas envisager de 'traiter' au champ une plante atteinte par un virus pour la guérir. De ce fait, les seuls moyens de lutte dont on dispose sont préventifs : utiliser du matériel végétal sain et chercher à éviter qu'une plante ne soit contaminée par un virus. L'effet d'une infection virale sur le rendement d'une plante est généralement d'autant plus grave que l'infection a été précoce. Toute pratique culturale permettant de retarder le développement des épidémies virales,

pourra avoir un effet positif sur le rendement, même si les taux de contaminations, en fin de culture, sont les mêmes.

Les stratégies de lutte contre les virus comportent 3 composantes principales : (1) utiliser du matériel sain, (2) retarder les épidémies virales en réduisant les sources de virus et l'efficacité des vecteurs et (3) rendre les plantes résistantes aux virus.

(1) Utiliser du matériel végétal sain. La première précaution consiste à utiliser des plants et semences garanties sans virus. Ceci est particulièrement important dans le cas des plantes à multiplication végétative comme les petits fruits, les arbres fruitiers, la pomme de terre et de nombreuses espèces florales. Lorsque cela est possible, il faut se procurer du matériel testé garanti 'sans virus'. Des méthodes de laboratoire existent pour 'régénérer' des variétés infectées par des virus : elles associent la thérapie thermique (un traitement à la chaleur qui déstabilise les virus) et la culture de méristème qui permet, à partir de ces petits massifs cellulaires indemnes de virus, de régénérer des plantes saines.

Pour les plantes où il n'y a pas de transmission par les semences, les contaminations virales peuvent intervenir très tôt, dès la pépinière. Si cela se produit, le virus sera introduit dans la culture à la plantation. Une protection soignée des pépinières s'impose donc; elle peut être réalisée en utilisant des substrats stériles, des outils désinfectés et en élevant les plants dans des abris bien entretenus sous un grillage ou un film 'insect-proof'.

(2) Retarder les épidémies virales en réduisant les sources de virus et l'efficacité des vecteurs. Un désherbage soigné des abords des parcelles (haies, talus, canaux d'arrosage) doit être réalisé avant la plantation, pour éliminer les sources de virus et/ou de vecteurs à proximité de la culture. Il faut aussi éviter d'installer une jeune plantation à côté d'une culture âgée. Celle-ci risque d'être une source abondante de virus ou de vecteurs et conduire à des contaminations précoces dont les conséquences seront graves sur les rendements.

Des pratiques culturales très variées peuvent réduire les populations de vecteur et/ou la fréquence des contacts vecteur/virus/plante. La désinfection des sols, lorsqu'elle est économiquement et techniquement possible, peut limiter les attaques de virus transmis par les champignons du sol ou par les nématodes. Le greffage sur des porte-greffes résistants peut aussi être efficace contre ce type de virus. Les paillages plastiques ont un effet répulsif très marqué sur les pucerons, et permettent de retarder de façon significative le développement des épidémies de virus transmis par ces vecteurs. On peut aussi utiliser des barrières physiques contre les vecteurs aériens en installant des films agrotextiles ou non tissés sur les cultures. Malheureusement cette protection ne peut pas être utilisée efficacement pour les espèces à pollinisation entomophile, comme les cucurbitacées. Lorsqu'il y a transmission mécanique des virus au cours des opérations culturales (taillages, ébourgeonnage, récoltes), il faut désinfecter fréquemment les outils de taille ou de récolte.

Les traitements insecticides n'ont généralement pas d'effet direct sur la transmission par les pucerons des virus 'non-persistant', car les piqûres d'inoculation sont très brèves (quelques secondes) et pas suffisamment longues pour que l'insecticide fasse son effet. Par contre, on observe une certaine efficacité des traitements insecticides lorsque la transmission par insecte est de type persistant (acquisition et transmission au cours de piqûres longues), ou lorsque la transmission n'est pas très efficace.

(3) Rendre la plante résistante. On dispose aujourd'hui de trois moyens permettant de rendre les plantes résistantes à une infection virale.

La prémunition ou protection croisée est l'exploitation d'une propriété particulière aux virus de plantes : lorsqu'une plante est infectée par un virus, elle ne peut pas être infectée par une autre souche du même virus. La prémunition consiste alors à inoculer aux jeunes

plantules une souche 'faible' qui provoquera peu de symptômes et pas d'effet sur le rendement. Dès que la souche 'faible' sera installée, la plante sera protégée contre les souches sévères du même virus. La prémunition a été utilisée avec succès pour lutter contre quelques virus comme le ToMV chez la tomate, le PRSV chez le papayer ou le virus de la mosaïque jaune de la courgette (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV) chez la courgette ou le melon. Malheureusement on ne dispose de souches 'faibles' utilisables pour la prémunition que chez très peu de virus, et cette technique ne peut pas être généralisée.

La méthode de lutte la plus simple à mettre en œuvre par l'agriculteur reste l'utilisation, lorsqu'elles existent, de variétés résistantes aux virus.

La création de variétés résistantes aux virus par la génétique classique est un processus très long: il s'écoule souvent plus de 10 ans entre le moment où l'on découvre une résistance à un virus dans les 'banques de gènes' (qui sont des collections botaniques de variétés de l'espèce considérée provenant du monde entier) et le moment où cette résistance sera intégrée dans une variété d'intérêt commercial. Par ailleurs, cette approche est, comme la prémunition, très spécifique à un virus donné: une variété résistante à un virus restera sensible à un second virus et il faudra donc à terme, créer des variétés possédant des résistances à plusieurs virus à la fois. Il existe une grande diversité de mécanismes de résistance aux virus qui vont de l'immunité (le virus ne se multiplie pas du tout dans les cellules de la plante résistante) à la tolérance (il y a multiplication virale, la plante est infectée mais n'exprime pas ou peu de symptômes). Malheureusement, il n'existe pas de variétés résistantes à tous les virus graves pour chacune des principales espèces cultivées. Par ailleurs, les virus peuvent évoluer et 'contourner' les résistances. Il suffit parfois d'une seule mutation pour qu'un virus devienne capable d'infecter une plante résistante, réduisant à néant les efforts des sélectionneurs!

Il existe aujourd'hui un moyen plus rapide pour obtenir des plantes résistantes aux virus grâce au génie génétique. Les biotechnologies permettent de créer des plantes transgéniques qui possèdent des petits fragments du génome d'un virus. Ces organismes génétiquement modifiés (OGM) peuvent présenter de très hauts niveaux de résistance aux virus. Ainsi sont cultivés aux USA, des papayers transgéniques résistants au PRSV et des courges résistantes aux ZYMV, CMV et au virus de la mosaïque de la pastèque (*Watermelon mosaic virus*, WMV). Toutefois, l'utilisation de ces OGM dépend de la législation de chaque pays et surtout de l'acceptation de telles cultures par les consommateurs! Quoiqu'il en soit, ces techniques permettent d'obtenir des plantes résistantes à de très nombreux virus pour lesquels la génétique classique n'a pas encore apporté de solutions...

Un objectif : la lutte raisonnée

En conclusion, une lutte efficace contre les virus exige une parfaite connaissance de leur biologie. Cette lutte doit être raisonnée, en déterminant les 'points faibles' du cycle biologique viral, là où l'agriculteur pourra agir, par des interventions culturales ou des choix variétaux judicieux, pour empêcher ou ralentir les épidémies virales.

La décision d'utiliser telle ou telle méthode de lutte sera prise par l'agriculteur en fonction de critères économiques. Toutefois il restera toujours une part de spéculation dans cette décision, car on ne sait pas encore prévoir, d'une année sur l'autre, l'intensité des épidémies virales qui affecteront une région ou une culture particulière.