

FICHE PRATIQUE

Tassement : diagnostiquer l'état structural du sol

Bien connaître la structure de sol de ses parcelles est primordial. Cela permet d'identifier les éventuelles discontinuités qui seraient limitantes pour la bonne implantation d'une culture. Cela a pu être observé durant l'année 2018 où les conditions très sèches ont mis en évidence un mauvais enracinement.

microbiologie voire le salissement (repousses de chardons plus présentes en sols tassés par exemple). Dans le cadre du projet Sol-D'phy, portant sur la gestion durable de la fertilité physique des sols cultivés, quatre guides méthodologiques ont été créés afin d'aider au diagnostic de la structure de sol d'une parcelle : trois d'entre eux portent sur les méthodes simplifiées de diagnostics et un guide sur la complémentarité de ces méthodes.

Complémentarité des méthodes

Il existe 3 méthodes de diagnostic simplifiées de la structure de sol : la tige pénétrométrique, la méthode bêche et le mini-profil 3D. Ce sont des

Le mini-profil permet d'observer les différents horizons du sol.



alternatives à la méthode classique du profil cultural, plus ancienne, plus lourde à mettre en place et qui nécessite un apprentissage méthodologique. Le tableau ci-dessous détaille les caractéristiques de chaque méthode et les avantages et inconvénients de chacune.

Le plus simple à utiliser est le test avec une tige pénétrométrique. C'est une tige rigide, qui permet de détecter simplement et rapidement les problèmes de tassement en surface et en profondeur. Si un tassement est détecté en surface (dans les 25 premiers centimètres),

Dans quels cas observer une structure de sol ?

Il est toujours utile d'avoir une bonne connaissance de la structure de sol d'une parcelle. C'est nécessaire pour décider d'un travail du sol. Cela permet de définir la profondeur de travail adéquate qui permettra de corriger les éventuels défauts de structures. Ainsi, la structure de sol ne sera pas limitante pour la culture suivante et son bon développement. Observer la fertilité physique d'un sol permet aussi d'expliquer a posteriori des accidents culturaux (hydromorphie, réduction de croissance, perte de rendement). Ces tassements ont une incidence plus large que sur la simple culture en place, ils impactent également le fonctionnement du sol, la macro faune, la

« Observer sa structure de sol est utile pour raisonner un travail du sol (outil, profondeur) »

Comparaison des méthodes de diagnostic

	Méthodes de diagnostic simplifiées			Profil cultural
	Tige pénétrométrique	Méthode bêche	Mini-profil 3D	
Profondeur diagnostiquée	80 cm	25 cm	60 cm	120 cm
Période d'observation	Période restreinte, de décembre à début avril	Dès que l'humidité du sol permet d'enfoncer une bêche	Toute l'année, périodes privilégiées: automne et sortie hiver	Toute l'année, périodes privilégiées: automne et sortie hiver
Matériel nécessaire	Tige métallique	Bêche	Télescopique ou chargeur frontal	Pelle mécanique
Informations obtenues	Détection des problèmes de tassements en surfaces et en profondeur	Diagnostic de la structure sur les 25 premiers centimètres du sol	Diagnostic approfondi de la structure du sol en surface et en profondeur	Diagnostic approfondi de la structure du sol en surface et en profondeur
Facilité de mise en œuvre et interprétation	Très facile après une courte formation	Prise en main rapide après une courte formation	Demande de la pratique après une courte formation	Nécessite une expertise approfondie après une formation poussée
Rapidité de mise en œuvre	15 min/parcelle	30 - 45 min pour 6 prélèvements/ parcelle	20 min pour 2 mini-profil/parcelle	2-3h/profil
Surface de la parcelle exploitée	Toute la parcelle via des transects (diagonales dans des grandes zones intra parcelaires)	Zone limitée dans la parcelle	Zone restreinte du fait du faible nombre de prélèvements possibles	Zone restreinte (3m de large)

● Vert : + ● Orange : +/- ● Rouge : - (Source : Sol-D'phy)

utiliser la méthode bêche pour diagnostiquer ce tassement. En revanche, si ce tassement est plus profond (de 25 à 60 cm), réaliser un mini profil 3D permettra d'observer les tassements plus profonds.

Tige pénétrométrique

La résistance à la pénétration est une propriété physique du sol qui dépend de trois principaux paramètres :

- Son état d'humidité : la résistance est plus importante en sol sec ;
- Sa texture : à état hydrique comparable, un sol argileux est plus résistant qu'un sol limoneux ou sableux ;
- Sa compacité : plus la résistance à la pénétration est élevée, plus le sol est compact et plus le passage des racines sera affecté. Pour pouvoir interpréter une variation de résistance à la pénétration comme une différence d'état de compacité du sol, il faut avoir connaissance a priori des changements de texture en profondeur et s'assurer que l'humidité du sol est homogène sur toute la profondeur analysée. La condition idéale est un sol réhumecté sur toute la profondeur analysée. La période propice est donc de la sortie hiver jusqu'à la mi-avril.

Cette méthode permet d'identifier les différents paliers de résistance caractérisés par leur intensité (résistance à la pénétration) et leur profondeur (grâce aux graduations de la tige).

Cette méthode doit être complétée d'un test bêche

CHIFFRE CLÉ

60 cm

La profondeur de l'horizon observé grâce à la méthode du mini-profil 3D.

1 La tige pénétrométrique sonde rapidement le sol jusqu'à 80 cm.

2 Le test bêche permet d'observer les 25 premiers centimètres du sol.

ou d'un mini profil, car elle ne permet pas d'apprécier l'activité biologique dans le sol (colonisation par les racines et présence de galeries de vers de terre) et la fissuration sous l'action du climat (mottes tassées fissurées) qui sont primordiales dans la régénération des tassements. En effet, si une zone tassée est colonisée par des racines et des galeries de vers de terre, une action mécanique ne sera pas nécessaire.

Test bêche

Le test bêche consiste à prélever un bloc de sol à l'aide d'une bêche afin d'établir un diagnostic rapide de l'état physique et biologique du sol. Les différents horizons sont ensuite observés pour évaluer la qualité de la structure (de "très compact" à "friable") dans chaque horizon. Ce diagnostic permet de raisonner le travail du sol en surface et d'évaluer le tassement sur les premiers centimètres de sol. Le test bêche est complémentaire du test par pénétrométrie car il évalue l'activité biologique (bioturbation et enracinement) présente dans le bloc. Il existe deux types de traces de bioturbation des vers de terre : les déjections fraîches et les macros pores (qui correspondent aux galeries de lombriciens anéciques et endogées). Cette activité est à classer dans une des quatre catégories allant de "pas de bioturbation" à "régénération très développée". Ce choix est facilité grâce aux illustrations du guide dédiées à ce test.

Mini-profil 3D

La méthode du mini-profil 3D consiste à prélever un bloc de sol avec les palettes d'un chargeur télescopique ou d'un tracteur équipé d'un chargeur frontal, afin d'observer les horizons de travail du sol, sa structure, l'enracinement, les traces d'activité biologique, et d'établir ainsi par observation un diagnostic de l'état structural du sol en un temps réduit. Elle permet également une meilleure observation de la structure et de l'enracinement au regard de la méthode bêche, en particulier dans les horizons profonds. La méthode de prélèvement a été pensée par un agriculteur qui souhaitait observer l'état de son sol à partir d'un profil, grâce à un procédé peu destructeur, simple, rapide et permettant une observation à hauteur des yeux. La période privilégiée d'observation est lors de l'interculture, à l'automne pour prise de décision sur le travail du sol. Les autres périodes possibles d'observations sont après un chantier dégradant (avec un délai de quelques jours) pour observer les conséquences des passages des machines ou au printemps pour observer l'enracinement des cultures. Cette méthode permet de visualiser les différents horizons sur une profondeur conséquente, d'observer les transitions entre chaque horizon et de noter l'apparence des blocs et l'évolution de la structure. Cette méthode permet d'observer d'anciens tassements en régénérations, par l'activité biologique du sol ou encore grâce à l'action du climat. Si une culture est en place on peut alors voir comment l'horizon est colonisé par les racines.



Retrouvez ces trois guides méthodologiques ainsi que le guide sur la complémentarité des méthodes de diagnostic pour une plus grande précision lors de votre diagnostic, en suivant le lien suivant : <http://www.itbfr.org/sol-dphy/>

BILAN DES CONDITIONS DE RÉCOLTE 2018

L'année 2018 a été marquée dès le printemps par une sécheresse historique dans les régions betteravières. Cela a provoqué, outre une baisse du rendement, la présence de feuilles desséchées entre les rangs de betteraves, celles-ci étant difficiles à évacuer car très nombreuses et fibreuses. Elles ont été très présentes dans les silos ce qui a posé problème, notamment dans les zones où les betteraves sont chargées sans déterrage. Le temps sec s'est prolongé durant l'automne ce qui a compliqué les opérations d'arrachage à cause du sol dur, les bâtis d'arrachage n'étant pas toujours capables de travailler à une profondeur suffisante pour préserver les pointes de la casse. Ce temps sec et doux à la récolte a en revanche facilité le nettoyage des betteraves et l'intensité de nettoyage a pu être diminuée pour éviter les chocs sur les racines. Inversement, la dégradation de la qualité de récolte a pu être causée par une augmentation de la vitesse d'avancement, ce qui a dégradé la qualité d'effeuillage et provoqué des casses de pointes supplémentaires.

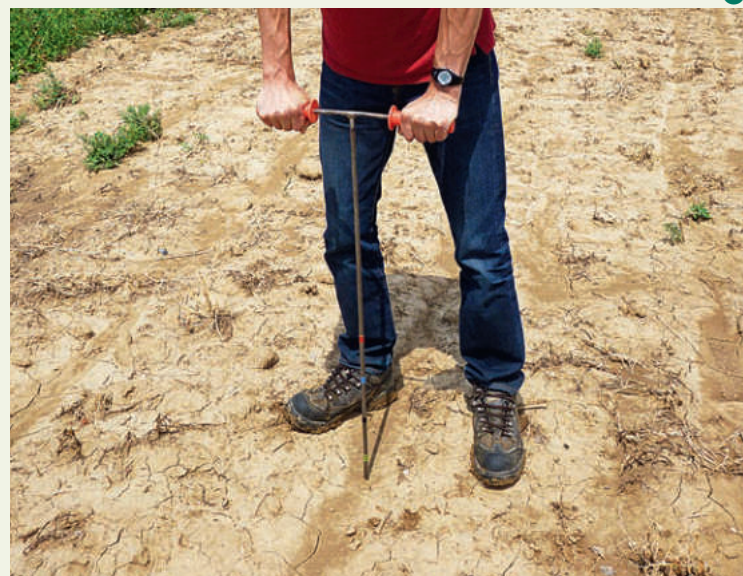
En 2018, le risque de tasser les sols dans les horizons profonds a été faible car l'assèchement en profondeur durant la période estivale n'a pas été compensé par des précipitations à l'automne et tout au long de la campagne de récolte.

« L'augmentation de la vitesse d'avancement dégrade la qualité d'effeuillage et provoque des casses superflues »

CE QU'IL FAUT RETENIR



- **Connaître la structure de sol de ses parcelles** est primordial pour raisonner un travail du sol, expliquer un accident cultural ou encore faire un bilan de ses pratiques agronomiques ;
- **Les trois méthodes de test simplifiées sont complémentaires** ;
- **La tige pénétrométrique** permet d'avoir une vision verticale sur 80 cm des tassements de son sol ;
- **Le test bêche** permet d'évaluer la structure et l'activité biologique sur les 25 premiers centimètres de sol ;
- **Le mini profil 3D** permet d'avoir une vision transversale et longitudinale des discontinuités du sol et de la régénération des tassements anciens.



EXPERTISE

Comprendre les épidémies de jaunisse

Avec l'interdiction totale des néonicotinoïdes en France, et en l'absence de variétés résistantes à la jaunisse, le risque épidémique redevient élevé en 2019.

Cet article propose donc de faire le point sur la biologie et l'épidémiologie de la jaunisse. Un prochain numéro au mois de mars présentera le réseau de surveillance des pucerons vecteurs, remis en route par la filière, et les méthodes de lutte conseillées pour 2019.

La jaunisse, une maladie virale transmise par pucerons

La jaunisse est une maladie virale, qui regroupe en réalité plusieurs virus de différentes espèces (voir encadré page suivante). Ces virus sont disséminés

dans les parcelles par des pucerons vecteurs, et en premier lieu le puceron vert du pêcher *Myzus persicae*. La jaunisse peut engendrer des dégâts importants si elle n'est pas maîtrisée, en particulier dans les zones de production au climat océanique.

Historiquement, des épidémies d'intensité variable

Avant l'arrivée des néonicotinoïdes au début des années 90, la jaunisse faisait partie des bioagresseurs les plus surveillés, car potentiellement un des plus dommageables pour le rendement. En effet, en cas de forte épidémie, elle était très difficile à contrôler, même avec les nombreux insecticides (microgranulés au semis et relais en végétation) utilisés alors. Cependant, le risque épidémique n'était pas le même chaque année : à des périodes très calmes (1982-1986) ont succédé de fortes épidémies (1987-1989). Le déterminant principal de cette variation étant le climat hivernal : un hiver

CHIFFRE CLÉ

92%

Le taux de prévalence du BChV, espèce virale causant la jaunisse modérée, majoritaire en France.

rigoureux limitant la multiplication des pucerons et la disponibilité en plantes hôtes réservoirs à virus (voir page 22).

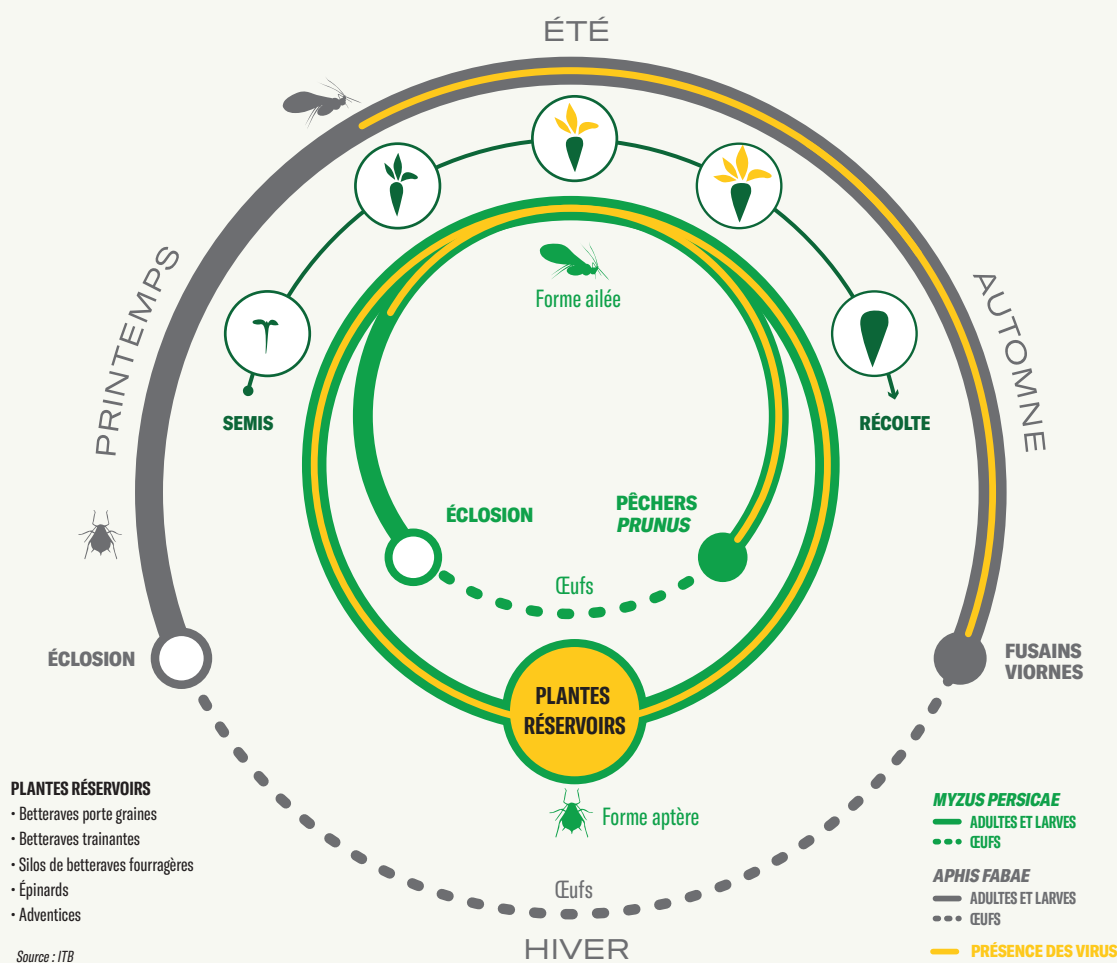
La dynamique épidémique dans une parcelle

Pendant l'hiver, les pucerons verts sont en effet capables de survivre sous forme aptère sur de nombreux hôtes secondaires qui peuvent aussi être des réservoirs à virus. Au printemps, les ailés colonisent les parcelles de betteraves et inoculent le virus en différents endroits qui constituent des foyers primaires d'infection. Ces foyers peuvent alors servir de source de virus pour les pucerons non encore virulifères : descendance des pucerons verts infectieux, ainsi que pucerons verts et noirs ailés qui ont passé l'hiver sous forme d'œufs sur leurs hôtes primaires indemnes de virus. Ces individus vont alors disséminer rapidement la maladie dans la parcelle au printemps et en été (voir schéma ci-dessous).

PRÉVALENCE DE LA JAUNISSE EN FRANCE

Afin de lutter contre la jaunisse, il est très important de connaître la prévalence de chaque espèce virale en France. C'est pourquoi nous avons commencé à diagnostiquer la présence de ces virus sur quelques sites où nous avons observé des symptômes de jaunisse ces deux dernières années, dans le Nord Pas-de-Calais, en Normandie et en Champagne. Il s'agissait soit de parcelles en semences standards sans traitements de semences (TS), suivies dans le cadre de l'épidémiologie-surveillance, soit de symptômes tardifs apparus sur des parcelles en TS arrivées en fin de rémanence des néonicotinoïdes. Les résultats préliminaires sont présentés dans le tableau ci-dessous. Bien que l'échantillonnage soit faible, il ressort comme première tendance que les 2 espèces majoritaires sont le BChV (prévalence de 92 %) et le BMYV (prévalence de 54 %), qui sont responsables de la jaunisse modérée. Ces virus sont d'ailleurs souvent observés sur un même site. Rappelons ici que la co-infection d'une même plante par plusieurs virus est un phénomène courant, qui rend le diagnostic visuel nécessairement imprécis. Le virus de la jaunisse grave (BYV) a été plus rarement observé (prévalence de 15 %), seulement sur 1 site en Champagne et 1 site en Normandie en 2018. Enfin, le BWYV, virus proche du TuYV (virus de la jaunisse du navet très fréquent sur colza), est quant à lui totalement absent d'après nos premières analyses.

Cycle épidémiologique de la jaunisse



Les virus de la jaunisse sont conservés pendant l'hiver dans des plantes réservoirs sur lesquelles les pucerons verts peuvent survivre sous forme aptère. Au printemps, les ailés vont coloniser les parcelles de betterave et leur transmettre la jaunisse. Les pucerons noirs, qui, comme certains pucerons verts, passent l'hiver sous forme d'œufs sur leurs hôtes primaires indemnes de virus, colonisent les parcelles en début d'été, acquièrent les virus sur les betteraves infectées, et les disséminent dans les parcelles. Les symptômes de jaunisse apparaissent au cours de l'été, plusieurs semaines après la contamination.

Prévalence virale

	Virus de la jaunisse modérée			Virus de la jaunisse grave BYV
	BChV	BMYV	BWYV	
2017	6/6	2/6	0/6	0/6
2018	6/7	5/7	0/7	2/7
Prévalence	92%	54%	0%	15%

Nombre de sites où chaque espèce virale a été diagnostiquée (analyse moléculaire) en 2017 et 2018. Le taux de prévalence est indiqué dans la dernière ligne : le BChV est très majoritaire, suivi par le BMYV. Le BYV est rarement présent et le BWYV jamais détecté. Ces résultats devront être confirmés par échantillonnage plus important dès 2019.

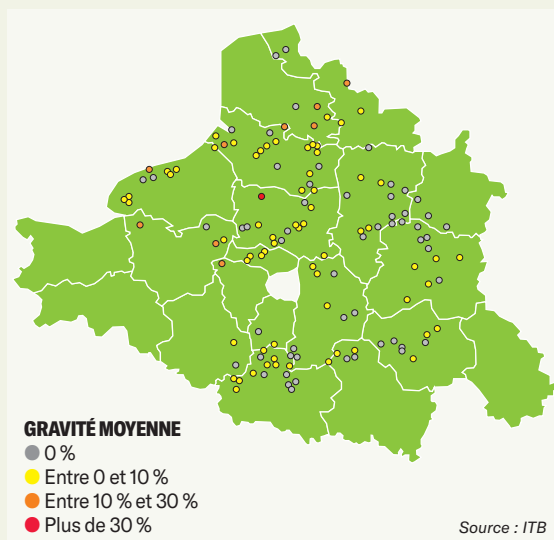
Les déterminants de la transmission virale

Le climat

Le climat a un impact sur différents paramètres à l'origine des épidémies de jaunisse : la survie des aptères et des plantes hôtes réservoirs, les taux de reproduction et de développement des pucerons, la date et l'amplitude d'émigration des pucerons virulifères et le degré de colonisation des parcelles cultivées. Le BBRO (*British Research Beet Organisation*) a développé un modèle de prédiction des épidémies qui prend comme principale variable climatique le nombre de jours de gelée au sol aux mois de janvier et février à la station expérimentale de Broom's Barn (Suffolk). Ce modèle est complété par plusieurs variables : la dynamique des populations de vecteurs, le stade de la plante et les méthodes de lutte employées (Qi et al, 2004). Un modèle adapté aux conditions françaises est en cours d'étude à l'ITB. Les données pluriannuelles de 2010 à 2018 de l'observatoire VIGIBET (suivi de parcelles de semences standards) montrent que les gravités de jaunisse les plus fortes se situent dans un arc maritime au Nord-Ouest de la France où les températures hivernales sont les plus douces (voir carte). Néanmoins, aucune région betteravière n'est épargnée par la présence de jaunisse.

La disponibilité en plantes hôtes réservoirs à virus

Dans les climats tempérés comme en France, *Myzus persicae* peut se reproduire de façon clonale sur ses hôtes secondaires (pas moins d'une cinquantaine de familles botaniques) et y passer l'hiver sous forme aptère. Parmi ces espèces, certaines sont également des réservoirs à jaunisse : épinards d'hiver, nombreuses adventices (mouron blanc, séneçon, capselles, véroniques, etc.), mais également betteraves porte-graine, silos de betteraves fourragères ou encore repousses de betteraves abandonnées à la récolte. Ce sont ces individus qui créeront les premiers foyers de jaunisse dans les parcelles au



Source : ITB

printemps. *Aphis fabae* hiverne quant à lui principalement sous formes d'œufs sur ses hôtes primaires (fusains et viornes) et son cycle biologique est plus tardif, ce qui fait que les individus colonisant les parcelles en été acquerront le virus sur les plantes infectées par *Myzus persicae*. Leur fort pouvoir de multiplication permettra de disséminer rapidement la maladie à l'ensemble de la parcelle (voir schéma page 21).

La capacité infectieuse des espèces de pucerons

Il existe une dizaine d'espèces de pucerons vectrices de la jaunisse mais toutes ne sont pas capables de transmettre les mêmes virus ni avec la même efficacité. Par exemple, des tests de transmission avaient été conduits dans les années 70 au centre de recherche agronomique de Gembloux en Belgique (Jadot, 1976) qui montraient que le pouvoir infectieux des formes ailées d'*Aphis fabae* était considérablement inférieur à celui de *Myzus persicae*, et pratiquement nul pour la jaunisse modérée. A l'inverse, d'autres publications insistent sur le fait que ce faible pouvoir infectieux individuel est contrebalancé par sa forte capacité de multiplication. Son rôle en tant que vecteur de la jaunisse modérée est donc à l'heure actuelle toujours discuté.

Les perspectives de recherche

Afin d'améliorer nos connaissances sur l'épidémiologie de la jaunisse, en parallèle de nos travaux sur les alternatives aux néonicotinoïdes (biocontrôle et résistance génétique), nous avons défini trois priorités de recherche : I) acquérir des données de diagnostic viral sur le territoire, au niveau des parcelles de betteraves mais également des espèces vectrices ; II) relancer le suivi des pucerons vecteurs à l'échelle nationale par la mise en place dès cette année d'un réseau de pièges jaunes ; III) adapter le modèle anglais de prédiction de l'incidence de la jaunisse aux conditions françaises.

HOMOLOGATION DU TEPPEKI

Le Tepeki, produit à base de flonicamide, a été homologué sur betterave le 21 décembre 2018 pour lutter contre les pucerons

vecteurs de jaunisses. Il est utilisable pour 1 application par an à partir du stade 6 feuilles vraies à la dose de 0,14 kg/ha.

CHIFFRE CLÉ

50

Le nombre de familles botaniques hôtes du puceron vert du pêcher *Myzus persicae*.

Pression jaunisse : Carte de gravité moyenne pluriannuelle par site. 4 classes de gravité (% surface touchée par site) ont été définies. La gravité moyenne dans le réseau est faible, de 3,5 %, pour une fréquence de sites atteints de 37 %, mais avec de fortes disparités régionales.

1 Symptôme de jaunisse modérée : la feuille prend une teinte jaune orangée, s'épaissit et devient cassante.

2 Puceron vert ailé - L'adulte mesure environ 2 mm et son abdomen est de couleur sombre.

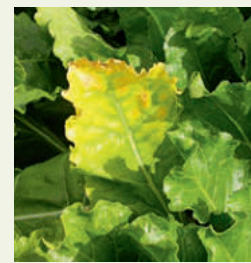
BIOLOGIE DE LA JAUNISSE

Les quatre espèces virales causant la jaunisse

Trois espèces virales appartiennent au genre des polérovirus et sont responsables des symptômes de jaunisse modérée : le virus de la jaunisse modérée (BMYV), le virus de la jaunisse occidentale (BWYV) et le virus de la chlorose de la betterave (BChV). Le virus de la jaunisse grave (BYV), responsable de la maladie du même nom, est une espèce plus éloignée qui appartient au genre des clostérovirus.

Deux modes de transmission viraux impliqués

Ces quatre espèces sont transmises par des pucerons vecteurs sur le mode non-propagatif, ce qui signifie



que le virus ne peut pas être transmis à la descendance des pucerons. Les polérovirus sont transmis sur le mode persistant, qui repose sur une phase d'acquisition virale de 48 à 72 heures lors de l'alimentation sur une plante infectieuse ; le puceron reste alors virulifère toute sa vie. Le BYV est quant à lui transmis sur le mode semi-persistant : la phase d'acquisition virale est de 24 heures mais le virus ne se conserve qu'environ 48 heures au niveau des pièces buccales de l'insecte.

BIOLOGIE DES PUCERONS VECTEURS



Le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*)

Aphis fabae est vecteur principalement de la jaunisse grave et dans une moindre mesure de la jaunisse modérée. Son pouvoir infectieux est bien plus faible que celui de *Myzus persicae* mais sa capacité de multiplication est beaucoup plus forte. Les femelles ailées colonisent les parcelles en début d'été et produisent des colonies d'aptères qui vont disséminer le virus.

Le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*)

Myzus persicae est le vecteur principal de la jaunisse car il est capable de transmettre efficacement les quatre espèces virales connues. Dans les climats tempérés comme en France, les adultes et les larves peuvent survivre en hiver sur leurs hôtes secondaires. Les parcelles sont colonisées par les ailés en avril-mai, qui créent les premiers foyers d'infection.

Pour plus de détails, voir la fiche bioagresseur sur le site de l'ITB : <http://www.itbfr.org/fiches-bioagresseurs/>

CE QU'IL FAUT RETENIR

- La jaunisse est causée par 4 espèces virales. La jaunisse modérée est majoritaire en France alors que la jaunisse grave est moins fréquente.
- Le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) et le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) sont les principaux vecteurs de la jaunisse, bien qu'il existe une dizaine d'espèces vectrices.
- Le climat hivernal, la disponibilité en plantes hôtes réservoirs à virus et la capacité infectieuse des espèces de pucerons sont les principaux déterminants des épidémies de jaunisse.
- La mise en service d'un réseau de surveillance des pucerons ainsi que la recherche sur le diagnostic viral et la modélisation des épidémies de jaunisse sont les priorités de l'ITB en 2019.