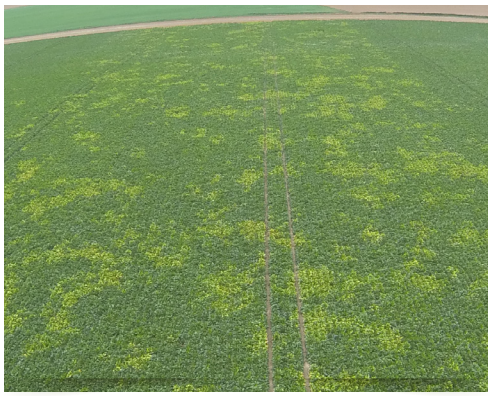
Fiche technique
Septembre 2020

Gestion intégrée des ravageurs

Les jaunisses virales et leurs pucerons vecteurs

ITB Institut Technique de la Betterave

Les jaunisses sont des maladies virales transmises par des pucerons vecteurs. Les hivers doux qui précèdent la culture de betterave sont propices à la multiplication des pucerons et au maintien des réservoirs viraux. L'impact des jaunisses virales sur le rendement est variable selon le type de virus impliqué et la gravité de l'infection. Suite à l'interdiction des néonicotinoïdes en traitements de semences en 2018, les betteraves ne bénéficient plus d'une protection systémique face à la transmission virale. Une connaissance approfondie de la biologie de ce pathosystème très particulier et des mécanismes épidémiologiques régissant la dissémination virale au champ sont donc indispensables afin de pouvoir apprécier le risque et lutter contre ces maladies.



Foyers de jaunisse sur parcelle standard (non traitée) à Vimy dans le Pas-de-Calais en 2017

Epidémiologie et prévalence des virus de la jaunisse

La jaunisse : un complexe de 4 virus

La jaunisse, telle qu'elle classiquement désignée dans le monde betteravier, est en réalité un complexe de quatre virus. Deux d'entre eux appartiennent au genre des polérovirus, ils sont génétiquement proches et responsables des symptômes de la jaunisse modérée : le *Beet mild yellowing virus* (BMYV) et le *Beet chlorosis virus* (BChV). Le *Beet yellows virus* (BYV), responsable des symptômes de la jaunisse grave, est une espèce plus éloignée qui appartient au genre des clostérovirus. Le virus de la mosaïque (BtMV), plus rare, appartient au genre des potyvirus. Ces virus sont exclusivement transmis par des pucerons vecteurs lorsqu'ils se nourrissent sur les feuilles de betterave, au premier rang duquel le puceron vert du pêcher *Myzus persicae*. La transmission est dite non-propagative car ces virus ne peuvent être transmis à la descendance des pucerons virulifères (porteurs du virus) [1]. Le BtMV est présent dans toutes les cellules de la plante alors que les trois autres virus se concentrent dans les cellules du phloème. Au champ, les premiers symptômes apparaissent en moyenne entre 2 et 4 semaines après inoculation. Le contrôle des pucerons doit donc s'effectuer bien avant l'apparition des symptômes.

Principales caractéristiques des 4 virus de la jaunisse

	BMYV	BChV	BYV	BtMV
Nom anglais	*Beet mild yellowing virus*	*Beet chlorosis virus*	*Beet yellows virus*	*Beet mosaic virus*
Nom français	Virus de la jaunisse modérée		Virus de la jaunisse grave	Virus de la mosaïque
Genre	Polérovirus		Clostérovirus	Potyvirus
Vecteurs principaux	*Myzus persicae*		*Myzus persicae, Aphis fabae*	*Mysus persicae*
Mode de transmission	Persistant		Semi-persistant	Non persistant

Le mode persistant (BMYV et BChV)

Le mode persistant repose sur une phase d'acquisition virale de 12 à 72 heures lors de l'alimentation sur une plante infectieuse. Ce délai est dû à la circulation des particules virales dans le corps du puceron : celles-ci doivent en effet passer dans la lumière du tube digestif, traverser la barrière épithéliale pour accéder à l'hémolymphe puis enfin migrer vers les cellules épithéliales des glandes salivaires du puceron. Les pucerons virulifères ne deviennent infectieux que lorsque les particules virales ont atteint la lumière des glandes salivaires. Les polérovirus de la betterave sont par ailleurs non-multipliants, c'est-à-dire qu'ils ne se reproduisent pas dans le corps du puceron, qui est un simple vecteur.

Il est à noter que les polérovirus n'infectent que les vaisseaux du phloème au sein des feuilles, que le puceron doit donc atteindre pour acquérir le virus. C'est aussi pour cette raison que la transmission mécanique de plante à plante est pratiquement impossible même en cas de blessure. La persistance correspond au fait que les pucerons demeurent infectieux jusqu'à épuisement du stock de particules virales, après plusieurs jours voire plusieurs semaines, soit généralement durant toute leur vie [1].

Le mode semi-persistant (BYV) ou non persistant (BtMV)

Le mode semi-persistant repose sur une phase d'acquisition virale beaucoup plus rapide, de quelques minutes à quelques heures. En revanche, le virus ne se conserve qu'au plus 48h au niveau des pièces buccales de l'insecte, les taux de transmission étant déjà pratiquement nuls après 24h [2]. Il peut être retransmis dès l'acquisition mais il est en revanche perdu avec la mue du puceron.

Prévalence en France

De 1999 à 2002, l'ITB a réalisé des analyses virales. Le virus majoritaire était le virus de la jaunisse modérée BMYV, avec moins de 25 % de co-infections selon les années.

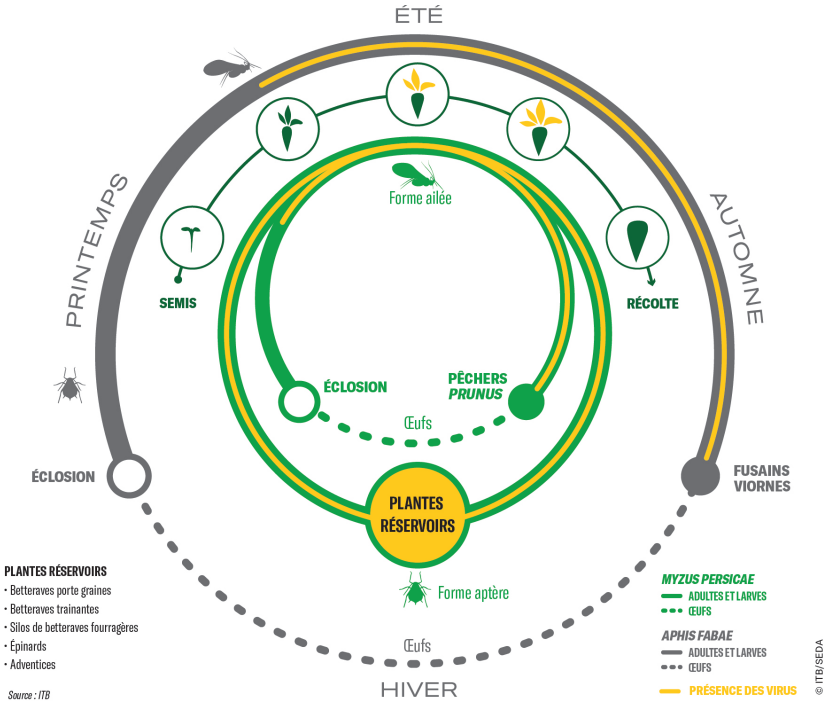
En 2019, les analyses virales réalisées dans le cadre du projet Casdar ExTraPol, en collaboration avec l'INRAE de Colmar et le GEVES, ont montré une très forte prévalence des polérovirus (93 %) en France dont 72 % de BChV, contre seulement 7 % de BYV et une faible proportion de co-infections (4 %).

En 2020, la situation est très différence avec une très forte prévalence du BYV (> 90 %, résultats en cours), la présence de mosaïque BtMV qui n'avait pas été détectée en 2019 et de très nombreuses co-infections.

Cycles biologiques et identification des pucerons vecteurs

Modes de reproduction

Les pucerons sont des insectes de la famille des Aphididae. En Europe, il en existe environ 900 espèces dont quelques dizaines sont des ravageurs des cultures. Ils passent l'essentiel de l'année sous un mode de reproduction asexué. Les larves deviennent adultes en moins de 15 jours entre 15 et 20°C ce qui fait qu'une quinzaine de générations se succèdent entre le printemps et l'automne. Ce type de reproduction s'effectue sur les hôtes secondaires des pucerons, principalement des plantes herbacées dont les fabacées et les chénopodiacées. A l'automne, la baisse de la photopériode induit un second mode de reproduction sexué sur leurs hôtes primaires qui permet un brassage génétique au sein de l'espèce. Ce cycle complet avec alternance d'une phase sexuée et asexuée est dit holocyclie. Cependant, la douceur hivernale a favorisé l'absence de phase sexuée, on parle alors d'anholocyclie. Les espèces de pucerons qui alternent leur cycle entre hôtes primaires et secondaires sont dites dioeciques. *Myzus persicae* et *Aphis fabae* sont des espèces holocycliques dioeciques mais qui peuvent être anholocycliques dans les régions à climat doux[3]. Il existe 4 stades larvaires successifs complétés en 8 à 10 jours avant la mue imaginale qui produira l'adulte. Un adulte est capable de vivre de 10 à 120 jours et donne naissance en moyenne à 40 à 60 larves au cours de sa vie.



Cycle épidémiologique simplifié de la jaunisse

Le puceron vert du pêcher : *Myzus persicae*

--> Morphologie

Les adultes mesurent entre 1,2 et 2,5 mm. Les aptères sont vert clair à vert jaunâtre avec, au sein de la colonie, des individus rosés qui sont les futurs ailés (nymphes). Les ailés sont vert clair avec une plaque sombre sur l'abdomen échancrée latéralement et perforée [3].

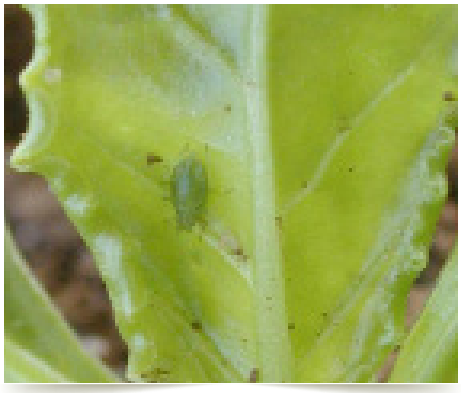
--> Cycle biologique

Les œufs d'hiver sont pondus en automne à l'aisselle des écailles de bourgeons de pêchers ou de cerisiers à grappes. Dans les climats tempérés comme en France, les adultes et les larves peuvent survivre en hiver sur leurs hôtes secondaires : crucifères, épinards d'hivers, diverses adventices, ainsi que dans les silos de betteraves fourragères et sucrières, sur les betteraves potagères conservées avec leurs repousses, ou sur des repousses de betteraves abandonnées à la récolte. Ils colonisent la face inférieure des feuilles en produisant de manière clonale plusieurs générations successives d'individus aptères au printemps puis ailés en été lors de la dissémination entre parcelles. Les individus sexués ailés n'apparaissent qu'à l'automne lors des vols de rémigration vers les hôtes primaires [4].

--> Nuisibilité

Nuisibilité directe : *Myzus persicae* n'occasionne que très rarement des dégâts directs sur betterave.

Capacités de transmission virale : selon différentes études conduites en laboratoire, *Myzus persicae* est le vecteur le plus efficace des trois virus de la jaunisse avec des taux de transmission compris entre 28 et 100 % pour les polérovirus (BMYV et BChV) et entre 51 et 73% pour le BYV [2,5–7]. De plus, au niveau épidémiologique, les pucerons verts ailés seraient les principaux responsables de la dissémination virale au champ car ils sont beaucoup plus mobiles que les ailés noirs, sédentaires, et dont la contribution serait en réalité négligeable [8].



Aptère vert

Ailé vert

Le puceron noir de la fève : *Aphis fabae*

--> Morphologie

Les adultes mesurent entre 1,5 et 2,6mm. Les aptères sont trapus, de couleur noir mat à verdâtre avec au sein des colonies, des individus ayant des bandes cireuses blanches sur l'abdomen (nymphes). Les ailés sont de couleur sombre avec de courtes antennes [3].

--> Cycle biologique

Les œufs d'hiver sont pondus à l'aisselle des écailles de bourgeons du fusain d'Europe ou de la viorne obier. Les femelles fondatrices issues des œufs d'hiver produisent une génération de femelles aptères qui produisent une génération de femelles ailées, le tout de manière asexuée. Les femelles fondatrices colonisent les parcelles contenant leurs hôtes secondaires et produisent des colonies d'aptères sur la face inférieure des feuilles. Une nouvelle génération d'individus sexués apparaît à l'automne et retourne sur les hôtes primaires afin d'y pondre les œufs qui passeront l'hiver [4].

Colonie d'aptères noirs

Ailé noir

--> Nuisibilité

Nuisibilité directe : les colonies de puceron noir peuvent occasionner des dégâts directs en s'alimentant sur les feuilles de betterave (perte de vigueur des plantes). Ces pucerons produisent également du miellat à l'origine du développement de la fumagine, c'est-à-dire de moisissures noires sur la face inférieure des feuilles. Deux essais conduits par l'ITB et Tereos en 2019 ont montré que même en cas de fortes infestations par des colonies d'aptères noirs, il n'y avait pas d'impact sur le rendement en l'absence de jaunisse.

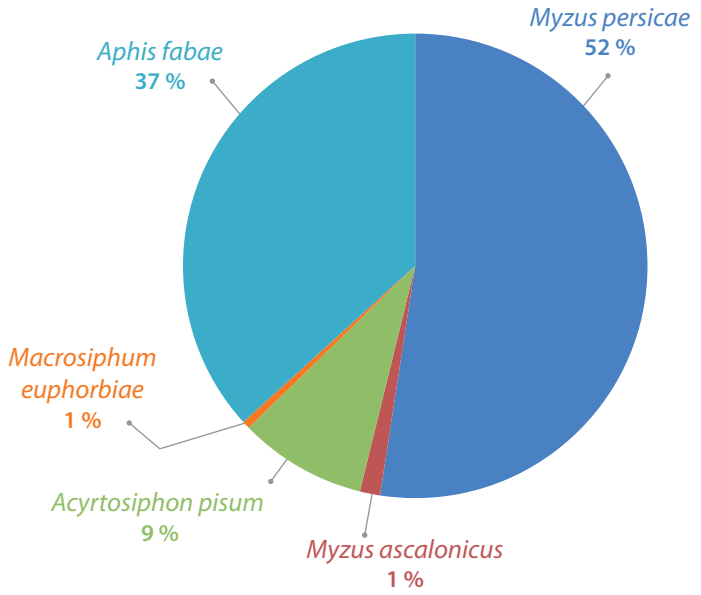
Capacités de transmission virale : selon les mêmes études précédemment citées, les capacités de transmission d'*Aphis fabae* vis-à-vis des virus de la jaunisse modérée (BMYV et BChV) sont pratiquement nulles, quels que soient les isolats viraux et clones de pucerons testés [5–7]. En revanche, *Aphis fabae* est un vecteur secondaire du virus de la jaunisse grave, avec des taux de transmission compris entre 28 et 40 %, tout de même inférieurs à ceux de *Myzus persicae* [2].

Caractéristiques des deux principaux pucerons vecteurs de jaunisses virales sur betterave.
D'après "Les pucerons des grandes cultures", ACTA/INRA, 2011 9.

	Myzus persicae	*Aphis fabae*
Nom vernaculaire	Puceron vert du pêcher	Puceron noir de la fève
Virus véhiculés	BMYV, BChV, BYV et BtMV	BYV (vecteur secondaire)
Reproduction	Reproduction clonale sur hôtes secondaires et reproduction sexuée sur hôtes primaires	
Hôtes primaires	Pêcher et divers *Prunus*	Fusain d'Europe, viorne d'obier, seringat
Hôtes secondaires	Fabacées, chénopodiacées, astéracées, brassicacées, solanacées	
Plantes cultivées colonisées	Betterave, pomme de terre, colza, pois protéagineux	Betterave, pomme de terre, féverole
Distribution en France	Majoritairement dans le nord-est où l'on trouve d'importantes surfaces de pommes de terre et de betteraves sur lesquelles les populations clonales peuvent se maintenir. Également dans le sud où l'on trouve des vergers de pêchers, hôtes primaires des populations sexuées.	Dans le Nord et en Champagne-Ardenne majoritairement où ses hôtes primaires et secondaires sont présents.

Autres espèces vectrices

Il existe d'autres espèces de pucerons vecteurs des virus de la jaunisse telles que *Macrosiphum euphorbiae, Acyrtosiphon pisum, Myzus ascalonicus* ou *Aulacorthum solani* pour n'en citer que quelques-unes mais celles-ci sont minoritaires et leurs capacités de transmission bien plus faibles que celles de *Myzus persicae* [6]. A titre d'exemple, voici la répartition globale des captures d'individus ailés de 5 espèces différentes dans un réseau de cuvettes jaunes relevées de manière hebdomadaire au printemps 2019.



Répartition des captures d'individus ailés (n = 8 067) dans un réseau de cuvettes jaunes - données ITB / SAS 2019

Identification des symptômes au champ

Symptômes parcellaires

La jaunisse se manifeste au champ par l'apparition à partir de fin juin de foyers (ou ronds) jaunes orangés bien distincts au sein d'une parcelle. En fin d'été ou à l'automne, si la parcelle est très infectée, les foyers peuvent se rejoindre et la maladie prendre un aspect plus diffus.

Foyers de jaunisse sur une parcelle en Normandie en 2019 (drone ITB)

Symptômes de la jaunisse modérée

Les symptômes débutent par un jaunissement diffus envahissant progressivement la feuille à partir de son sommet, mais laissant les nervures vertes. La feuille s'épaissit et prend une teinte orangée très caractéristique. Plus tardivement, lorsque la maladie est bien développée, des attaques du champignon *Alternaria tenuis* peuvent se produire, provoquant une nécrose s'étendant à partir des bords de la feuille [5].

Symptômes de la jaunisse grave

Les premiers symptômes sont l'apparition de minuscules points clairs sur le limbe, puis d'un éclaircissement des nervures secondaires (ou gravure des feuilles, qui a donné son nom à la maladie) et enfin le développement de taches jaune-citron [4]. A un stade plus avancé, ces taches virent au rouge-brun et peuvent se rejoindre de sorte que la teinte rougeâtre peut devenir dominante [5].

Symptôme foliaire de jaunisse modérée (à gauche) : les feuilles s'épaississent et prennent une teinte jaune orangée caractéristique, les nervures restant vertes. Symptômes foliaires de jaunisse grave (à droite), présentant de nombreuses taches rouges coalescentes. Crédit : ITB.

Il n'est pas aisé de faire la différence à l'œil nu entre les symptômes de jaunisse modérée et ceux de jaunisse grave, d'autant plus qu'une même plante peut potentiellement être co-infectée par plusieurs virus. Des analyses en laboratoires après prélèvement de feuilles permettent de déterminer les virus impliqués.

Symptômes de mosaïque

Chez une betterave infectée, les nervures des feuilles du coeur s'éclaircissent et tendent à devenir blanches.
Sur les feuilles plus âgées, on peut observer des marbrures d'un vert plus clair.

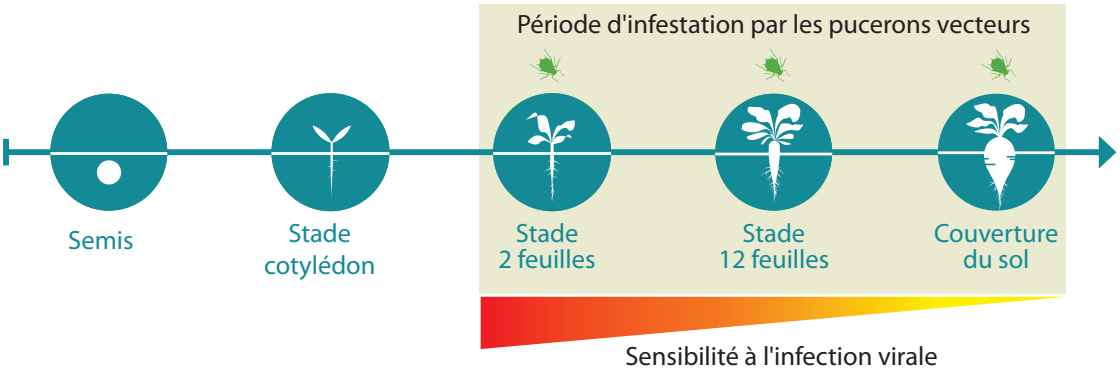
Ne pas confondre !

Le jaunissement des feuilles peut être également dû à certain nombre de facteurs dont une déficience physiologique (excès ou une carence en manganèse, carence en magnésium, carence en bore), un stress hydrique, une mauvaise structure du sol, l'attaque d'autres bioagresseurs, etc. Cependant, la spécificité des symptômes de jaunisse réside dans l'épaississement et la teinte jaune orangée prise par les feuilles atteintes, ainsi que dans l'apparition de foyers primaires irrégulièrement répartis au sein d'une parcelle.

Risque et impact sur le rendement

Stades de sensibilité

La période à risque commence dès l'apparition des premiers pucerons dans les parcelles au plus tôt fin avril début mai, soit à partir du stade 2 feuilles jusqu'à la couverture du sol fin juin. Sur des plantes non protégées, la dissémination du virus et des symptômes associés peut continuer jusqu'à la récolte, mais les plantes adultes (au-delà du stade 12 feuilles) sont naturellement plus résistantes aux pucerons et à la transmission virale. Ce phénomène est connu sous le nom de "résistance à maturité", il impacte notamment la capacité des pucerons à se nourrir et se multiplier sur les plantes, mais ses déterminants sont à ce jour encore mal connus.



Réseau de surveillance

Chaque année, de 200 à 300 parcelles sont suivies chaque semaine dans le cadre du BSV, sur lesquelles des comptages d'aptères dans les betteraves sont effectués au printemps. L'ITB a défini à partir de son expertise historique un seuil de risque égal à 10% de betteraves colonisées par au moins un aptère vert, sachant que les observations sont effectuées sur 5 séries de 5 betteraves au sein d'une même parcelle. Si les seuils sont dépassés de manière stable dans le temps et les conditions météorologiques favorables, alors les seuils de risque passent en seuils d'intervention afin d'encourager les planteurs à intervenir localement pour limiter la multiplication des pucerons et la dissémination virale.

Cette analyse de risque est complétée par des conseils de gestion dans les notes d'informations régionales qui sont communiquées aux planteurs de manière hebdomadaire sur le site internet de l'ITB (http://www.itbfr.org/notes-dinformations/) et par mail pour les abonnés.

Depuis 2019, un nouvel outil "Alerte pucerons" est disponible en ligne sur le site de l'ITB : http://www.itbfr.org/outils-services/alerte-pucerons/. Il s'agit d'une carte interactive qui présente 3 niveaux de seuils (non atteint, seuil de risque et seuil d'intervention) établis à partir des observations du BSV et mis à jour plusieurs fois par semaine tout au long de la période de sensibilité à la jaunisse.

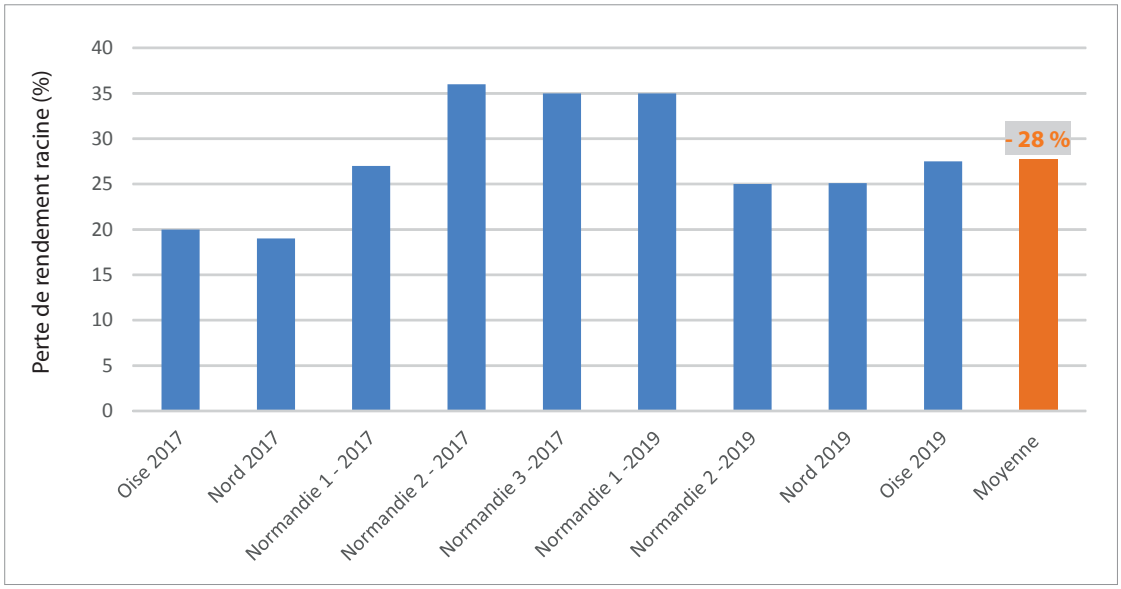
Impact sur le rendement

D'après les données collectées par l'ITB en 2017 et 2019 sur un grand nombre de parcelles, la jaunisse modérée entraîne une perte de productivité moyenne à l'intérieur des ronds de 28 %. À l'échelle de la parcelle, 10% de surface infectée représentent une perte de rendement racine d'environ 3 t/ha. La richesse peut également être impactée, jusqu'à 0.5 point en moins.

3 t/ha
de pertes pour 10 % de surface touchée

En ce qui concerne la jaunisse grave, qui en 2019 n'était que très peu présente sur le territoire français, des essais menés en Angleterre ont révélé des pertes de productivité à l'intérieur des ronds de 40 à 50 %.

Pourcentage de perte de rendement des betteraves
atteintes par la jaunisse en 2017-2019



Les méthodes de lutte

Les alternatives chimiques aux néonicotinoïdes

Le Teppeki (50 % de flonicamide) est homologué depuis le 21 décembre 2018 avec les conditions d'emploi suivantes :

- Dose d'homologation de 0,14 kg/ha
- Une application par an à partir du stade 6 feuilles vraies
- Mélange possible avec les herbicides
- Rémanence de 2 semaines minimum
- Ajouter 1 litre d'huile selon la réglementation

Le Karaté K (lambda-cyhalothrine 5 g/l et pirimicarbe 100 g/l) est également homologué sur betteraves contre les pucerons depuis 2011, mais son utilisation est fortement déconseillée car les populations de *Myzus persicae* y sont largement résistantes et car ce produit n'est pas sélectif vis-à-vis des auxiliaires.

-->Tous nos conseils de traitements actualisés sont disponibles sur notre site Internet www.itbfr.org.

Les projets de recherche menés par l'ITB

Le projet Ecophyto ABCD-B

Le projet ABCD, conduit en collaboration avec Arvalis – Institut du Végétal, Terres Inovia et l'INRAE de Montpellier, vise à évaluer des nouvelles solutions variétales et de biocontrôle pour faire face aux jaunisses virales. Il comprend 2 campagnes d'essais au champ en 2019 et 2020. En 2020, 6 substances de biocontrôle et 20 génotypes partiellement résistants au BMYV et au BChV vont être testés. Les résultats seront communiqués à la fin du projet en 2021.

Le projet Casdar ExTraPol

Le projet ExTraPol, qui a débuté à l'automne 2019 et se poursuivra jusqu'en 2022, mobilise l'ITB ainsi que le GEVES, l'INRAE de Colmar et l'UFS. Il permettra d'une part d'acquérir des données épidémiologiques sur les jaunisses virales et d'autre part de mettre au point de nouveaux protocoles d'évaluation des résistances/tolérances variétales en conditions contrôlées et au champ, pour les futurs essais du Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS).

Références

1. Brault, V., Uzest, M., Monsion, B., Jacquot, E. & Blanc, S. Aphids as transport devices for plant viruses. Comptes Rendus - Biol. 333, 524–538 (2010).
2. Limburg, D. D., Mauk, P. A. & Godfrey, L. D. Characteristics of Beet Yellows Closterovirus Transmission to Sugar Beets by Aphis fabae. Phytopathology 87, 766–771 (1997).
3. Turpeau, E., Hullé, M. & Chaubet, B. Encyclop'Aphid. INRA (2018). Available at: https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/.
4. IRBAB/KBIVB. Agents nuisibles et agents auxiliaires à la culture de la betterave sucrière. in Mémento (1992).
5. Jadot, R. Aspects des épidémies de jaunisse et de mosaïque de la betterave. Rev. l'Agriculture 3, 62 p. (1976).
6. Schliephake, E., Graichen, K. & Rabenstein, F. Investigations on the vector transmission of the Beet mild yellowing virus (BMYV) and the Turnip yellows virus (TuYV). J. Plant Dis. Prot. 107, 81–87 (2000).
7. Kozłowska-Makulska, A. et al. Aphid transmissibility of different european beet polerovirus isolates. Eur. J. Plant Pathol. 125, 337–341 (2009).
8. WATSON, M. A. & HEALY, M. J. R. the Spread of Beet Yellows and Beet Mosaic Viruses in the Sugar-Beet Root Crop. Ann. Appl. Biol. 40, 38–59 (1963).
9. Turpeau-Aït Ighil, E., Dedryver, C.-A., Chaubet, B. & Hullé, M. Les pucerons des grandes cultures - Cycles biologiques et activités de vol. ACTA/INRA - Editions Quae (2011).

Coordination : Frédéric Boyer