

**AFPP – 11^e CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

**LUTTE CONTRE LA JAUNISSE NANISANTE DE L'ORGE : LE CHOIX VARIÉTAL, UN OUTIL POTENTIEL
A MIEUX CONSIDERER**

N. ROBIN⁽¹⁾, P. DU CHEYRON⁽²⁾, I. CHAILLET⁽³⁾, D. AUDIGEOS⁽⁴⁾

⁽¹⁾ARVALIS institut de végétal, 64121 Montardon. France, n.robin@arvalis.fr

⁽²⁾ARVALIS institut de végétal, 91190 Villiers le Bâcle. France, p.ducheyron@arvalis.fr

⁽³⁾ARVALIS institut de végétal, 91190 Villiers le Bâcle. France, i.chaillet@arvalis.fr

⁽⁴⁾ARVALIS institut de végétal, 91720 Boigneville. France, d.audigeos@arvalis.fr

RÉSUMÉ

La jaunisse nanisante de l'orge (JNO), virose transmise par des pucerons à l'automne, entraîne des pertes élevées de rendement sur les céréales à paille, principalement sur l'espèce orge. Des essais ont été conduits au champ, en condition d'infestations naturelles avec différentes variétés d'orge d'hiver. Ils confirment le fort intérêt des variétés tolérantes à la JNO, leurs pertes de rendement sont significativement inférieures. Les variétés d'orge dites sensibles présentent des symptômes plus ou moins soutenus, les composantes du rendement sont différemment impactées, ce qui conduit à des modifications du classement variétal sur le rendement. De premières approches sur blé tendre et blé dur ont également identifié quelques comportements variétaux spécifiques parmi les variétés sensibles comparées. Ces résultats mettent en évidence la nécessité de poursuivre les explorations sur le comportement variétal vis-à-vis de la JNO, en laboratoire et au champ, afin d'aider au choix variétal dans le cadre d'une protection intégrée contre la JNO.

Mots-clés : jaunisse nanisante, orge, blé, tolérance, variétés, rendement.

ABSTRACT

CONTROL OF THE BARLEY YELLOW DWARF VIRUS: THE VARIETAL CHOICE, A POTENTIAL TOOL TO BE BETTER CONSIDERED

Barley yellow dwarf is a plant virus impacting small grain crops. This viral infection, transmitted by aphids in autumn, causes significant yield reduction, particularly on barley. Field trials were performed with different winter barley cultivars, with natural aphids infestations. They confirm the strong interest of the tolerant cultivars: their yield losses are significantly lower. On sensitive barley cultivars, as on sensitive wheat cultivars, different reactions to BYDV are observed (symptoms, yield components and yield loss), they change the varietal ranking. These results show the interest of pursuing these explorations, in laboratory and field, to bring information for the cultivar choice.

Keywords: barley yellow dwarf virus, tolerant cultivar, wheat, barley, yield.

INTRODUCTION

La jaunisse nanisante de l'orge (JNO) est une maladie fortement préjudiciable sur céréales à paille. Elle entraîne des pertes élevées de rendement et peut même parfois conduire à la destruction totale de la culture, notamment sur orge. Plusieurs espèces virales, faisant partie du complexe "B/CYDV; Barley/Cereal Yellow Dwarf Virus" sont à l'origine de cette maladie. Les virus sont transmis par des pucerons lors de leurs piqûres alimentaires sur les plantes à l'automne, plusieurs espèces de pucerons peuvent transmettre la maladie. La protection contre cette virose s'appuie à ce jour essentiellement sur la lutte contre les pucerons vecteurs. L'application d'un insecticide systémique sur les semences, à base d'imidaclopride, permet une protection efficace mais son avenir est fortement compromis (Règlement européen sur l'utilisation des néonicotinoïdes n° 485/2013, Loi française n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité). L'application de traitements insecticides en végétation permet également de lutter contre les pucerons mais cette lutte nécessite un suivi rapproché à la parcelle pour de bon(s) positionnement(s) des applications. D'autres voies de protection sont à investiguer et à développer, comme la lutte génétique. Différents mécanismes ont été décrits vis-à-vis de l'infection virale (Cooper and Jones, 1983) : soit des phénomènes de résistance en lien direct avec l'arrêt total ou partiel du cycle infectieux (pénétration dans la cellule hôte, répllication ou migration dans les tissus de la plante hôte), soit des phénomènes de tolérance concernant la réponse de la plante à l'infection virale. Une plante tolérante est une plante pour laquelle l'infection induit peu de symptômes. Sur orge, différents travaux ont identifié des gènes de tolérance aux virus de la JNO. L'un d'entre eux, le gène Ryd2, issu de matériel éthiopien (Schaller et al., 1963), a permis de créer des variétés tolérantes. En France, trois variétés contenant ce gène ont été inscrites au catalogue ces dernières années : Atenon en 2005, Amistar en 2013 et Domino en 2014. D'autres variétés sont inscrites au catalogue européen avec le caractère de tolérance à la JNO. Sur blé, aucun gène de tolérance à la JNO n'est disponible. De rares sources de résistance aux B/CYDV ont été identifiées et étudiées en laboratoire et au champ. Les travaux ont montré que ces résistances peuvent conduire à la sélection de variants viraux capables de les contourner. De plus, ces variants expriment un niveau d'agressivité élevé lorsqu'ils infectent des hôtes sensibles (Delaunay et al., 2010). La faible durabilité de ces sources de résistance a ainsi limité leur utilisation dans les programmes de sélection sur blé. Lors de cette étude, nous avons mesuré au champ l'intérêt des variétés d'orge tolérantes à la JNO et exploré le comportement de quelques variétés dites « sensibles » d'orge d'hiver, mais aussi de blé tendre et de blé dur. L'objectif est d'identifier le comportement des variétés face à l'infection virale, en l'absence de protection insecticide ciblant les pucerons.

MATERIEL ET MÉTHODE

L'exploration du comportemental variétal vis-à-vis de la JNO est conduite au champ, avec différents essais soumis à des infestations naturelles. Sur orge, blé tendre ou blé dur, les essais sont réalisés avec une liste réduite de variétés, de 4 à 12 selon l'espèce et l'essai. La liste des variétés n'est pas figée, elle évolue d'une année à l'autre et selon le site d'implantation, ainsi seules quelques variétés sont présentes de façon répétée. Le choix variétal est réalisé sur différents critères, comme leur représentation sur la sole française, ou sur orge la présence du caractère de tolérance JNO.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Dans chaque essai, chaque variété est étudiée en l'absence de protection insecticide (Non Traité, NT) et en présence d'une protection insecticide (Traité, T). La protection insecticide est réalisée par un traitement de semences conduisant à un apport de 70 g/q d'imidaclopride (GAUCHO 350 ou GAUCHO DUO FS), avec, en présence d'infestations tardives, un traitement insecticide relais en végétation au stade 4-5 feuilles (KARATE ZEON, à base de lambda-cyhalothrine, appliqué à 0,075 l/ha).

Le dispositif expérimental des essais est un dispositif en bloc, comportant au minimum 3 répétitions. La surface de chaque parcelle expérimentale élémentaire est de 20 m².

SEMIS ET ENTRETIEN DES PARCELLES

Les essais sont conduits au champ par des équipes d'ARVALIS – Institut du végétal, sur le site de Montans dans le Tarn (81) et sur le domaine expérimental du Magneraud à Saint Pierre d'Amilly en Charente Maritime (17). Lors des différentes années (tableau 1), les semis sont réalisés à une date précoce, avant l'optimum régional, pour favoriser l'exposition aux pucerons, avec une même densité pour les différentes variétés. La conduite des essais (désherbage, fumure, protection fongicide et protection insecticide de fin de cycle) vise l'expression du potentiel de productivité.

Tableau I : Caractéristiques principales des essais, selon l'année, le site et l'espèce étudiée

Année récolte	Localisation	Semis	Nombre de variétés par espèce		
			Orge d'hiver (Tolérantes / 2 rangs / 6 rangs)	Blé tendre	Blé dur
2013	Montans (81)	10/10/2012	9 (2 / 2 / 5)		
2014	Saint Pierre d'Amilly (17)	09/10/2013	9 (2 / 2 / 5)		
2014	Montans (81)	09/10/2013	9 (2 / 2 / 5)		
2015	Saint Pierre d'Amilly (17)	02/10/2014	10 (0 / 3 / 7)		
2015	Montans (81)	09/10/2014	12 (2 / 3 / 7)	8	5
2016	Saint Pierre d'Amilly (17)	02/10/2015	5 (5 / 0 / 0)		
2016	Montans (81)	07/10/2015	11 (5 / 2 / 4)	9	4

MESURES ET ANALYSES DES DONNEES

Sur chaque site d'expérimentation, la présence des pucerons a fait l'objet d'un suivi soutenu sur un essai de lutte insecticide sur orge conduit conjointement à l'essai de comportement variétal, avec une mise en place à la même date sur la même plateforme. Sur ces essais, des comptages réguliers du taux de plantes habitées par au moins un puceron sont effectués (4 placettes de 25 plantules consécutives, 4 répétitions). Sur les essais dédiés à l'exploration du comportement variétal vis-à-vis de la JNO, seuls quelques contrôles ponctuels du taux de plantes habitées par les pucerons sont réalisés, sur un nombre restreint de variétés.

Pour apprécier les symptômes visuels de JNO, chaque parcelle expérimentale a fait l'objet au printemps d'une mesure du pourcentage de surface parcellaire affectée. Cette mesure est complétée par l'attribution d'une note pour qualifier l'intensité des symptômes sur une échelle de 0 à 10 (0 : absence, 1 à 5 : symptômes croissants de décoloration, 6 à 9 : symptômes croissants de nanisme, 10 : disparition des plantes).

Le rendement mesuré sur chaque parcelle expérimentale est exprimé à 15 % d'humidité.

Des contrôles complémentaires, concernant la densité d'épis/m², le poids de mille grains (PMG, un échantillon moyen par modalité), ont été également réalisés sur 10 essais pour identifier l'incidence de l'infection sur les composantes du rendement.

Après l'analyse statistique individuelle de chaque essai (non présentée), des regroupements de différents essais, par espèce, ont fait l'objet d'une analyse de variance suivie d'un test de Newman-Keuls pour un classement indicé des moyennes (risque $\alpha=5\%$). Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes entre elles. Pour l'espèce orge, les résultats sont également présentés après un regroupement des variétés selon trois catégories : variétés tolérantes (très majoritairement des variétés à 6 rangs), variétés sensibles à 2 rangs (2R) et variétés sensibles à 6 rangs (6R).

RESULTATS

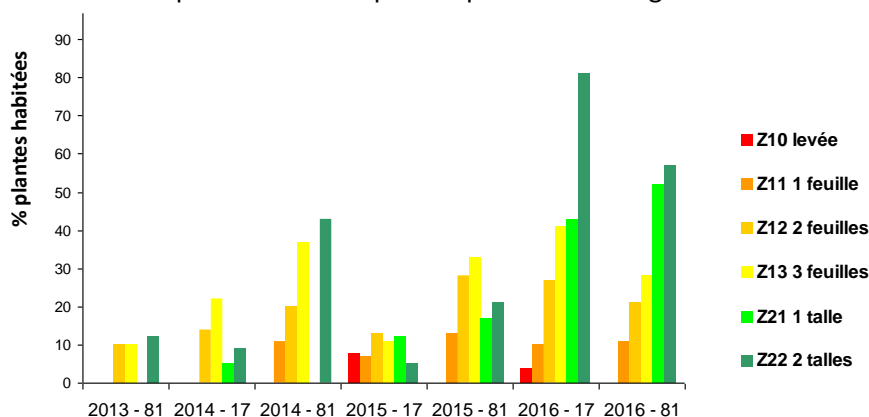
ESSAIS SUR ORGE D'HIVER

Suivi des infestations

Le suivi du taux de plantes habitées (Figure 1), témoigne d'une présence significative des pucerons lors des différents essais. La précocité, l'intensité et la durée des infestations varient selon les sites et les années. Les essais 2016 se caractérisent par des infestations soutenues et prolongées.

Au sein des différents essais, les contrôles ponctuels réalisés sur quelques variétés, n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative d'infestation entre les variétés contrôlées en l'absence de protection insecticide.

Figure 1 : Suivi des taux de plantes habitées par des pucerons sur orge d'hiver



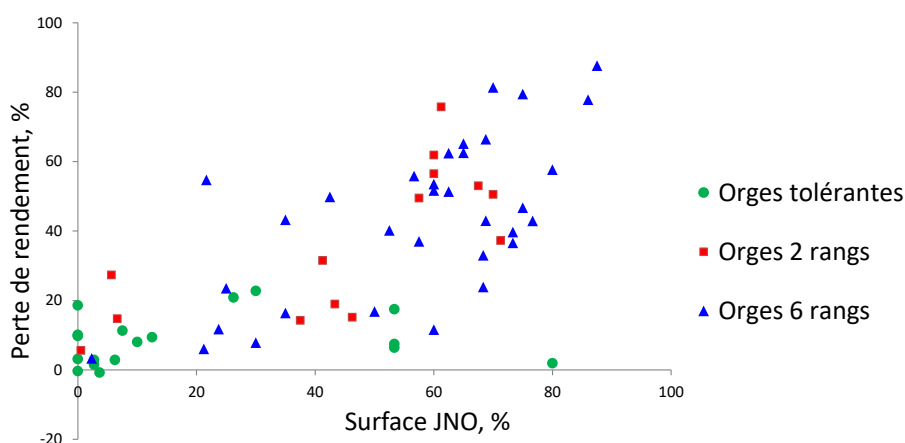
Symptômes JNO et pertes de rendement

Tous les essais ont présenté des symptômes de JNO sur les parcelles sans protection insecticide. Les symptômes visuels et les pertes de rendement (écarts entre Traité et Non Traité) varient fortement selon les variétés au sein de chaque essai (Figure 2).

Les variétés tolérantes peuvent présenter quelques symptômes de JNO. La surface parcellaire concernée est généralement inférieure à 10 % mais s'élève à plus de 50 % dans les essais à fortes infestations prolongées. La note d'intensité de ces symptômes reste cependant toujours très faible (inférieure à 2), les principaux symptômes étant une légère décoloration de quelques feuilles, le plus souvent à leur extrémité.

Les variétés sensibles (sans gène de tolérance) présentent des symptômes de JNO nettement plus élevés dans tous les essais. La surface atteinte est en moyenne de 50 %. Les situations les plus fortes, avec plus de 70 % de la surface atteinte, concernent essentiellement des variétés à 6 rangs. Ces variétés ont des symptômes plus marqués : leur note moyenne est de 7,5 (notes de 3 à 10), contre 4,6 pour les variétés à 2 rangs (notes de 2 à 6).

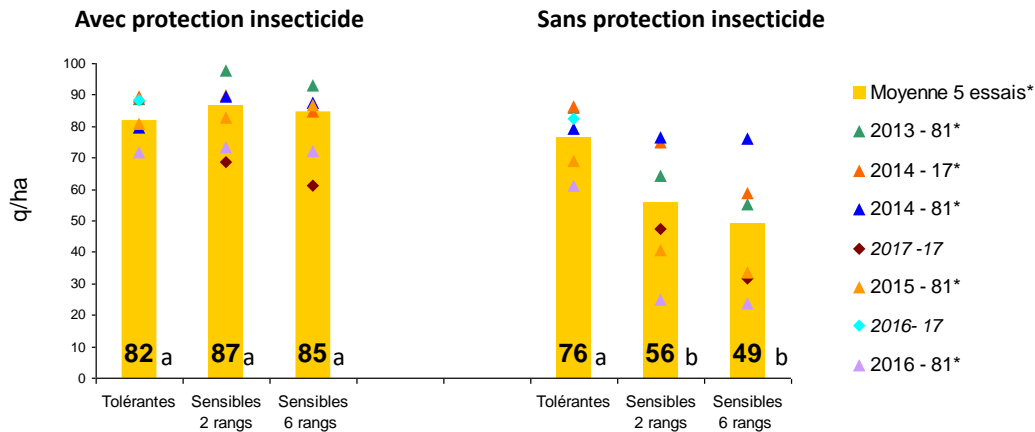
Figure 2 : Surfaces avec symptômes visuels de JNO et pertes de rendement.



En présence de protection insecticide, c'est-à-dire en l'absence de JNO, les rendements moyens des variétés tolérantes et non tolérantes ne sont pas significativement différents (Figure 3). Par contre, en présence d'infection virale, les rendements des variétés tolérantes sont significativement supérieurs : la valeur moyenne atteint 76 q/ha contre 56 q/ha pour les orges à 2 rangs et 49 q/ha pour les orges à 6

rangs. La perte de rendement des variétés tolérantes n'est pas nulle mais nettement plus faible. Lors des essais de 2013 et 2014, cette perte est proche de 2 %, soit 2 q/ha vs 24 q/ha pour les variétés non tolérantes. Lors des années suivantes, avec des infestations plus soutenues, cette perte s'élève à 12 % soit 9 q/ha en moyenne (2 à 18 q/ha) alors qu'elle atteint 40 q/ha pour les variétés sensibles (54 %).

Figure 3 : Incidence de la JNO sur le rendement moyen de variétés d'orge selon 3 catégories : tolérantes à la JNO, variétés sensibles à 2 rangs et variétés sensibles à 6 rangs.

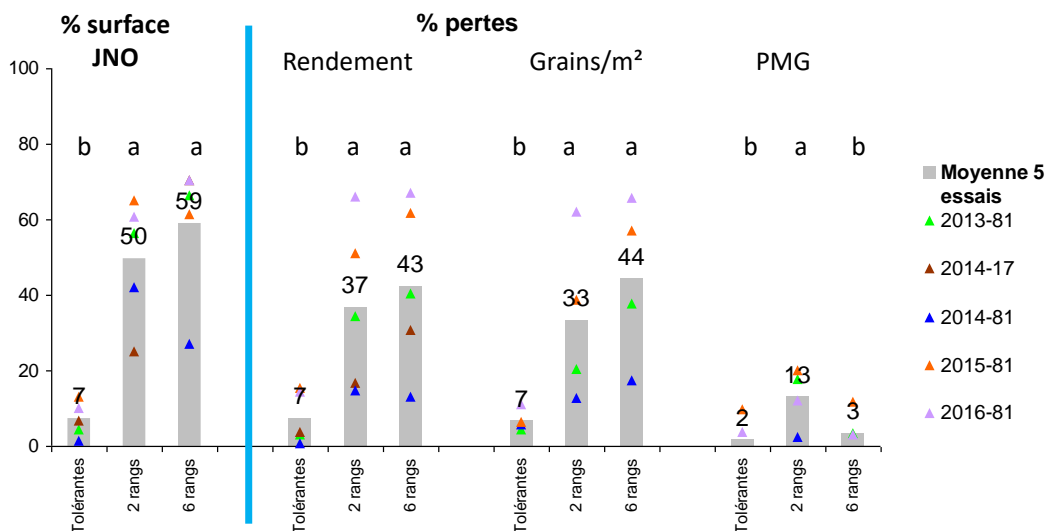


Note : les moyennes et analyses portent sur 5 essais présentant les trois catégories d'orge (tolérantes, sensibles 2 rangs, sensibles 6 rangs). Les résultats des essais 2016-17 et 2017-17 sont présentés mais non inclus dans l'analyse.

JNO et composantes de rendement

Les trois catégories de variétés d'orge, tolérantes, sensibles à 2 rangs, sensibles à 6 rangs (représentées lors de 5 essais) expriment quelques différences sur les composantes de rendement en l'absence d'infection virale (avec protection insecticide). Pour une même densité de semis, les variétés sensibles 2R présentent par rapport aux variétés 6R, une densité de grains/m² plus faible (17 020 vs 19 990 grains/m²) mais avec un PMG supérieur (49 vs 41 g). Les caractéristiques des variétés tolérantes (essentiellement à 6 rangs) se rapprochent de celles des variétés sensibles (densité de 18 540 grains/m², PMG de 42 g).

Figure 4 : Surfaces atteintes et pertes liées à la JNO sur orges tolérantes, sensibles à 2 ou 6 rangs



L'incidence de l'infection virale sur ces composantes de rendement varie significativement selon ces trois catégories (Figure 4). Pour les variétés tolérantes, l'infection virale entraîne une faible affectation de la densité de grains/m² (- 7 %) et le remplissage des grains n'est que faiblement pénalisé (- 2 % du PMG). Pour les variétés sensibles 2R, elle pénalise fortement la densité de grains/m² (- 33 %), ainsi que

le remplissage des grains (-13 % de PMG). Les variétés à 6 rangs subissent en moyenne la plus forte réduction de densité de grains/m² (- 44 %) mais la diminution du PMG est très faible (- 3%).

Comportement variétal

Au sein des variétés sensibles à 6 rangs, des écarts de comportement à la JNO ont été recherchés entre 3 variétés, V2, V3 et V5, présentes chacune sur 5 essais.

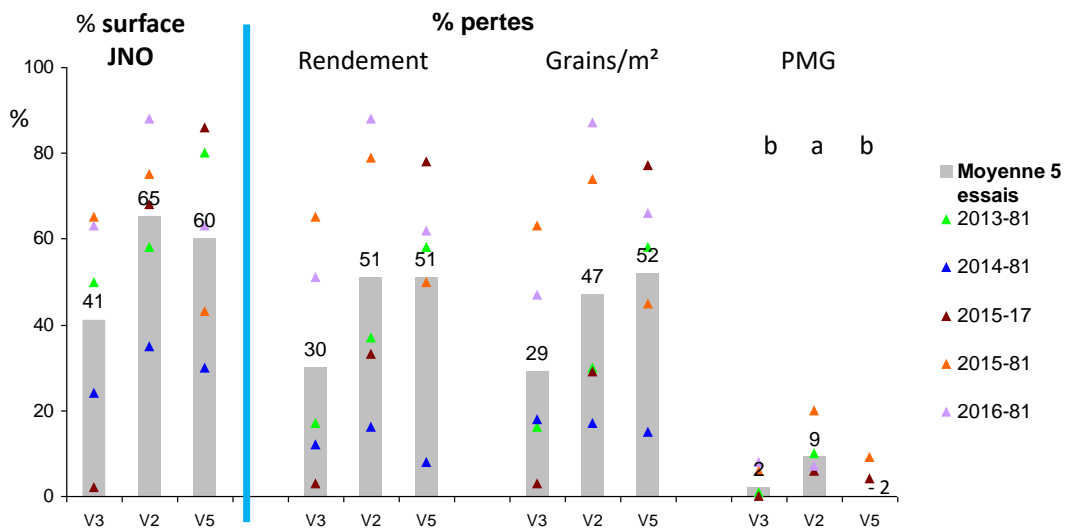
En l'absence de JNO, V5 atteint le plus fort rendement, 87 q/ha, avec une densité de 21 800 grains/m² et un PMG de 40 g. La variété V3 conduit à un rendement inférieur, 76 q/ha, pour une densité de grains comparable (20 690 grains/m²) et un PMG plus faible (37 g). La variété V2 présente un rendement de 75 q/ha avec une moindre densité de grains (17 450 grains/m²) mais un PMG supérieur (43 g).

L'infection virale pénalise les performances de ces variétés. Les écarts entre variétés sur les taux de pertes peuvent être moins marqués que ceux entre essais et l'analyse du regroupement ne met en évidence que peu de différences significatives entre ces trois variétés (au seuil de 5 %). Néanmoins les écarts entre V3 et V2 s'avèrent répétables. La variété V3 présente des symptômes moins fréquents (Figure 5) avec une plus faible intensité : la note moyenne atteint 6 contre 9 pour V2. La densité grains/m² est moins pénalisée, et les pertes de rendement sont toujours plus faibles que celles observées pour la variété V2 à fort PMG, pour laquelle le remplissage des grains est lui significativement plus affecté.

La variété V5, à plus fort potentiel, présente un comportement plus hétérogène, ses pertes de rendement sont élevées, en moyenne similaires à celles de V2 mais avec des écarts variables selon les essais.

Au final, l'infection virale réduit les écarts de rendement entre ces variétés et modifie le classement variétal : V3 présente alors le meilleur rendement (53 q/ha) devant V5 (44 q/ha) et V2 (36 q/ha).

Figure 5 : Surface atteinte par la JNO et taux de perte (%) pour 3 variétés d'orge sensibles à 6 rangs



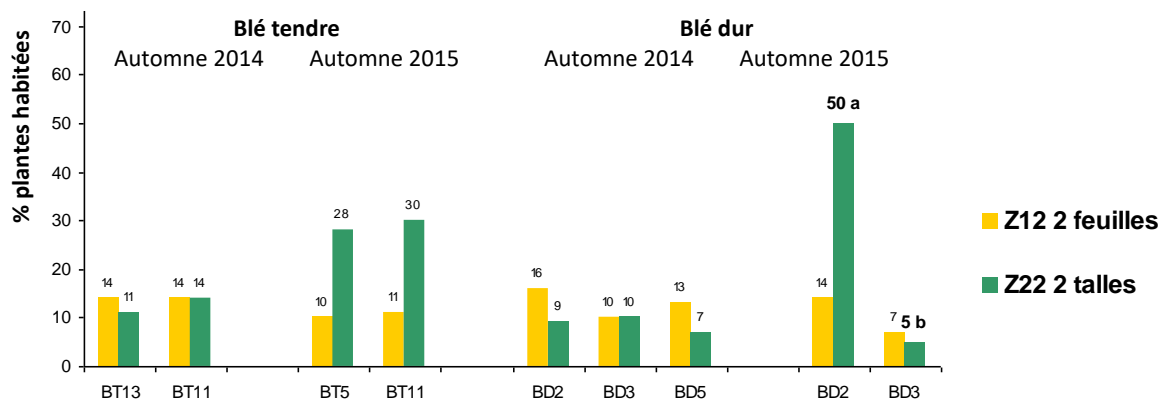
ESSAIS SUR BLE

Suivi des infestations

Au stade 2 feuilles, sur blé tendre comme sur blé dur, les contrôles ponctuels n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative d'infestations entre les variétés observées.

Par contre, au stade 2 talles à l'automne 2015, favorable à des présences tardives de pucerons, des écarts significatifs ont été observés entre deux variétés de blé dur, BD3 et BD2 avec un taux significativement inférieur de plantes habitées pour BD3 (Figure 6).

Figure 6 : Taux de plantes habitées par des pucerons, pour trois espèces (plateforme Montans)

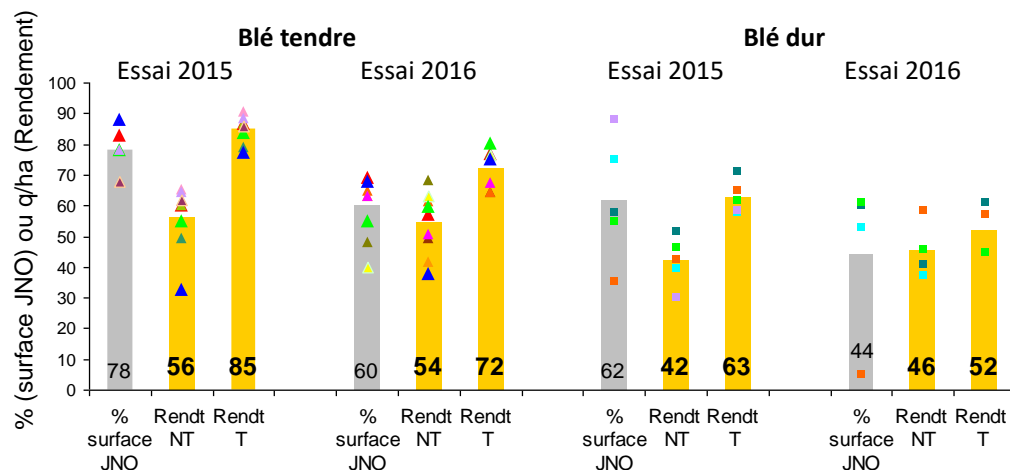


Symptômes de JNO et pertes de rendement (Figure 7)

Sur blé tendre, dans les conditions de l'essai 2015, il est observé des symptômes de JNO sur près de 80 % des surfaces parcelaires, avec une relative homogénéité entre les variétés. Mais les pertes de rendement (écarts T – NT) s'échelonnent de 24 à 45 q/ha, soit de 27 à 58 % du rendement des modalités traitées. En 2016, les symptômes de JNO s'avèrent plus variables, que ce soit en surface ou en intensité (notes de 2 à 6). Les pertes de rendement, avec des conditions de production plus limitantes, restent très variables d'une variété à l'autre : de 3 q/ha, soit 5 % de la modalité T pour la variété la moins affectée, à 38 q/ha, soit 50 % de la modalité T pour la variété la plus affectée.

Sur blé dur, il est également observé des différences entre variétés. En 2015, la surface atteinte par la JNO varie de 35 à 90 % (notes de 1 à 5) pour des pertes de rendement de 25 à 50 % (15 à 30 q/ha). En 2016, la surface infectée varie de 5 à 60 % (notes de 1 à 3) avec des pertes de rendement de 0 à 17 q/ha (soit une perte maximale de 30 % de la modalité T).

Figure 7 : Surface avec symptômes visuels de JNO (%) et rendements moyens par essai, sans ou avec protection insecticide (NT : non traité, T : traité).

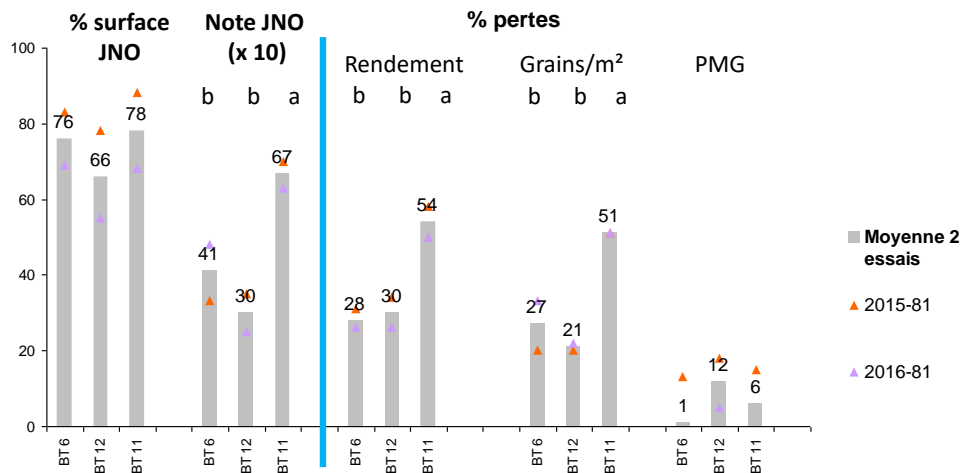


Comportement variétal

Le comportement de trois variétés de blé tendre, BT6, BT11 et BT12 est comparé lors des 2 essais. En l'absence de JNO, les trois variétés conduisent à des rendements similaires (80 q/ha), BT11 présentant la plus faible densité épis/m² avec le PMG le plus élevé (52 vs 45 g).

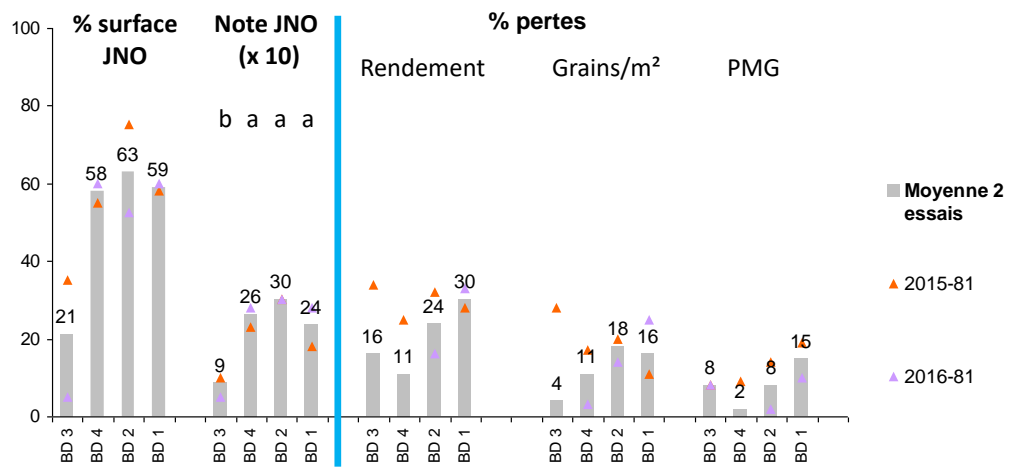
L'infection virale s'avère significativement plus préjudiciable pour BT11 : avec une intensité de symptômes plus élevée, la pénalisation sur la densité grains/m² puis sur le rendement atteignent respectivement 51 et 54 % (Figure 8). Le classement variétal est alors affecté, avec un rendement significativement inférieur pour BT11 : 35 q/ha vs 58 q/ha pour BT6 et BT12.

Figure 8 : Symptômes et pourcentages de pertes liés à la JNO pour 3 variétés de blé tendre (2 essais)



Le comportement de quatre variétés de blé dur, BD1 BD2 BD3 et BD4, est comparé lors des 2 essais. En l'absence de JNO, la variété BD1 présente un rendement significativement supérieur (64 q/ha), devant BD3 (55 q/ha), BD4 (53 q/ha) et BD2 (50 q/ha). L'analyse de ces 2 essais ne met pas en évidence de différence significative entre les variétés concernant les pertes liées à l'infection virale (Figure 9). Néanmoins le classement variétal est modifié, à l'avantage de BD3 qui a présenté des symptômes moins marqués.

Figure 9 : Symptômes et pourcentages de pertes liés à la JNO pour 4 variétés de blé dur (2 essais)



Pour ces variétés de blé dur, comme sur les autres espèces, l'infection virale pénalise la densité d'épis/m², mais la densité de grains par épi n'est pas affectée, elle peut même être accrue. La perte de densité de grains/m² apparaît alors plus faible que sur blé tendre et sur orge, et les pertes de rendement sont moins élevées.

DISCUSSION

Les différents essais, conduits sur deux plateformes situées dans sud-ouest de la France (départements 17 et 81), avec des dates de semis précoces, ont tous exposé les différentes variétés d'orge, de blé tendre ou de blé dur à des infestations naturelles relativement soutenues de pucerons d'automne, vecteurs de virus de la jaunisse nanisante. Des symptômes de la virose ont été observés, ainsi que des différences significatives de rendement entre parcelles non protégées et parcelles ayant bénéficié d'une protection insecticide efficace.

Infestations par les pucerons

Les contrôles ponctuels de taux de plantes habitées par les pucerons n'ont généralement pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre variétés au sein des essais. Ces résultats attestent davantage d'une certaine homogénéité des infestations à l'automne par essai que de l'absence de tout effet variétal sur le comportement des pucerons. Cet aspect peut difficilement être étudié dans des conditions naturelles d'infestation avec des espèces de pucerons et des effectifs variables. Des prélèvements de pucerons réalisés sur les essais conjoints indiquent la présence de différentes espèces (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum maidis*, *Schizaphis graminum*), l'espèce *R. padi* n'étant pas toujours majoritaire, notamment sur le site de Montans.

Par ailleurs, les résultats des différents essais ne mettent pas en évidence de corrélation directe entre le niveau des infestations par les pucerons par essai et les pertes de rendement subies par les variétés, ceci est à relier aux variations concernant les espèces de pucerons, leurs charges virales et leurs aptitudes à la transmission des virus.

Néanmoins, dans ce cadre, des différences significatives d'infestations de pucerons ont pu être révélées entre deux variétés de blé dur. D'autre part, des différences ont pu être observées entre espèces cultivées, pour des semis à une même date et à une même densité (site 81) : les infestations de pucerons se sont avérées plus soutenues sur orge que sur blé tendre ou blé dur.

Ces écarts soulignent le besoin d'études spécifiques, avec des populations quantifiées de pucerons, pour explorer des différences de comportement des pucerons (alimentation, reproduction et déplacement) en fonction des plantes supports.

Symptômes visuels de JNO

L'appréciation visuelle est relativement difficile, notamment sur blé, et nécessite pour chaque variété la comparaison avec la parcelle témoin protégée car les symptômes varient fortement d'une variété à l'autre, et d'un essai à l'autre. Les différences d'expression de l'infection virale peuvent traduire des différences de comportement variétal, ou de l'infection elle-même, en liaison avec la nature et la quantité des particules virales. Des prélèvements de plantes réalisés au printemps sur les essais conjoints ont révélé, après analyse moléculaire (extraction ARN, RT-PCR et détection sur gel), la présence de diverses espèces virales. Sur les deux sites, les espèces BYDV-PAV, -MAV et -SGV ont été détectées chaque année, MYDV-RMV sur les seules campagnes 2015 et 2016 (aucune détection de CYDV-RPV). Dans la majeure partie des cas, il est observé une présence simultanée d'au moins deux espèces virales. L'exposition à différents stress d'origine abiotique (par exemple sécheresse au printemps ou en fin de cycle) peut également interférer avec l'infection et modifier les réponses des plantes.

Dans les conditions des essais, il est cependant mis en évidence des différences entre variétés. Sur orge, la présence du caractère tolérance à la JNO diminue l'intensité des symptômes et la surface affectée, cet effet étant légèrement atténué en présence d'infestations soutenues de pucerons. Les comparaisons de variétés sensibles révèlent également des différences de symptômes de JNO, que ce soit sur orge ou sur blé, et les écarts sont alors retrouvés sur la performance de rendement.

Rendement

L'infection virale induit des pertes d'épis/m², généralement renforcées par des pertes de grains/épi (sauf pour l'espèce blé dur, dans le cas des variétés étudiées). La densité de grains/m² est ainsi fortement affectée, notamment sur orge et sur blé tendre où la perte moyenne de certaines variétés atteint 50 % avec des conséquences directes sur le rendement.

Le remplissage des grains peut être lui aussi pénalisé. L'impact sur le rendement s'avère moins marqué que celui de la perte de densité des grains, mais il vient le plus souvent s'ajouter, notamment pour les variétés d'orges à 2 rangs à gros grains. Cette conséquence tardive de l'infection virale entraîne alors des pertes de rendement plus élevées que celles attendues au regard des observations des symptômes de JNO au printemps. Ainsi les orges sensibles à 2 rangs, malgré des symptômes moins soutenus, présentent des pertes de rendement rejoignant celles des orges sensibles à 6 rangs.

Les orges tolérantes, au-delà de leur faible expression de symptômes visuels, ont des composantes de rendement très peu affectées par la JNO. La perte de densité de grains est en moyenne de 7 % et

conduit à une perte de rendement du même niveau. Dans le cadre de ces essais avec des infestations naturelles, la perte de rendement des variétés tolérantes n'est pas nulle mais elle est significativement inférieure à celle des autres variétés. Les variétés d'orge ne possédant pas le gène de tolérance présentent de fortes différences de sensibilité et d'affectation des composantes de rendement. Des écarts sur la perte de rendement sont mis en évidence entre des variétés, avec des intensités variables selon les essais et l'exposition à la maladie. Parmi 3 variétés d'orge à 6 rangs reconduites sur différents essais, 2 variétés ont présenté des différences de sensibilité à la JNO répétées d'un essai à l'autre, elles témoignent de l'existence de différences de sensibilité variétale au sein des variétés sensibles. Sur blé tendre, comme sur blé dur, malgré l'absence de gène de tolérance ou de résistance pour les variétés commercialisées et mises en essai, l'approche conduite avec deux essais met également en évidence des différences importantes de comportement à l'infection virale. Sur blé tendre, avec des intensités de symptômes différentes, les pertes de rendement varient du simple au double (- 28 et - 54 %). Sur les deux essais, une même variété s'est avérée être nettement plus sensible. Sur blé dur, les écarts sont plus tenus et ne s'avèrent pas significatifs lors du regroupement des deux essais, mais une même variété présente des symptômes moins fréquents et moins soutenus, avec une perte de rendement réduite de moitié par rapport à la variété la plus affectée (respectivement - 16 et - 30 %).

CONCLUSION

Dans ces essais, soumis à des infestations naturelles et variées de pucerons et de virus, les infections virales se sont traduites au printemps par des symptômes plus ou moins soutenus, et ont entraîné des baisses du rendement et de ses composantes. Ces essais confirment la forte nuisibilité de la JNO sur orge, mais également sur blé tendre et blé dur, ainsi que son incidence significative sur le classement variétal vis-à-vis du rendement. Les variétés d'orge tolérantes, possédant le gène *Ryd2*, ont confirmé leur fort intérêt. En l'absence de protection insecticide, elles peuvent présenter quelques symptômes de JNO et leur perte de rendement n'est pas nulle mais celle-ci reste cependant très faible par rapport à celle subie par les variétés d'orge sensibles. Face à l'infection de JNO, les variétés dites « sensibles » affichent des symptômes différents. Leurs composantes de rendement sont impactées de manière différente et les pertes de rendement peuvent varier fortement. Ces résultats traduisent l'existence de comportements variétaux qu'il serait intéressant de caractériser pour en faire des critères de choix variétal. Ces résultats soulignent la nécessité de rester prudent face à des observations ponctuelles et le besoin de développer les investigations, notamment en conditions contrôlées avec un suivi de la progression de l'infection en fonction du support végétal. Face aux forts préjudices de la JNO, et aux difficultés rencontrées pour lutter contre les pucerons vecteurs de virus, cette connaissance variétale est un élément important pouvant participer à la protection intégrée contre la JNO, elle est fortement attendue dans les régions régulièrement exposées au risque.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les équipes des stations de Montans et du Magneraud, avec une attention toute particulière pour Yann BRANDT et Régis HELIAS, Laure PLANTECOSTE et Céline DRILLAUD qui ont fait preuve de beaucoup d'opiniâtreté dans le suivi des essais.

BIBLIOGRAPHIE

- Delaunay A., Lacroix C., Morlière S., Riault G., Chain F., Trottet M., Jacquot E. A SSCP derived quantitative variable to monitor the virulence of a Barley yellow dwarf virus-PAV (BYDV-PAV) isolate during adaptation to the TC14 wheat resistant line. *Molecular Plant Pathology* (2010), 11(5), 651–661.
- Cooper, J.I. and Jones A.T. 1983. Responses of plants to viruses : proposals for the use of terms. *Phytopathology* 73 : 127-128.
- Schaller, C.W. ; Rasmussen, D.C. ; Qualset, C.O. 1963 : Sources of resistance to the yellow-dwarf virus in Barley. *Crop Science* 3 : 342-4.