

VIRUS DE LA MOSAÏQUE

LES DÉTERMINISMES GÉNÉTIQUES de la résistance mieux connus



© M. Bonnetby - ARVALIS-Institut du végétal

Le froid hivernal favorise le développement du virus de la mosaïque des stries en fuseaux, l'un des deux virus des mosaïques du blé dur.

Afin de créer des variétés résistantes aux mosaïques du blé dur, des blés résistants mais peu intéressants ont été croisés avec des variétés sensibles. L'identification des régions chromosomiques de résistance au virus de la mosaïque des stries du fuseau doit, à présent, être complétée par celle du ou des gènes de résistance à la mosaïque des céréales.

Deux maladies virales transmises par un micro-organisme du sol, *Polymyxa graminis*, peuvent infecter le blé dur et le blé tendre. Ces maladies sont provoquées par deux types de virus : celui de la mosaïque des stries en fuseaux du blé (WSSMV) qui infecte particulièrement le blé dur, et le virus de la mosaïque des céréales (SBCMV), qui peut aussi infecter le triticale (tableau 1).

Il n'y a aucun moyen de lutte direct contre ces virus ni contre leur vecteur et les parcelles sont infestées de manière quasi définitive. Le seul moyen d'éviter la maladie est d'utiliser des variétés résistantes.

Un diagnostic nécessaire

Le blé dur est particulièrement sensible au virus de la mosaïque des stries en fuseaux. Depuis

quelques années, les surfaces contaminées augmentent fortement dans les quatre bassins de production, à tel point que certains agriculteurs sont contraints d'abandonner le blé dur - en particulier au sud de la Beauce.

Il existe une forte interaction entre le froid et le développement du virus, qui se traduit par des dégâts plus régulièrement importants en région Centre. Les deux virus peuvent être présents dans la même parcelle et infecter concomitamment les mêmes plantes. Selon les conditions climatiques, c'est un virus ou l'autre qui s'exprimera le plus.

Le diagnostic n'est pas toujours simple, notamment quand les plantes atteintes meurent avant que n'apparaissent les symptômes typiques de ces virus (encadré). Il est important de connaître quel virus est présent lorsqu'on observe des symptômes sur blé dur car cela détermine les variétés

de blé tendre susceptibles d'être également infectées dans cette parcelle.

Des variétés résistantes à un seul virus

Il existe de nombreuses variétés de blé tendre résistantes aux mosaïques, alors qu'aucune variété de blé dur cultivée n'est résistante à ces deux virus. Chez le blé tendre, les mécanismes de résistance s'apparentent davantage à une tolérance ou à une résistance partielle.

Aucune variété de blé dur n'est résistante au WSSMV, mais les comportements sont suffisamment différents et répétables pour établir un classement variétal. Toutefois, une moindre sensibilité d'une variété n'est pas une résistance, aussi une variété moins sensible peut subir des dégâts relativement importants dans des situations à très forte pression. Le classement proposé par Arvalis⁽¹⁾ est strictement valable pour le WSSMV et ne peut en aucun cas prédire le comportement dans les parcelles contaminées par le SBCMV.

En revanche, il existe des variétés de blé dur résistantes au SBCMV, mais elles sont peu nombreuses. Parmi les variétés dont la résistance a été validée dans les conditions françaises figurent Levante, Aronde, Artimon, Salsa et Tom Clair.

Deux régions chromosomiques de résistance étudiées

Sur blé tendre, deux gènes de résistance au SBCMV ont été identifiés : un gène majeur sur le chromosome 5DL et un, plus interactif avec l'environnement, sur le chromosome 2BS. Sur le blé dur, une région chromosomique où sont localisés un ou plusieurs gènes à l'origine de résistance (ou *locus* de résistance) a été identifiée sur le chromosome 2BS par l'équipe de Maccaferri, de l'Université de Bologne, en Italie. Il semble que le gène

COMPLEXE DES MOSAÏQUES : deux virus capables d'infecter le blé dur

Céréales atteintes	Virus	Acronyme anglais	Genre
Orge	Virus de la mosaïque jaune de l'orge	BaYMV	bymovirus
	Virus de la mosaïque modérée de l'orge	BaMMV	bymovirus
Blé tendre Blé dur Triticale Seigle	Virus de la mosaïque des céréales (Soil-Borne Cereal Mosaic Virus)	SBCMV	furovirus
Blé tendre Blé dur	Virus de la mosaïque des stries en fuseaux du blé (Wheat Spindle Streak Mosaic Virus)	WSSMV	bymovirus
Blé tendre	Virus de la mosaïque jaune de l'Aube	AWMV	?
Avoine	Virus de la mosaïque jaune de l'avoine	OMV	bymovirus
	Virus de la strie dorée de l'avoine	OGSV	furovirus

Tableau 1 : Les différents virus des mosaïques sur céréales à paille.

de résistance associé correspond à celui détecté aussi sur blé tendre, mais il ne procure au blé dur qu'une résistance partielle et dépendante des conditions climatiques.

Concernant le virus WSSMV, aucune étude identifiant des déterminants génétiques de la résistance sur le blé dur n'avait été publiée jusqu'aux travaux décrits ci-dessous. Afin de pallier cette méconnaissance et de mettre à disposition des outils pour améliorer la sélection de variétés de blé dur résistantes, un programme de recherche a été initié il y a deux ans pour étudier deux ressources génétiques identifiées comme résistantes aux deux virus : Dic2 (*T. dicoccum*), un blé amidonnier primitif très résistant aux deux virus mais ayant beaucoup de défauts agronomiques (dont un grain vétu), et Soldur, une variété de blé dur peu productive et de mauvaise qualité qui présente seulement parfois de légers symptômes de mosaïque des céréales. Ce programme de recherche, financé par Arvalis en partenariat avec l'Inra Supagro de Montpellier, Florimond-Desprez et RAGT, a évalué deux populations issues de croisements entre Dic2 et les



L'essai 2010 de comportement des variétés de blé dur dans une parcelle contaminée avec les deux virus de la mosaïque, à Chambon sur Cisse (41), met en évidence la résistance de la variété Soldur.

Lloyd Pictur Nemesis Soldur

Biensur Aronde Memodur Cultur

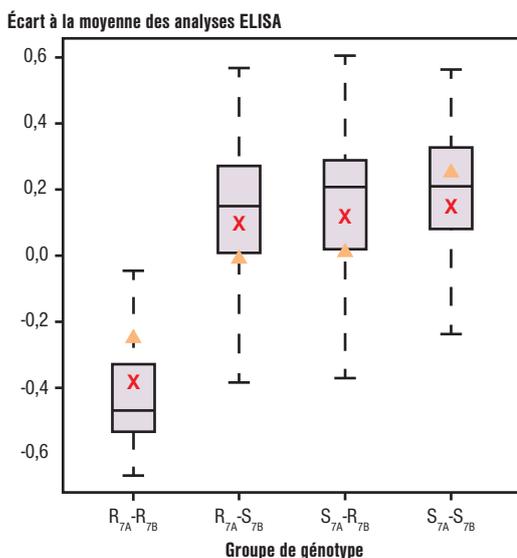
Soldur

Clovis

Miradoux

Pictur

INTERACTION POSITIVE : les deux régions de résistance se renforcent mutuellement



Échelle verticale : Quantité moyenne de virus-virus WSSMV en fonction du groupe de génotype des lignées. Symboles : La croix rouge est la médiane, le triangle jaune, la moyenne ; au moins 50 % des valeurs obtenues sont comprises dans l'intervalle de valeurs du rectangle.

Figure 1 : Niveau de résistance au WSSMV des lignées portant les deux *loci* (R_{7A}-R_{7B}), un seul (R_{7A}-S_{7B} et S_{7A}-R_{7B}) ou aucun (S_{7A}-S_{7B}). La sensibilité moyenne des individus portant les deux *loci* est plus faible que celle des individus portant un seul *locus* ou aucun.

variétés sensibles Silur et Lloyd sur des parcelles contaminées par le WSSMV. L'analyse génétique a permis d'identifier des *loci* de résistance au WSSMV sur les chromosomes 7A et 7B. Une relation épistatique, c'est-à-dire une interaction, ici positive, a été mise en évidence entre ces deux régions car les individus qui portent les deux *loci* ont une meilleure résistance que ceux qui n'en n'ont qu'un (figure 1).

Il faut encore réduire la taille de ces régions chromosomiques d'intérêt et tester leur efficacité dans des variétés à meilleur potentiel agronomique. Des marqueurs moléculaires ont été mis au point pour suivre précisément ces *loci* et, ainsi, aider les sélectionneurs à les introduire dans leur matériel de sélection. Le projet a également montré que la résistance apportée par Dic2 est différente de celle de Soldur.

À la recherche d'une double résistance

Afin d'apporter des solutions plus durables en matière de résistance, il est indispensable d'identifier des résistances aux deux virus. Dans ce contexte, un projet financé par le fonds de soutien à l'obtention végétale (FSOV) et porté par Florimond-Desprez cherche à identifier des *loci* de résistance au SBCMV sur le matériel végétal précédent. Les populations issues de croisements entre Dic2 ou Soldur avec une variété sensible seront évaluées dans divers environnements (y compris en

Les symptômes qui doivent alerter

Ce sont des tirets chlorotiques répartis irrégulièrement (en mosaïques), qui apparaissent sur les feuilles émergentes lorsque les plantes commencent à pousser après une période de temps froid. Très distincts des symptômes de certaines carences, ils permettent en général de faire un diagnostic assez certain. Ils sont souvent précédés, au cours de l'hiver, de jaunissements et rougissements qui révèlent la défaillance du système racinaire. Il est impossible de distinguer visuellement les deux virus par leurs symptômes.

Une analyse virologique en laboratoire confirmera la présence de virus dans une plante et déterminera son espèce : l'analyse ELISA, qui utilise la réponse d'un anticorps réagissant à la présence du virus, et l'analyse RT-PCR, qui détecte la présence d'ARN du virus recherché.

Italie) afin de valider la robustesse de la résistance apportée par ces deux génotypes.

Parallèlement, ce projet poursuivra le travail d'identification du gène dans le *locus* du chromosome 2BS, en évaluant des populations issues de la variété Méridiano, connue pour posséder le gène. Un dernier volet vise à développer un outil de phénotypage en conditions contrôlées. Il est destiné à évaluer la sensibilité des variétés aux virus indépendamment des interactions avec les conditions environnementales telles que le climat et la répartition du virus dans le sol.

L'aboutissement de ces travaux complémentaires donnera accès à des outils très précis pour suivre les déterminants génétiques de la double résistance au WSSMV et au SBCMV du blé dur – des outils utilisables par les sélectionneurs dans les programmes pour accélérer la mise à disposition de variétés de blé dur cumulant la résistance aux deux virus. Ces outils permettront de diviser par trois le temps nécessaire pour obtenir une variété sélectionnée pour la résistance à la mosaïque.

(1) Ce classement figure dans les guides de préconisations régionales « CHOISIR et Décider – Blé dur : variétés et interventions d'automne ».

Delphine Hourcade - d.hourcade@arvalis.fr
 Michel Bonnefoy - m.bonnefoy@arvalis.fr
 ARVALIS-Institut du végétal



À la montaison, le blé dur touché par la mosaïque présente des « tirets » chlorotiques sur les feuilles.

© M. Bonnefoy - ARVALIS-Institut du végétal