

## Evaluer les résistances variétales pour lutter contre la carie commune en production de céréales biologiques en particulier le blé tendre

L. Fontaine<sup>1</sup>, P. du Cheyron<sup>2</sup>, P. Morand<sup>3</sup>, S. Skikers<sup>2</sup>

<sup>1</sup> : Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB), 9 rue André Brouard - BP 70510, 49105 Angers Cedex 02

<sup>2</sup> : ARVALIS – Institut du végétal, La Minière, 78280 Guyancourt

<sup>3</sup> : Chambre d'Agriculture de la Drôme, 95 av Georges Brassens, 26500 Bourg-les-Valence

Correspondance : laurence.fontaine@itab.asso.fr

### Résumé

La carie commune du blé (causée par le champignon *Tilletia caries* ou *Tilletia foetida*) est une maladie en nette recrudescence en agriculture biologique, mettant en péril l'équilibre de la filière des céréales biologiques françaises. La recherche de méthodes de lutte adaptées à l'agriculture biologique s'impose, sachant qu'aucun traitement de semences n'est efficace à 100%. L'utilisation des résistances variétales apparaît comme une voie prometteuse pour limiter la propagation de la maladie. Depuis 2000, un essai destiné à évaluer les résistances des variétés de blé tendre à *Tilletia caries*, est conduit chaque année par ARVALIS-Institut du végétal. Ces essais ont permis d'identifier l'existence d'une forte variabilité de comportements vis-à-vis de cet agent pathogène au sein des variétés cultivées en France. Mais aucune variété répondant aux critères spécifiques de l'agriculture biologique ne présente de niveaux de résistances suffisants. Parallèlement, un réseau européen d'essais a permis de révéler une forte interaction géotypes X milieux, soulignant la nécessité de consolider ces premières observations en augmentant le nombre de lieux d'essai mais aussi d'identifier les gènes de virulence présents en France ainsi que les gènes de résistances présents dans les variétés.

**Mots clés** : carie commune, agriculture biologique, résistance, variété.

**Abstract:** Assessing varietal resistances to control common wheat bunt under organic cereal production and soft wheat, in particular

Common wheat bunt (caused by the fungus *Tilletia caries* or *Tilletia foetida*) is a disease whose incidence is clearly on the rise in organic farming, jeopardising the balance of the French organic cereal sector. Control methods adapted to organic farming must be found, especially since we know that no seed treatment is 100% effective. The use of varietal resistance appears particularly promising for limiting the spread of the disease. Since 2000, an experiment whose purpose is to assess the resistance of soft wheat varieties to *Tilletia caries* is conducted each year by the French plant institute, ARVALIS. These experiments make it possible to identify the existence of a wide behavioural variability with respect to this pathogen among the different varieties grown in France. However, no variety corresponding to the specific criteria imposed by organic agriculture has yet to show adequate levels of resistance. At the same time, a European testing network revealed a strong genotype X environment interaction, emphasizing the necessity of consolidating these initial observations by increasing the number of test sites and by identifying virulence genes present in France as well as resistance genes present in the different varieties.

**Keywords:** wheat bunt; organic farming; resistance; variety.

## Introduction

La carie commune du blé est une maladie causée par le champignon *Tilletia caries* ou *Tilletia foetida*. En France, elle a été pendant longtemps la principale maladie des blés d'hiver. Dans les années 50, grâce aux traitements chimiques des semences, elle a quasiment disparue des cultures de céréales et n'a plus constitué une menace sérieuse pour les agriculteurs. Sa réapparition dans les années 80 peut être imputée à divers facteurs tels que le raccourcissement des rotations ou l'utilisation de semences contaminées sans anticipation des conséquences en l'absence de connaissances de la maladie. Sa recrudescence est plus particulièrement effective en agriculture biologique (AB) (Pradalié, 2008) où les traitements de semences sont strictement légiférés par le cahier des charges de l'agriculture biologique.

Cette évolution particulière en fait aujourd'hui une maladie très peu connue. Une meilleure connaissance de la maladie et de ces caractéristiques en lien avec les conditions extérieures permettrait d'optimiser la recherche de moyens préventifs et de méthodes de lutte adaptées à l'AB. Nous savons aujourd'hui qu'aucun traitement de semences non chimique n'est efficace à 100%. Les axes de recherche développés dans cette étude constituent des approches alternatives et complémentaires au traitement de semences. L'utilisation des résistances variétales combinée à l'étude des facteurs extérieurs défavorables à la carie apparaît comme une voie prometteuse pour limiter la propagation de la maladie.

## Descriptif du mode de propagation du champignon *T. caries*

La contamination se produit lors de la germination du blé ; cependant, les symptômes ne sont visibles qu'au stade de remplissage des grains.

Les spores de carie sont présentes à l'état végétatif à la surface de la semence ou dans le sol. Dans des conditions de température et d'humidité particulières, les spores germent et effectuent une reproduction sexuée. La contamination se traduit par l'émission d'un mycélium qui pénètre dans le coléoptile de la plante et progresse en direction de l'épi au fur et à mesure de son développement. Lorsque l'ovaire est atteint, une production massive de spores remplace le germe et l'amande des grains. A la récolte, les grains cariés éclatent libérant ainsi les spores qui contaminent le sol et les semences, commençant ainsi un nouveau cycle (Champion, 1997).

Un épi contaminé s'identifie aisément à l'ouverture des grains par la présence de spores noirs. De plus, il présente des caractéristiques visuelles spécifiques telles qu'un taux de glaucescence élevé, une taille généralement plus petite, la couleur vert olive des grains. La présence de triméthylamine dans les spores est à l'origine d'une odeur caractéristique (celle de poisson pourri) des grains cariés qui est rédhibitoire, même à un taux très faible, pour la commercialisation des lots de grains pour la filière semences ou pour la meunerie.

## Contexte, matériel et méthodes

Quelques références en matière de résistance variétale existent en Suisse (Mascher et Kellenberger, 2005 ; Bazinger, 2003) et en Allemagne (Spiess *et al.*, 2007). En France, ARVALIS-Institut du végétal conduit chaque année depuis 2001 un essai à Villiers le Bâcle, en région parisienne, pour évaluer les résistances à la carie de diverses variétés de blé tendre (Fontaine *et al.*, 2007). Depuis trois ans, une attention particulière est accordée au choix de variétés de blé tendre cultivées en AB et, en plus faible proportion, à d'autres espèces de céréales particulièrement prisées en AB telles que le triticale, le seigle ou encore l'épeautre.

Le positionnement de l'essai de Villiers le Bâcle reste inchangé au cours des années, et les conditions de contamination demeurent similaires. La contamination artificielle des semences est effectuée à l'aide

des spores de carie récoltées l'année précédente à raison de 2 grammes de spores pour 1 kg de semences, soit environ 20 000 spores/ grain. L'essai est disposé en blocs randomisés avec trois répétitions par modalité. Chaque modalité est semée en deux rangs d'1,5 m à l'automne. Lorsque les grains arrivent à maturité physiologique, tous les épis sont récoltés manuellement et placés dans des sacs hermétiques par modalité. Le dénombrement des épis cariés et non cariés permet d'obtenir un pourcentage d'épis cariés par variété. Ces résultats sont alors traités statistiquement au moyen d'une analyse de variance. Le modèle utilisé est un modèle linéaire mixte. Les moyennes d'épis cariés (%) sont normalisées par transformation arcsinus dont il résulte des moyennes ajustées qui sont ensuite détransformées pour fournir le résultat final.

En parallèle, un réseau multi-local à l'échelle européenne a été mis en place depuis 2007. Ce programme, conduit en collaboration avec de nombreux partenaires européens, a pour objectif d'étudier la stabilité des résistances de divers cultivars, dont ceux qui se sont le mieux comportés sur l'essai de Villiers le Bâcle, dans des conditions pédoclimatiques différentes et vis-à-vis d'autres souches de carie. Les conditions d'expérimentations sur les différents sites européens sont comparables avec celles définies sur le site de Villiers le Bâcle.

## Résultats

Les résultats de l'analyse de variance mettent en évidence un effet variété hautement significatif ( $P < 0.01$ ) et des niveaux de sensibilités très contrastées (Figure 1). Alors que certaines variétés affichent des taux d'épis cariés supérieurs à 30%, quelques génotypes ont des taux très faibles. La variété Québon qui figure deux années de suite dans l'essai, a un pourcentage d'épis cariés nul. La variété Crousty, présente six années, se révèle également très peu touchée par la carie avec une moyenne de 0,2 %. Levis, variété cultivée en AB dans le sud de la France figure également parmi les variétés les moins contaminées sur ce lieu.

Sur le tableau 1, sont indiquées les parts respectives d'assolement des principales variétés de blé tendre cultivées en AB en France. Ces variétés, présentes dans les essais de Villiers-le Bâcle, figurent parmi les variétés ayant un taux de contamination élevé. Renan, variété représentant presque un tiers de l'assolement de blé en France, est contaminée à plus de 16 %. Des variétés comme Soissons, Camp Rémy, Orpic, Lona et Saturnus ont des pourcentages d'épis cariés compris entre 9 et 15 %.

Ces résultats mettent en évidence que la plupart des variétés aujourd'hui cultivées en AB ne présentent pas un bon niveau de résistance à la carie. Parmi les variétés qui affichent un bon niveau de résistance sur l'essai de Villiers le Bâcle, aucune ne répond réellement aux besoins agronomiques et/ou technologiques de l'AB.

Les résultats obtenus sur le site de Villiers-le-Bâcle sont cependant à relativiser. Ils révèlent le comportement des variétés vis-à-vis de la ou des souches de *T. caries* utilisées dans cet essai pour contaminer les semences. Si l'on s'intéresse aux résultats obtenus dans le cadre du Ringtest européen mis en place en 2007 (Figure 2), on constate que Québon, notée résistante dans l'essai d'Arvalis-Institut du végétal, apparaît comme peu sensible dans la plupart des autres sites excepté un site de Roumanie, où elle apparaît comme la variété la plus sensible. Québon offre un bon niveau de résistance, mais certaines souches de carie, comme celle(s) présente(s) dans le site roumain, sont capables de contourner le ou les gènes mis en jeu. Sankara, autre variété notée résistante à Villiers-le-Bâcle, apparaît sensible dans la majorité des autres sites européens. Les résultats du Ringtest européen sont par ailleurs prometteurs quant au comportement de quelques cultivars (V7 et V8), notés comme très peu sensibles à indemnes dans tous les sites du réseau.

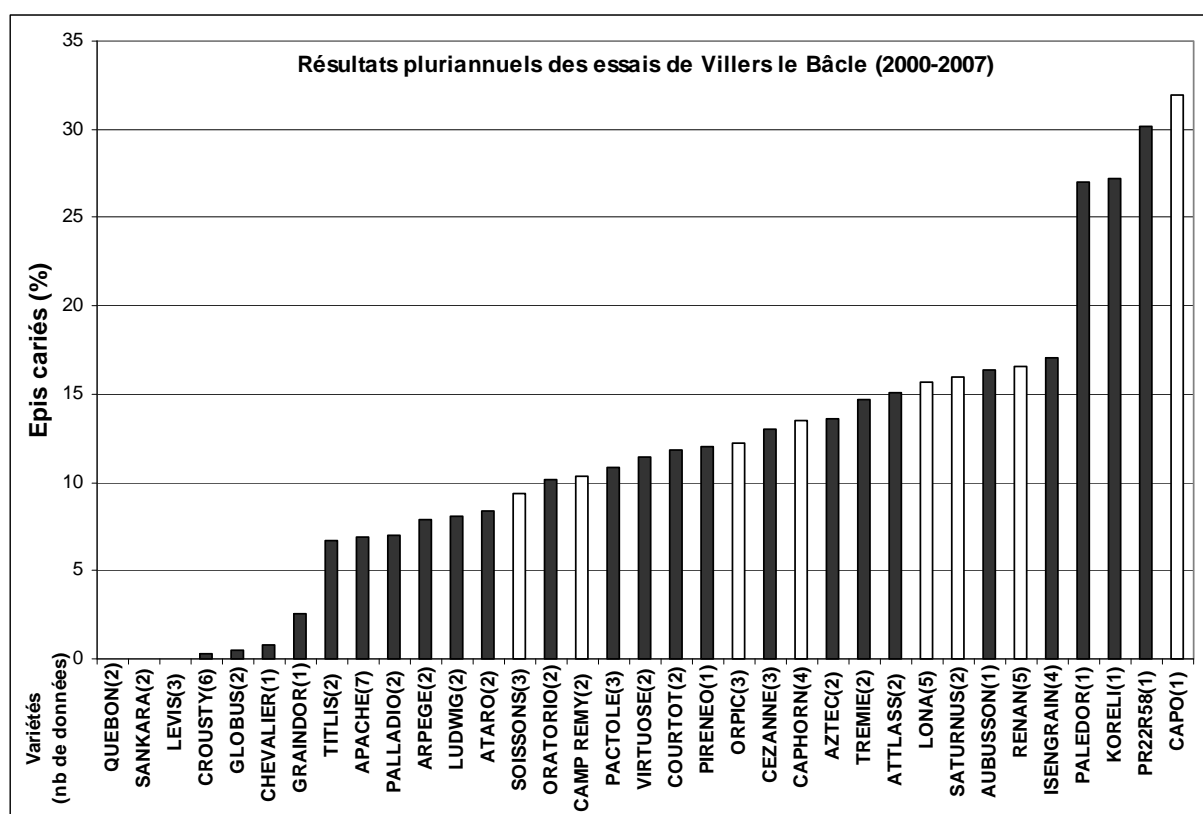


Figure 1 : Sensibilité de variétés de blé vis-à-vis de la carie commune (*T. caries*). Moyennes pluriannuelles ajustées. Résultats exprimés en % d'épis cariés. Les variétés en blanc sont celles fréquemment cultivées en AB (cf Tableau 1). Le chiffre entre parenthèses indique le nombre d'essai où était la variété.

Tableau 1 : Sensibilité à la carie des variétés les plus cultivées en AB en France dans les essais Arvalis de Villiers-le-Bâcle (91).

Variété	Estimation de la part de l'assolement en blé en France en 2007 (%). Source ONIGC	Moyenne ajustée du pourcentage d'épis contaminés (nb de données)
Renan	29	16.6 (5)
Capo	5	31.9 (1)
Orpic	5	12.2 (3)
Camp Rémy	4	10.4 (2)
Lona	4	15.7 (5)
Saturnus	4	16 (2)
Caphorn	4	13.5 (4)
Triso	4	
Achat	3	
Soissons	3	9.4 (3)
Levis (référence peu sensible)	NC	0 (3)
Crousty (référence peu sensible)	NC	0,3 (6)

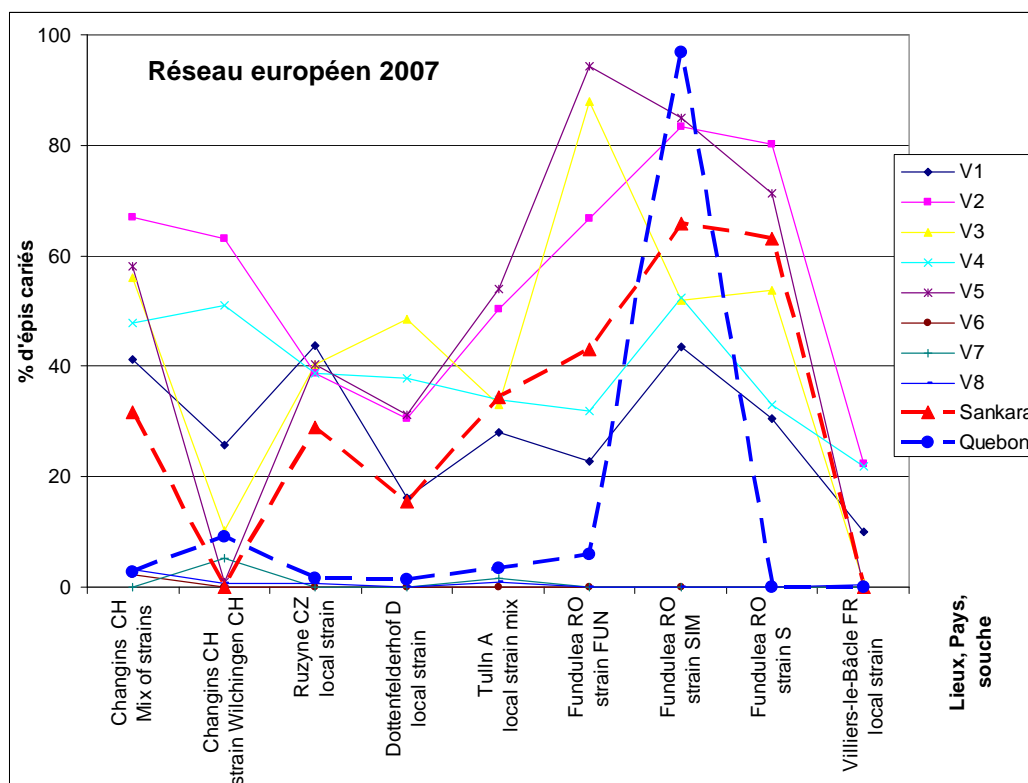


Figure 2 : Sensibilité à la carie de différents cultivars de blé testés dans des sites européens. Résultats exprimés en % d'épis cariés.

## Discussion

Il ressort une grande variabilité des résultats suivant les variétés et le site. Ceci montre la forte influence des conditions du milieu, combinées à la souche de carie incriminée. Autrement dit, il est important de mieux comprendre les interactions géotypes X milieu en vue de préconiser des variétés de blé tendre résistantes à la *T. caries*.

Deux hypothèses peuvent être émises : l'influence effective des conditions de culture et du milieu environnant sur la résistance variétale à la carie; ou l'existence d'une distribution géographique de pathotypes de *Tilletia caries* possédant différentes associations de gènes de virulence. Afin de consolider les résultats, le site d'essai de Villiers-le-Bâcle a été doublé en 2007/2008 pour évaluer les résistances des variétés dans un milieu différent, potentiellement porteur d'un autre pathotype de *T. caries* (essai conduit par la Chambre d'Agriculture de la Drôme, CA26).

Par ailleurs, afin de confirmer et de fiabiliser les résistances variétales, il apparaît indispensable d'améliorer les connaissances sur la structuration des populations de carie présentes en France, par l'utilisation d'une gamme variétale différentielle (Babayants *et al.*, 2006). Ceci devrait permettre (i) de caractériser les souches de carie présentes dans différentes régions françaises et de déterminer les gènes de résistance non contournés, et (ii) d'identifier les gènes de résistance présents dans les variétés ayant les meilleurs comportements, telles que Québon ou Sankara citées plus haut.

## Conclusion

L'évaluation des variétés vis-à-vis de la carie est stratégique pour l'AB qui ne dispose pas de méthode de lutte totalement efficace. Elle est cependant difficile, car on constate une interaction entre le comportement des variétés et le milieu (sol, climat et pathotypes de carie). Des références restent donc

à acquérir d'une part sur les variétés les plus cultivées en AB (à l'exception de Levis celles testées jusqu'ici s'avèrent sensibles) et, d'autre part, sur les nouvelles variétés arrivant sur le marché (mais aucune jusqu'ici ne montre de résistance suffisante). Pour cela, un réseau multi-local est proposé par l'ITAB, Arvalis – Institut du végétal, la Chambre d'Agriculture de la Drôme et leurs partenaires. Les variétés en cours de sélection destinées à l'AB (blé tendre, blé dur) sont aussi à tester, en vue d'y insérer des gènes de résistance ; les plus avancées sont d'ailleurs présentes dans les essais de la campagne en cours. Enfin, à compter de l'automne 2009, un programme de caractérisation des souches de carie présentes en France est prévu afin d'identifier les virulences présentes sur notre territoire. Ces informations seront utiles pour mieux conseiller les agriculteurs sur les variétés à cultiver pour lutter contre la carie, et pour aider à la sélection de nouvelles variétés résistantes.

**Remerciements :** L'ONIGC apporte son appui financier depuis 2006 à l'essai variété de Villiers-le-Bâcle, conduit par Arvalis, et à celui de la Chambre d'Agriculture de la Drôme mis en place pour la campagne 2007/2008. L'ITAB reçoit également une aide de l'ONIGC depuis 2007 pour la coordination du « programme carie » (plusieurs volets le composent : communication, observatoire, résistances variétales, traitement des semences....).

### Références bibliographiques

- Babayants L.T., babayants O.V., Baranovskaya V.L., Dubinina L.A., 2006, *Tilletia caries* and resistance of wheat to this pathogen in Ukraine, Czech J. Genet. Plant Breed., 42, p.33-36
- Bäzinger Irene, 2003. Stinkbrandanfälligkeit in- und ausländischer Weizensorten [Résistances des variétés de blé à la carie ordinaire], AgrarForschung 10, 328-333.
- Champion Rémi, 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. INRA Editions, 400 p.
- Fontaine L., Hédont M., Bernicot M.H., Caron D., Robin N., Fougereux J.A., Collin F., Maurice R., Mercier F., 2007, Cahier technique carie du blé : agir avant qu'il ne soit trop tard, 12p.
- Mascher F., Kellenberger S., 2005, Screening for resistance against common bunt in wheat, poster.
- Pradalié P., 2008, Observatoire carie 2007, communication interne programme ONIGC-ITAB 2007/2008 « Lutte contre la carie commune ».
- Spieß, Hartmut; Jahn, Marga; Koch, Eckard; Lorenz, Norbert; Müller, Karl-Josef; Vogt-Kaute, Werner; Waldow, Franziska; Wächter, Rebecca and Wilbois, Klaus-Peter (2007) Stand der Bekämpfung von Brandkrankheiten im ökologischen Getreidebau [Developments in the control of bunt and smut in organic cereal production]. Paper presented at Zwischen Tradition und Globalisierung - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20.-23.03.2007