

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**SYNGENTA PRESENTE SON INNOVATION FONGICIDE CEREALES : SOLATENOL™
OU BENZOVINDIFLUPYR**

F. BLANC⁽¹⁾, A. GARRAUD⁽²⁾ ET A. HAEFFLINGER⁽³⁾

SYNGENTA S.A.S, 1 Avenue des Prés, 78286 GUYANCOURT, FRANCE

(1) fabrice.blanc@syngenta.com

(2) aurelie.garraud@syngenta.com

(3) alexandre.haefflinger@gmail.com

RÉSUMÉ

Le SOLATENOL™ (ou benzovindiflupyr), est une nouvelle substance active fongicide innovante issue de la recherche Syngenta. C'est un nouveau représentant de la sous-classe des pyrazoles carboxamides, dans la famille des inhibiteurs de la succinate-déshydrogénase (SDHI). Le benzovindiflupyr appartient à une nouvelle génération de matières actives qui montre une excellente activité contre les principales maladies foliaires des blés, des orges mais aussi des céréales secondaires. Il possède également une très bonne activité sur certaines maladies des légumineuses comme la rouille du soja (*Phakopsora pachyrhizi*), culture sur laquelle il est déjà développé en Amérique latine (Paraguay, Bolivie, Brésil et Argentine). Des particularités chimiques uniques telles qu'une bonne mobilité dans la plante, une excellente activité intrinsèque contre les maladies foliaires majeures des céréales, une très longue durée d'action ou encore une contribution au maintien de la surface verte des feuilles sont autant d'éléments à l'origine des performances du benzovindiflupyr. De nombreuses associations sont actuellement en cours de tests en France, aussi bien sur blés que sur orges.

Mots-clés: benzovindiflupyr, SDHI, pyrazole, Syngenta, innovation, Solatenol.

ABSTRACT

SYNGENTA PRESENTS ITS CEREAL FUNGICIDE INNOVATION / BENZOVINDIFLUPYR OR BENZOVINDIFLUPYR

SOLATENOL™ is a new fungicide active ingredient coming from Syngenta research. It is a new representative of the pyrazole carboxamide subclass, from the family of Succinate dehydrogenase Inhibitor (SDHI). benzovindiflupyr belongs to a new generation of active ingredients that shows an excellent activity against the main diseases of wheat, barley and some other cereals. It also has an excellent activity against some vegetables diseases, in particular the Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) crop on which benzovindiflupyr is already developed in Latin America (Paraguay, Bolivia, Brazil and Argentina). Some unique chemical properties such as good mobility in the plant, excellent intrinsic activity against the major foliar diseases on cereals, very long duration of control or maintenance of the green leaf area are among the elements at the origin of benzovindiflupyr's performance.

Various associations' products are currently under tests process in France, as well on wheat and barley.

Keywords: benzovindiflupyr, SDHI, pyrazole, Syngenta, innovation, SOLATENOL™.

INTRODUCTION

Sur la campagne 2014/2015, pas moins de 2,5 milliards de tonnes de céréales ont été produites dans le monde avec notamment 1 milliard de tonnes de maïs et 725 millions de tonnes de blé (USDA, 2015). Avec ses 63,7 millions de tonnes de céréales produites, la France est le premier producteur céréalier de l'Union Européenne. Les cultures cérésières à paille recouvrent près de 7,6 millions d'hectares en France (Syngenta, 2013). Bien qu'une dizaine de céréales soient cultivées dans l'Hexagone, le plus gros de la production dépend du blé tendre qui représente 52 % de la production cérésière française avec 35,5 Mt produites et de l'orge avec 16,7 % de la production cérésière soit 11,3 Mt (Cornec, 2013). Les débouchés du marché céréalier sont nombreux et demeurent essentiels à l'économie nationale. On retrouve aussi bien des produits destinés à l'alimentation humaine que des produits destinés à l'alimentation animale. Une production de céréales qualitative mais également quantitative demeure un des objectifs majeurs des agriculteurs.

Avec une moyenne de 83,9 €/ha, la protection fongicide représente plus de la moitié du coût total de la protection phytosanitaire sur blé en 2015, pour une nuisibilité moyenne des maladies de 21,6 q/ha en blés et 15,7 q/ha en orges sur les 5 dernières années (Essais Syngenta, 2010-2015). Dans le but de contrôler au mieux les pathogènes fongiques responsables de ces nuisibilités, les agriculteurs peuvent avoir recours à différents leviers d'action. Le premier levier reste l'agronomie. En effet, les pratiques culturales contribuent largement à augmenter ou réduire le risque maladies (rotation, date de semis, labour, etc.). Parmi les autres solutions disponibles, la variété d'une part et le recours aux produits phytopharmaceutiques d'autre part constituent des leviers déterminants (Oerke, 2006). Les produits de biocontrôle sont très peu développés sur ce marché, mais de nombreuses études sont en cours. Depuis plusieurs années, des phénomènes de résistance sont apparus chez certaines souches de champignons phytopathogènes. De nombreux cas de souches résistantes aux fongicides ont par ailleurs déjà été identifiés : résistances aux produits appartenant aux familles telles que les strobilurines (QoI) ou les Inhibiteurs de la DÉMéthylation (IDM) (Sierotzki & Scalliet, 2013). Face à de telles souches résistantes, les fongicides peuvent avoir une efficacité très limitée. C'est dans ce contexte que l'innovation phytosanitaire prend tout son sens. Plus qu'une simple solution pour les agriculteurs, les matières actives innovantes telles que le SOLATENOL™ enrichissent la diversité des molécules disponibles et des modes d'action, assurant une efficacité accrue et pérennisant l'efficacité des matières actives.

Nous présenterons à travers cet article divers tests et expérimentations réalisés en plein champ. Les nombreux résultats obtenus en France, mais également dans d'autres pays d'Europe, permettront une meilleure compréhension des particularités du benzovindiflupyr. Les interactions du benzovindiflupyr avec divers pathogènes ou la plante seront également présentés. Finalement, les résultats apportés dans cet article mettront en évidence les hautes performances du benzovindiflupyr, véritable innovation technique.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Afin de démontrer les nombreuses particularités à l'origine des performances du benzovindiflupyr (produit codé ST01), plusieurs méthodes de tests réalisées en plein champ vont être abordées. Les éléments plus spécifiques aux résultats obtenus au laboratoire sont le fruit d'une autre publication (Rambach et al., CIMA 2015).

Présentation des produits à base de benzovindiflupyr et usages

Actuellement homologué en Bolivie (2012), au Paraguay (2013), au Brésil (2014), en Argentine (2014) mais aussi aux Etats-Unis et Canada (2015), le benzovindiflupyr apparaît comme une solution puissante et innovante sur de nombreuses cultures. Parmi ces cultures, nous pouvons citer le blé, le

maïs, le soja, les pommes, poires et la vigne, mais aussi les cacahuètes, les pommes de terre, la tomate, le coton, la canne à sucre, le café et les pois. En raison de cette grande diversité de cultures, le benzovindiflupyr est actuellement homologué notamment sous la marque ELATUS™ (figure 1) dans ces pays. Concernant les maladies ciblées, le benzovindiflupyr est par exemple utilisé contre la septoriose du blé, les rouilles du soja et du blé, *Venturia inequalis* ou *Mycosphaerella fijiensis*. D'un point de vue européen, le benzovindiflupyr est en cours d'homologation dans l'ensemble des pays de l'Union Européenne. La formulation prévue pour l'homologation est un concentré émulsionnable (EC) contenant 100 g/L de benzovindiflupyr.

Figure 1 : Logo du produit à base de benzovindiflupyr, ELATUS™.
(Product's logo composed of benzovindiflupyr, ELATUS™)



En France, la formulation testée contient 100 g/l de benzovindiflupyr, la dose d'utilisation demandée est de 0,75 L/ha (soit 75 g/ha de matière active). Les cultures concernées par la demande d'homologation étant exclusivement céréalières, seule une utilisation du benzovindiflupyr contre les maladies majeures des céréales sera préconisée. La figure 2 liste les maladies foliaires majeures qui font l'objet d'une demande d'homologation. Les préconisations d'emploi seront les suivantes : 1 application maximum, autour de la dernière feuille étalée des blés, seigle et triticale, autour de la sortie des barbes pour les orges et avoines, uniquement en association. Parmi les associations travaillées dans les essais, le CHEROKEE, l'OVERDEX, le PRIORI XTRA ou encore l'AMISTAR™ OPTI font partie des partenaires clés du benzovindiflupyr.

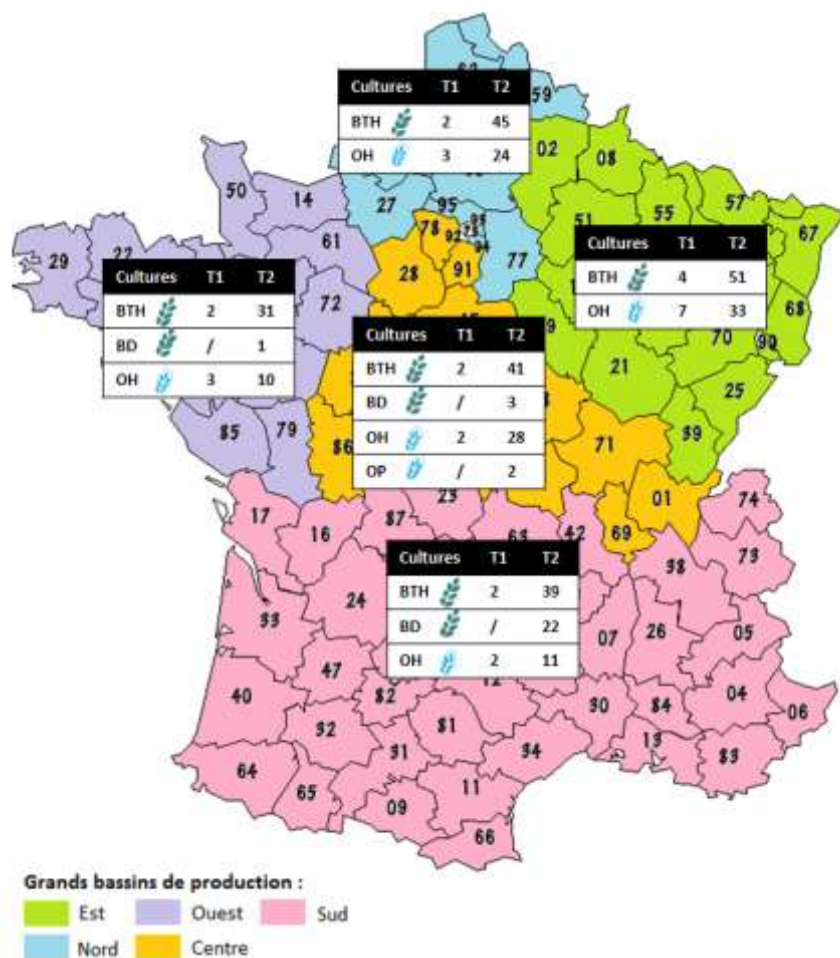
Figure 2 : Cultures et maladies pour lesquelles l'homologation du benzovindiflupyr est demandée.
(Crops and diseases for which the benzovindiflupyr's homologation is submitted)

Blés	Orges	Seigle	Triticale	Avoine
Septoriose	Helminthosporiose	Rouille	Septoriose	Rouille couronnée
Rouille brune	Rhynchosporiose	Rhynchosporiose	Rouille brune	
Rouille jaune	Rouille naine		Rouille jaune	
	Ramulariose			

Répartition des essais benzovindiflupyr en France

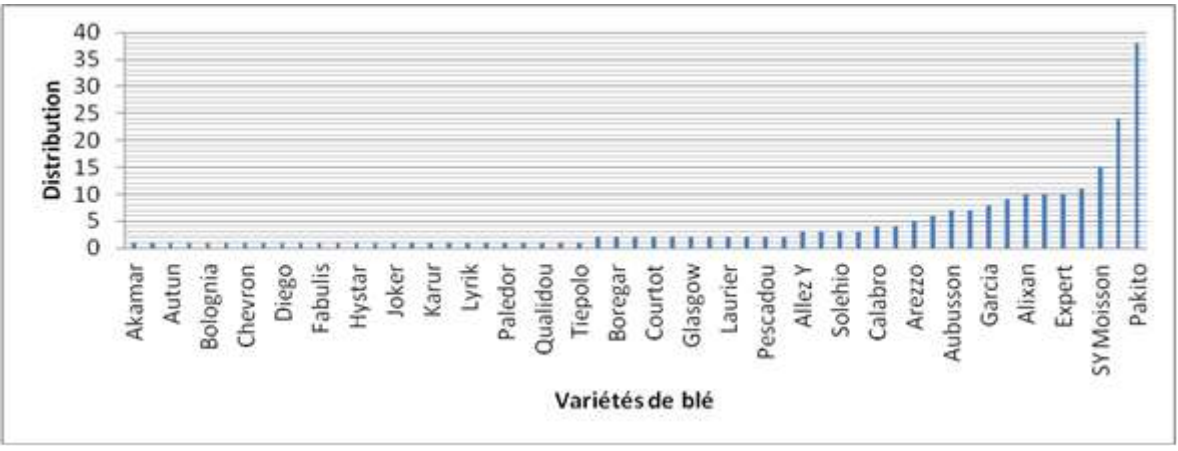
Afin d'estimer au mieux tout le potentiel du benzovindiflupyr, de nombreux essais ont été réalisés en France sur blés et sur orges, depuis 2013. Les conditions pédoclimatiques et agronomiques pouvant fortement varier selon les régions, les essais ont été mis en place sur tous les grands bassins de production céréalière en France (figure 3). Il a également été décidé de diversifier au mieux les variétés utilisées pour l'implantation des essais, tout cela afin de vérifier l'efficacité et la régularité du benzovindiflupyr (figure 4).

Figure 3 : Répartition des modalités d’essais benzovindiflupyr par bassin de production, France 2013-2015.
(Distribution of benzovindiflupyr’s trial according to production area, France 2013-2015)



T1 : 1^{er} traitement ; T2 : 2^{ème} traitement ; BTH : blé tendre d’hiver ; BD : blé dur ; OH : orge d’hiver ; OP : orge de printemps.

Figure 4 : Nombre de variétés de blé utilisées pour l’implantation des essais, France 2013-2015.
(Wheat varieties tested with benzovindiflupyr, France 2013-2015)



Comme nous le montrent les figures 3 et 4, un nombre conséquent d’essais ont été réalisés en France depuis 2013 avec le benzovindiflupyr. Ces essais ont été mis en place selon les Bonnes Pratiques d’Expérimentation (BPE) et en conformité avec la méthode CEB n°189 : *Méthode d’étude*

en plein champ de l'efficacité pratique des substances antifongiques destinées à lutter contre les maladies des céréales (traitement des parties aériennes). Bien qu'une majorité de modalités testées concerne les blés tendres d'hiver et les orges d'hiver, plusieurs essais ont également été menés sur blés durs et orges de printemps. La répartition des essais benzovindiflupyr sur blé est relativement similaire selon les bassins de production, avec en moyenne plus de 150 modalités d'essai par bassin de production. Afin de mieux connaître les caractéristiques du benzovindiflupyr, celui-ci a été testé sur un très grand nombre de variétés différentes (figure 4). Ainsi, nous avons pu évaluer la très bonne sélectivité de notre spécialité.

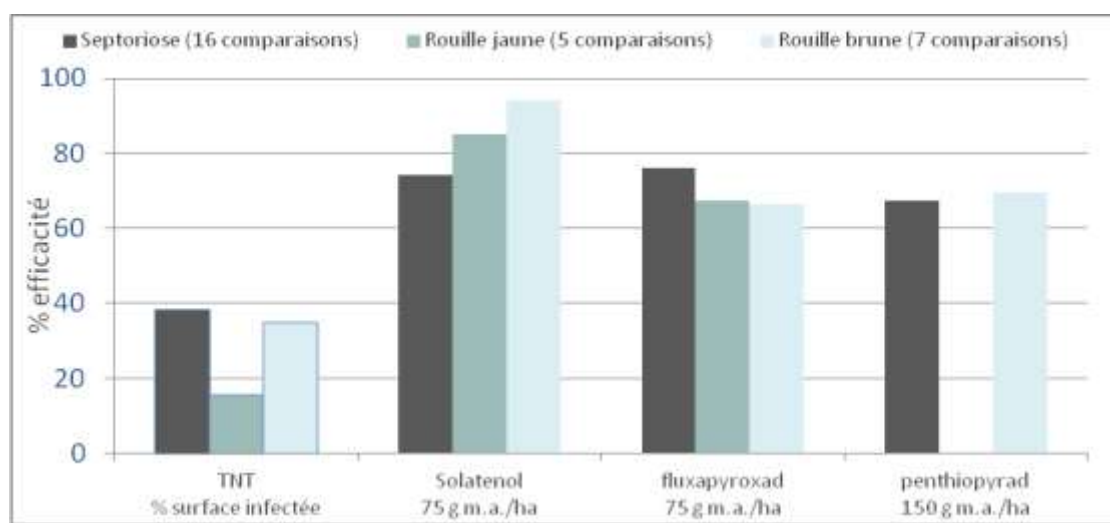
RÉSULTATS

Afin d'illustrer les performances du benzovindiflupyr sur blé et orge, plusieurs résultats représentatifs vous sont présentés.

La figure 5 a été réalisée d'après des essais blés Syngenta mis en place en 2014 en France. Dans cette comparaison d'efficacité fongicide, le ST01 a été testé seul à 0,75 L/ha, en application unique effectuée à BBCH 39-41. Il a été comparé au fluxapyroxad (75 g m.a./ha) et au penthiopyrad (150 g m.a./ha) à doses réduites, deux molécules appartenant à la même famille chimique. Les maladies évaluées étaient soit la septoriose, soit la rouille jaune, soit la rouille brune.

Figure 5 : Résultats d'efficacité des SDHI solo sur blé.

(Efficacy against wheat main diseases with SDHI solo compounds.



On observe une efficacité supérieure du benzovindiflupyr sur les rouilles, avec +18 % d'efficacité comparé au fluxapyroxad sur rouille jaune, et +22,8 % d'efficacité moyenne sur rouille brune comparé au fluxapyroxad et au penthiopyrad. Concernant la septoriose, le benzovindiflupyr apporte un gain d'efficacité de + 6,75 % comparé au penthiopyrad.

Les figures 6 et 7 ont été réalisées d'après des essais blés et orges Syngenta 2013-2014, essais plein champ réalisés en France. Le ST01 a été testé associé à 105 à 150 g m.a./ha de prothioconazole. Le SDHI 21 a quant à lui été testé avec une formulation apportant 50 à 75 grammes de bixafen et 105 à 150 grammes de prothioconazole par hectare, et le SDHI 32 avec une formulation apportant 50 à 62,5 grammes de fluxapyroxad et 36-45 grammes de metconazole par hectare.

Figure 6 : Spectres d'efficacité sur les maladies majeures des blés et des orges.
(Efficacy against main foliar diseases on wheat and barley)

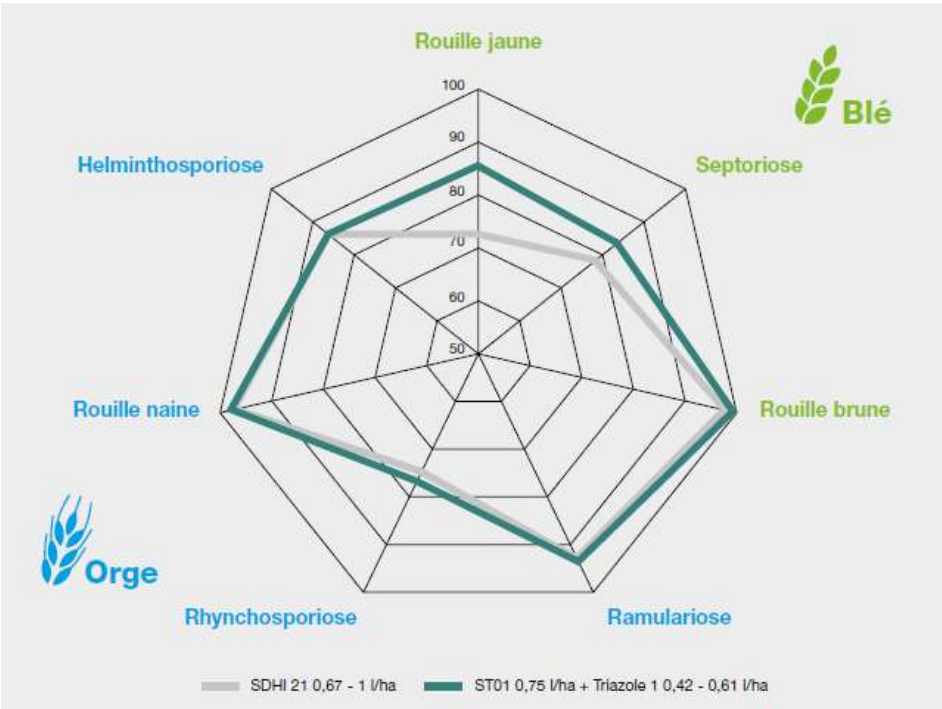
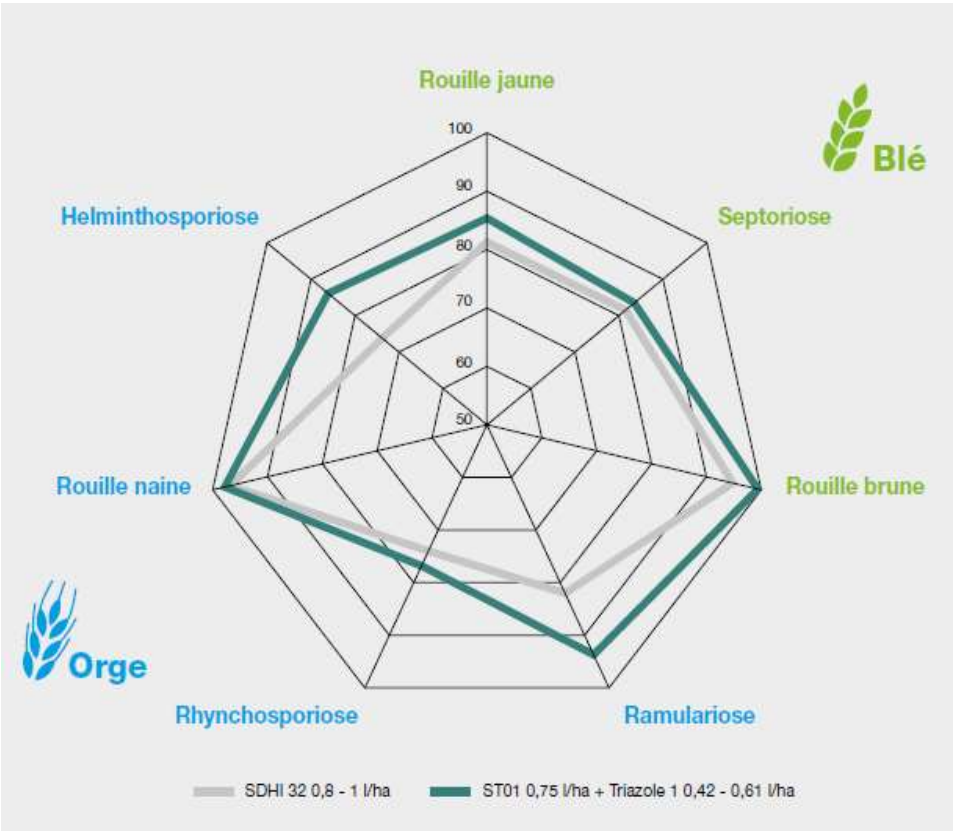


Figure 7 : Spectres d'efficacité sur les maladies majeures des blés et des orges.
(Efficacy against main foliar diseases on wheat and barley)



Que ce soit sur blés ou sur orges, on peut constater que le benzovindiflupyr apporte une efficacité supérieure ou égale sur maladies majeures comparé à une référence s SDHI du marché (SDHI 32 : fluxapyroxad associé au metconazole). Sur blés, les écarts les plus significatifs sont observés en comparaison du SDHI 21 qui affiche un retrait de - 12,9 % d'efficacité sur rouille jaune ou encore - 5,3 % d'efficacité sur septoriose. Sur orges, le benzovindiflupyr apporte une meilleure protection que le SDHI 32 avec + 12,3 % d'efficacité sur helminthosporiose et + 11,7 % d'efficacité sur ramulariose. Le tableau I présente de manière synthétique l'activité du benzovindiflupyr comparé à celle du boscalid (référence CEB) sur les principales maladies foliaires sur blés comme sur orges.

Tableau I : Efficacités sur les maladies majeures des feuilles des céréales.
(Efficacy against the main cereal foliar diseases)

	Blés		Orges			
	Septoriose	Rouilles	Helminthosporiose	Rhynchosporiose	Rouille naine	Gnillures/ramulariose
Boscalid	**	*	**	*	*	***
Solatenol™	***	***	***	***	***	***

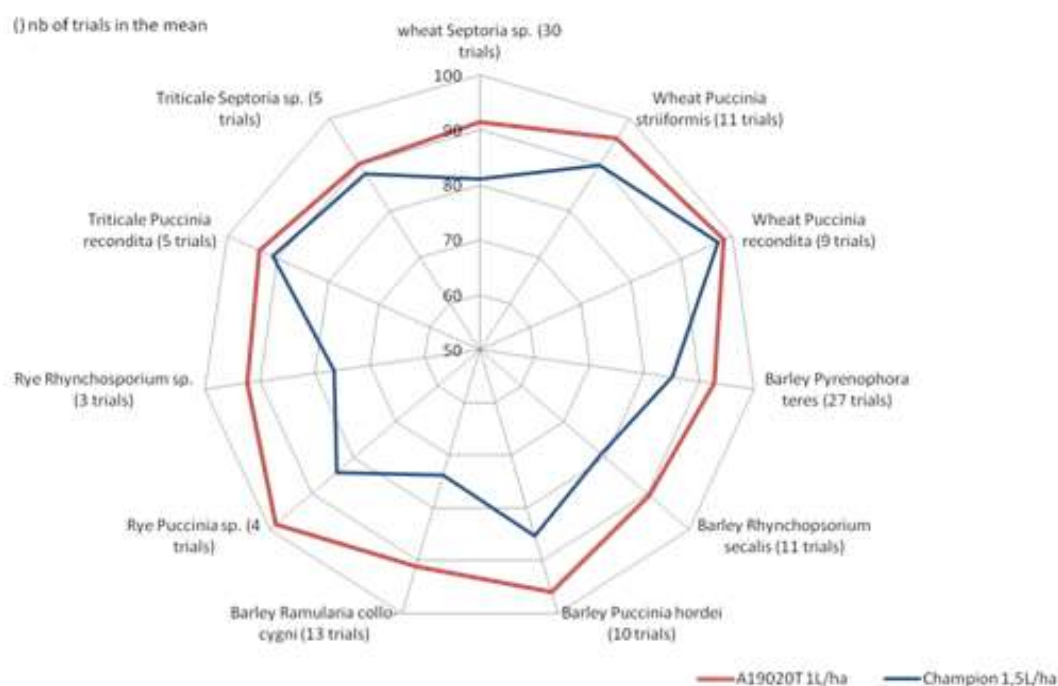
* faible ** moyenne *** bonne - non homologué

Ce tableau souligne l'excellent potentiel du benzovindiflupyr sur les principales maladies des blés et des orges.

Afin d'évaluer les performances en terme d'efficacité sur un plus grand nombre de maladies et d'espèces, la figure 8 illustre le spectre d'action du benzovindiflupyr. Ces résultats sont issus des essais réalisés en Europe sur la période 2012-2014.

Figure 8 : Comparaison d'efficacité sur les principales maladies des céréales à paille entre le benzovindiflupyr et le boscalid 350 g/ha associé à l'époxiconazole 100,5 g/ha.

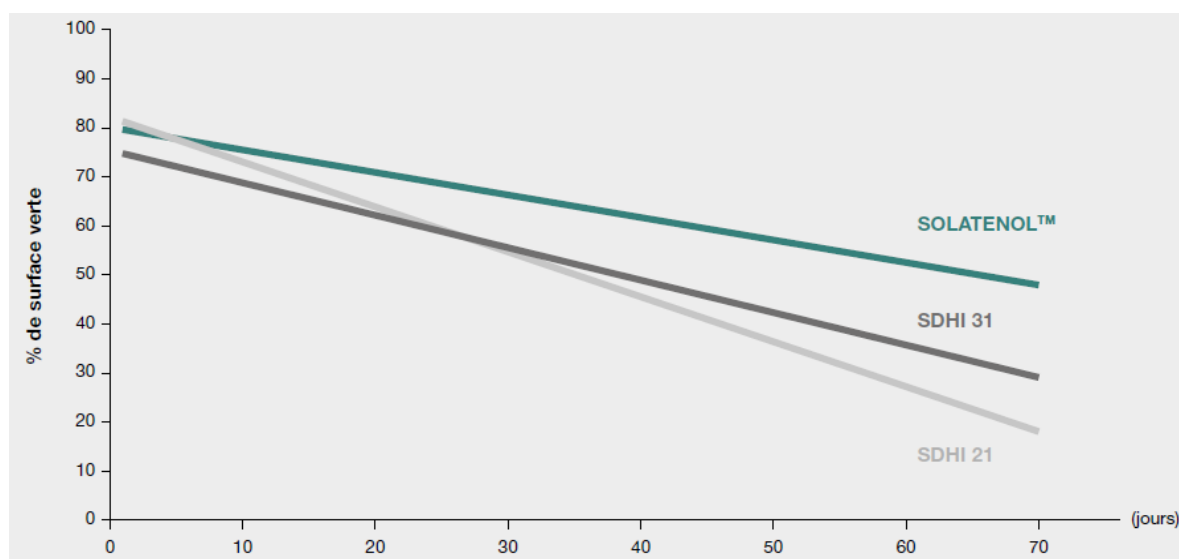
(Comparison of benzovindiflupyr's efficacy and boscalid 350 g/ha plus epoxyconazole 100,5 g/ha efficacy against the main foliar diseases on straw cereals)



Comme le montre la figure 8, le benzovindiflupyr se révèle particulièrement efficace sur les principales maladies foliaires des céréales à paille comparé au boscalid 350 g/ha associé à l'époxiconazole 100,5 g/ha – (Référence CEB), , avec des efficacités évaluées à au moins 90 % sur toutes ces maladies.

Afin d'évaluer la durée d'action du benzovindiflupyr, la figure 11 a été réalisée en combinant les notations de pourcentage de surface verte effectuées dans 15 essais en 2014 avec différents délais après application.

Figure 11 : Pourcentage de surface verte foliaire en fonction du nombre de jours après application
(Green leaf area percentage depending on delay after application)

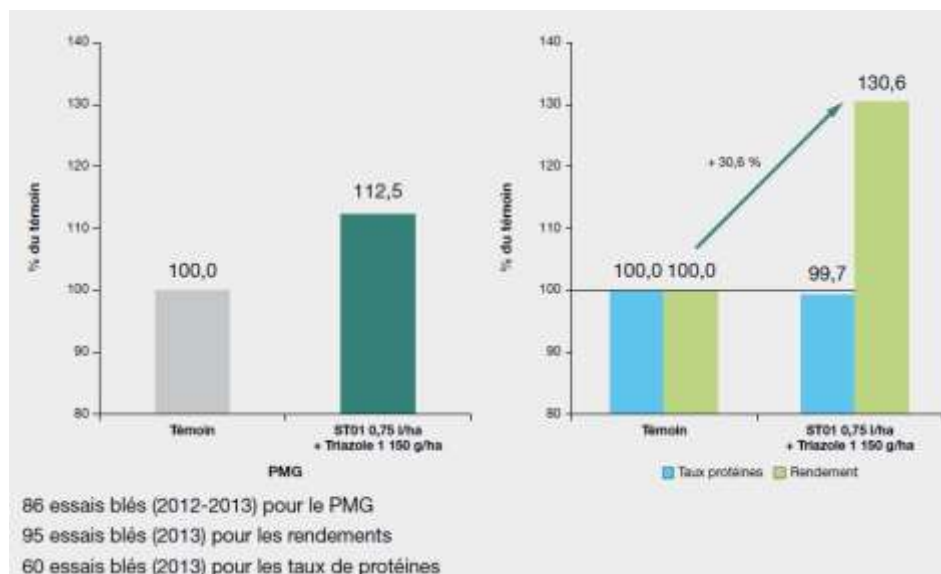


Plus de 60 jours après application, le pourcentage de surface verte des parcelles protégées benzovindiflupyr est supérieure de 20 % par rapport au SDHI 31 (fluxapyroxad + époxiconazole) et de 30 % par rapport au SDHI 21 (bixafen + prothioconazole) (figure 11). La durée d'action très longue du benzovindiflupyr garantit une meilleure protection des feuilles sur la durée, qui se traduit par une surface verte plus longue. La photosynthèse s'en trouve ainsi améliorée.

Pour déterminer les bénéfices apportés par le benzovindiflupyr, aussi bien en termes quantitatifs avec le Poids de Mille Grains (PMG) et le rendement, qu'en terme qualitatif avec le taux protéique (TP), de nombreuses modalités ont été comparées. Les comparaisons ont porté sur des témoins non traités et des modalités traitées avec du benzovindiflupyr testé à 75 g m.a./ha en association à 150 g m.a./ha de prothioconazole. 86 essais ont été réalisés en 2012-2013 pour évaluer l'impact sur le PMG, 95 essais ont été regroupés pour évaluer l'impact sur les rendements en 2013 et 60 essais pour les taux de protéines en 2013 (figure 12).

Figure 12 : Impact du benzovindiflupyr sur le rendement et les composantes du rendement comparé au témoin non traité.

(benzovindiflupyr impact on yield and grain quality compared to untreated check)



Une plus longue durée de surface verte et une meilleure protection influencent le PMG et la qualité, qui est notamment exprimée à travers le taux de protéines. D'après la figure 12, on constate que le benzovindiflupyr permet d'augmenter les rendements de plus de 30 % tout en conservant le taux de protéines comparé à un témoin non traité.

DISCUSSION

Le développement du benzovindiflupyr, initié dans un premier temps pour lutter contre la rouille asiatique du soja et la septoriose du blé, a vu son domaine d'action considérablement augmenté de par son efficacité sur l'ensemble des maladies majeures des céréales à paille ainsi que sur *Botrytis cinerea* (Guicherit et al., 2014). Le sous-groupe des pyrazoles carboxamides comprend des fongicides efficaces contre de nombreux agents pathogènes sur de nombreuses plantes hôtes différentes. En raison de leurs hauts potentiels, ces fongicides dits à large spectre connaissent actuellement un fort développement dans l'industrie (Sierotzki & Scalliet, 2013). Parmi eux, le benzovindiflupyr possède un très large spectre d'efficacité contre de très nombreuses maladies des céréales.

Que ce soit au niveau de sa structure chimique particulière ou de sa grande efficacité sur de nombreux agents pathogènes, le benzovindiflupyr est une innovation fongicide majeure.

Les hautes capacités techniques du benzovindiflupyr ont pu être démontrées à travers les nombreux résultats d'essais réalisés en plein champ, sur blés comme sur orges. En 2015 en France, le benzovindiflupyr a été testé et étudié dans 370 modalités sur orges et 745 modalités sur blés. Les nombreux résultats obtenus cette année additionnés aux centaines d'autres obtenus depuis 2013 ont permis de vérifier la puissance et la régularité du benzovindiflupyr, aussi bien en termes d'efficacité maladie qu'en terme d'impact sur les rendements.

Avec des essais conduits dans des conditions climatiques et agronomiques très variées, la très grande régularité de performance du benzovindiflupyr a été démontrée. De par sa longue durée d'action et sa forte affinité avec la cuticule cireuse, le benzovindiflupyr assure une protection gagnante des feuilles permettant de maximiser les rendements tout en préservant les qualités des grains.

CONCLUSIONS

Le benzovindiflupyr est un SDHI innovant de dernière génération qui possède une très bonne efficacité intrinsèque et le spectre d'activité le plus complet du marché sur céréales à paille. Le benzovindiflupyr a prouvé dans de très nombreux essais, sur des situations maladies variées et avec différents partenaires, ses très bonnes performances par rapport aux SDHI actuels. Le benzovindiflupyr assure une très bonne protection des dernières feuilles, capitales pour la constitution de rendement, grâce à son large spectre, sa répartition uniforme dans la feuille et sa très longue durée d'action.

Actuellement, plusieurs associations de produits à base de benzovindiflupyr sont en cours d'évaluation pour être développées en France.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les experts et chercheurs du centre de Recherche de Stein pour les études fournies ainsi que tous les collaborateurs Syngenta qui ont contribué à acquérir de nombreux résultats sur la molécule.

BIBLIOGRAPHIE

Cook R J, Veseth R J. 1991. Limiting effects of pests and diseases. *In* : Wheat Health Management, pp. 41–59. , St Paul, MN, USA: APS Press.

Cornec N, 2013. Les céréales dans le monde, en Europe et en France. *In* : www.passioncereales.fr.

European Food Safety Authority, 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance benzovindiflupyr. *In* : European Food Safety Authority Journal 2015;13(3):4043.

Guicherit E, Bartlett D, Dale SM, Haas H-U., Scalliet G, Walter H, 2014. benzovindiflupyr - The Second Generation Benzonorbornene SDHI Carboxamide with Outstanding Performance against Key Crop Diseases. *In* : Modern Fungicides and Antifungal Compounds, Vol. VII, pp. 67-72.

Oerke E C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144:31–43.

Sierotzki H and Scalliet G, 2013. A Review of Current Knowledge of Resistance Aspects for the Next-Generation Succinate Dehydrogenase Inhibitor Fungicides. *In* : The American Phytopathological Society, Vol. 103, Number 9 Pages 880-887.

Rambach O, Bartlett D, Bieri S, Haas H U, Scalliet G, Dale SM, 2015. benzovindiflupyr, un nouveau SDHI pour le contrôle des maladies foliaires. *In* : AFPP – Onzième conférence internationale sur les maladies des plantes Tours – 7 au 9 décembre 2015.

United States Department of Agriculture, 2015. World agricultural production. *In* : Foreign Agricultural Service Circular, Series WAP 8-15 August 2015.