

Végéphy – 24e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

BENZOBICYCLON : UN NOUVEL HERBICIDE DU RIZ EN EUROPE

L. CORNETTE, L. WESTERLOPPE

Gowan Crop Protection Ltd
Daniel Hall Building, Rothamsted Research, West Common, Harpenden, Herts, AL5 2JQ, UK
lcornette@gowanco.com

RÉSUMÉ

Le benzobicyclon est une molécule herbicide d'origine japonaise pour laquelle Gowan Crop Protection Ltd a réalisé le travail de développement en Europe en accord avec le fabricant SDS Biotech K.K. Notre article résume les caractéristiques de cet herbicide et les performances observées en Europe dans les essais réalisés entre 2012 et 2015. Le benzobicyclon est un inhibiteur de l'HPPD ; il s'agit d'un nouveau mode d'action pour les riziculteurs européens. Le benzobicyclon permettra donc de renforcer les stratégies de lutte contre les adventices et plus particulièrement de gérer la résistance aux herbicides inhibiteurs de l'ALS ou de l'ACCase. Sélectif du riz, il sera positionné en pré-levée de la culture sur un sol récemment inondé. Il montre notamment une efficacité très élevée sur l'*Heteranthera reniformis*, les Cypéracées et le *Leptochloa fusca*, tout en apportant une contribution non négligeable au contrôle des *Echinochloa* spp.

Mots-clés : riz, herbicide, HDPP, Benzobicyclon, Cypéracées

SUMMARY

BENZOBICYCLON: A NEW HERBICIDE FOR RICE IN EUROPE

Benzobicyclon is a Japanese origin herbicide used in Asian rice cultivation for which Gowan Crop Protection Ltd performed the development work in Europe in agreement with the supplier SDS Biotech K.K. The present article summarizes the properties of Benzobicyclon and its performances in field trials carried out in Europe between 2012 and 2015. Benzobicyclon is a HPPD inhibitor, a new mode of action for European rice, and will add a useful tool for weed management, especially those weeds that developed resistance to ALS and AACase inhibitors. It is selective to rice and will be positioned in pre-emergence of the crop, in flooded paddy rice. It shows a particularly high control of *Heteranthera reniformis*, *Leptochloa fusca* and all sedges while contributing to the control of *Echinochloa* spp.

Key-words: rice, herbicide, HPPD, Benzobicyclon, sedge

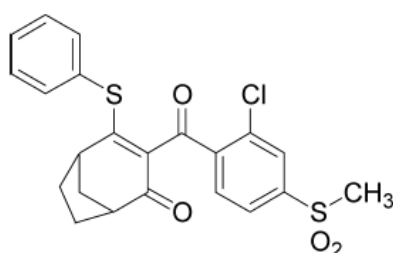
INTRODUCTION

Dans les rizières européennes, la gestion des adventices est un défi difficile à relever car plusieurs espèces dominantes sont devenues résistantes aux principaux modes d'action herbicides disponibles. Le fait que la riziculture européenne soit majoritairement pratiquée en monoculture amplifie ce problème en sélectionnant une flore spécifique des rizières et en augmentant la pression de résistance. Ainsi, l'*Echinochloa* spp et les cypéracées ont développé des résistances aux inhibiteurs de l'ACCCase et aux inhibiteurs de l'ALS dans plusieurs régions rizicoles, montrant parfois même une double résistance (Sattin *et al.*, 1999, Panozzo *et al.*, 2013). D'autre part, les évolutions réglementaires en matière d'homologation de produits de protection des cultures ont entraîné l'interdiction progressive d'un nombre considérable de molécules herbicides et mené à la raréfaction des modes d'action.

La recherche de nouvelles molécules herbicides pour le riz est une des priorités de SDS Biotech K.K. Elle a mené à la découverte du benzobicyclon (figure 1) qui montre une action de blanchiment des espèces sensibles. Ce symptôme atteint les jeunes feuilles et les cotylédons dans la semaine qui suit le traitement puis évolue en nécrose pour finalement aboutir à la destruction de l'individu traité. Le mode d'action est associé à une réduction du contenu en caroténoïdes par l'inhibition de l'enzyme *p*-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) (Komatsubara *et al.*, 2009). Le benzobicyclon est un pro-herbicide ; il est activé au contact d'une très grande quantité d'eau. Il devra donc être utilisé sur parcelle inondée uniquement (Williams et Tjeerdema, 2016).

Les études toxicologiques concluent que le benzobicyclon est relativement peu toxique pour les mammifères, qu'il n'est pas irritant pour les yeux ni pour la peau et qu'il n'a pas de propriété cancérogène, tératogène ou d'impact négatif sur la reproduction. Son écotoxicité est soit faible soit inexistante vis-à-vis des oiseaux, des poissons, des insectes utiles, des algues et des micro-organismes du sol (Komatsubara *et al.*, 2009).

Figure 1 : Structure chimique du benzobicyclon.
(Chemical structure of Benzobicyclon)



Sekino *et al* ont étudié le spectre d'action du benzobicyclon et son comportement dans les rizières japonaises entre les années 1990 et 2000 (Sekino *et al.*, 2008). Ils ont montré que des doses hectare de 200 à 300 g de substance active (appliquée sous la forme d'une suspension concentrée) assurent un bon contrôle de certaines espèces monocotylédones dominantes telles que *Echinochloa crus-galli*, *Scirpus juncoides*, et *Cyperus serotinus*, ainsi que des espèces dicotylédones *Monochoria vaginalis* et *Lindernia dubia*. Le contrôle exercé sur *Sagittaria pygmaea* est par contre insuffisant. Cette activité herbicide est indépendante des caractéristiques édaphiques (texture, contenu en matières organiques ou en argile, pH, humidité, etc.). Elle dépend cependant de la température ; l'action étant légèrement plus lente à des températures plus basses. La molécule est sélective du riz cultivé, quel que soit son stade de développement. Enfin, l'efficacité observée est identique pour des adventices résistantes aux sulfonilurées et pour des biotypes non-résistants et la durée d'action est remarquablement longue (plus de 8 semaines).

Depuis son lancement en 2001 au Japon, le benzobicyclon a été amplement utilisé en Asie et son efficacité sur les adventices des rizières asiatiques n'est plus à démontrer. La question de ses performances dans les conditions européennes devait cependant être posée. Dans cet article, nous répondrons à cette interrogation en exposant les résultats des essais d'efficacité réalisés entre 2012 et 2015 en région méditerranéenne.

MATERIEL ET MÉTHODE

Les résultats présentés ci-après sont issus des essais officiels d'homologation et d'essais de développement pré-commercial réalisés en Italie (21 essais), en Espagne (16) en Grèce (4), au Portugal (2) et en France (2) entre les années 2012 et 2015.

Ces essais ont été conduits selon les Bonnes Pratiques d'Expérimentation et suivent les recommandations des procédures suivantes :

- EPPO guideline 1/62(2): Weed in paddy rice.
- EPPO guideline PP 1/135(3): Phytotoxicity Assessment.

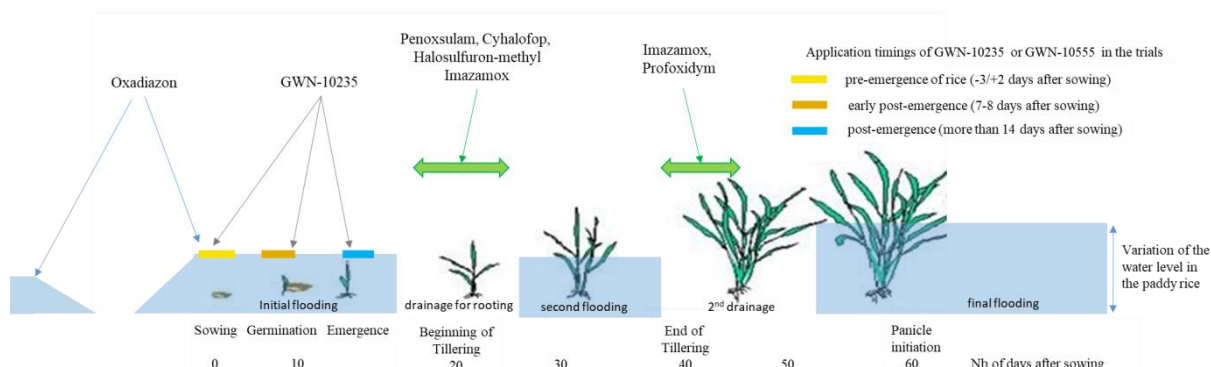
La formulation testée est une suspension concentrée contenant 400 g/l de benzobicyclon (codée GWN10235). Les doses utilisées varient entre 200 et 300 g s.a./ha, soit 0,5 à 0,75 l de produit formulé par ha (application unique). L'efficacité herbicide a été comparée à celle de deux références commerciales : le penoxsulam 2,04% OD (2 l/ha) et l'oxadiazon 250 g/l EC (1,5 l/ha) utilisés au stade cultural recommandé sur leurs étiquettes respectives.

En ce qui concerne le benzobicyclon, on a comparé trois positionnements différents (voir figure 2):

- 1) Pré-levée du riz (applications entre 3 jours avant le semis et 2 jours après le semis);
- 2) Post- levée précoce (7 à 8 jours après le semis);
- 3) Post- levée tardive (plus de 14 jours après le semis).

Toutes les applications de benzobicyclon ont été réalisées sur des parcelles inondées avec plus de 4 cm de profondeur d'eau et en maintenant un niveau d'eau stable durant au moins 5 jours après l'application, selon les recommandations du fabricant.

Figure 2 : Les 3 positionnements testés pour le benzobicyclon.
(3 tested positioning for Benzobicyclon).



Les essais ont été réalisés selon un dispositif en blocs randomisés à 3 ou 4 répétitions. La taille des parcelles élémentaires est généralement supérieure à 20 m², la gestion des apports d'eau étant indépendante entre les parcelles. La densité de semis varie entre 180 et 250 kg/ha et les traitements expérimentaux ont été appliqués à l'aide de pulvérisateurs à jet porté délivrant un volume de bouillie compris entre 200 et 350 l/ha. Plus de 20 variétés différentes de riz ont été testées avec une prédominance du groupe japonica.

Le niveau de contrôle des adventices a été observé à plusieurs reprises mais pour simplifier cet article, nous n'exposerons que les évaluations réalisées en fin de cycle (émergence complète). Les 45 essais retenus pour cette étude présentent tous un envahissement en adventices supérieur à 5 individus par m². L'efficacité a été déterminée par comparaison visuelle au témoin non traité et une analyse de la variance à 95% par un test SNK (Student-Newman-Keuls) a été réalisée.

RESULTATS

EFFICACITE VIS-A-VIS DE *CYPERUS DIFFORMIS* (CYPDI)

Cyperus difformis a été observé dans 15 essais réalisés en Italie (10), en Espagne (4) et au Portugal (1). Dans ceux-ci, une application unique de benzobicyclon en pré-levée de la culture à 200 ou 300 g s.a./ha a permis un très bon contrôle de cette adventice, atteignant une efficacité moyenne de 95 et 98% respectivement. En règle générale, ces valeurs sont supérieures à celles des deux références. En post-levée précoce, l'efficacité observée reste élevée : respectivement 91% et 93%. Mais on observe une baisse d'efficacité en applications tardives : 77% et 86%.

A titre d'exemples, la figure 3 reprend les efficacités moyennes obtenues dans les essais où le benzobicyclon a été comparé à la référence oxadiazon et la figure 4, celles des essais réalisés avec la référence penoxsulam.

Figure 3 : Efficacité vis-à-vis de *Cyperus difformis* – comparaison avec l'oxadiazon (nombre entre parenthèse = nombre d'essais pris en compte)
(Efficacy against *Cyperus difformis* in comparison to oxadiazon (number in parenthesis = number of trials used)).

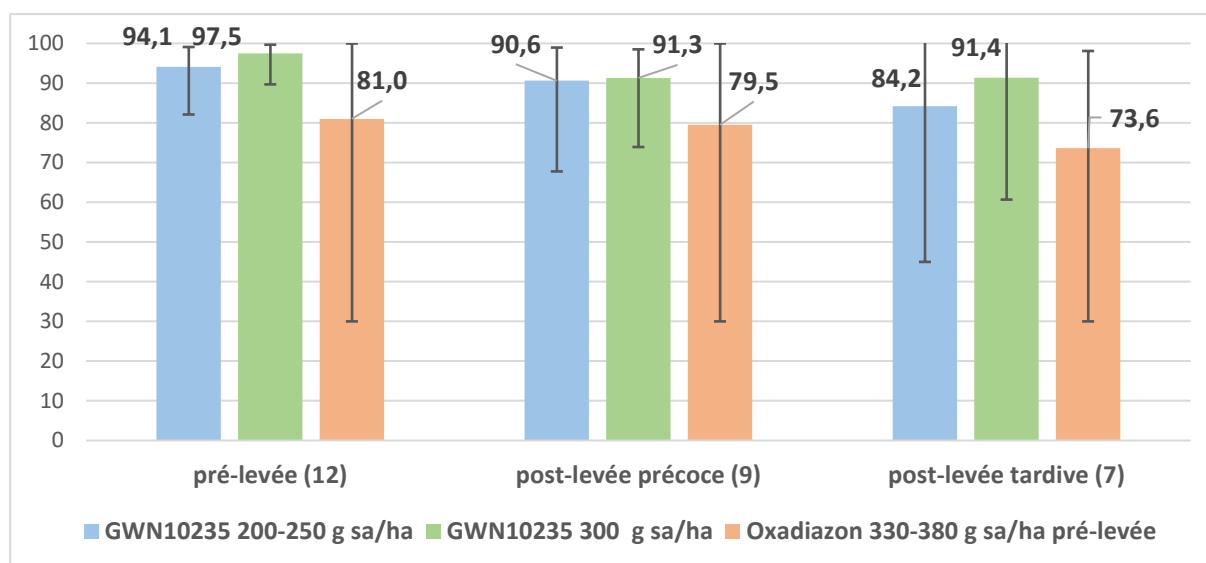
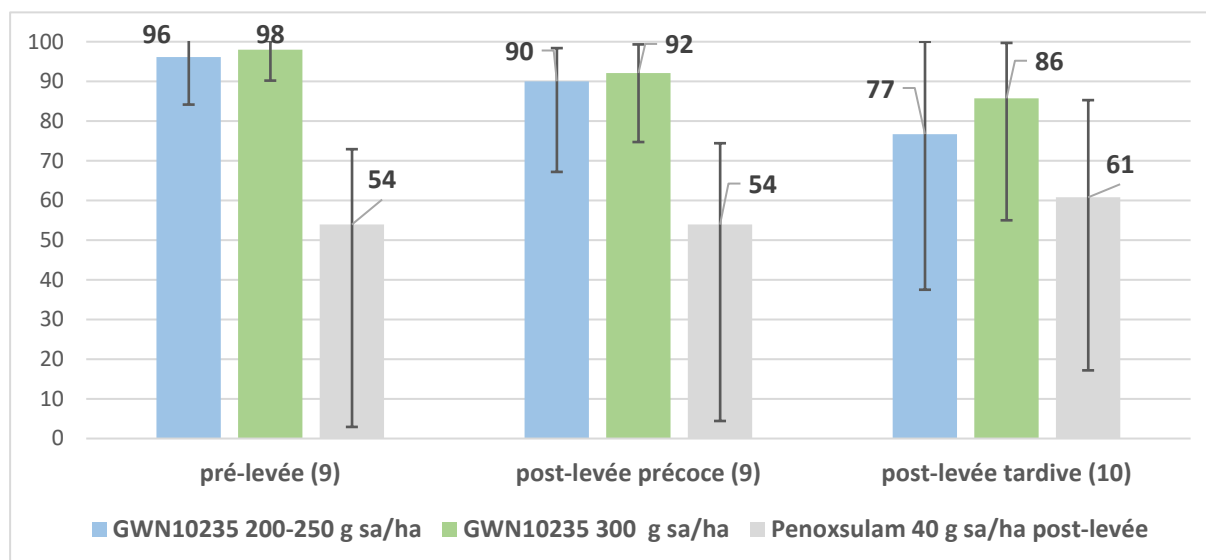


Figure 4 : Efficacité vis-à-vis de *Cyperus difformis* – comparaison avec Penoxsulam (nombre entre parenthèse = nombre d'essais pris en compte)
(Efficacy against *Cyperus difformis* in comparison to penoxsulam (number in parenthesis = number of trials used)).

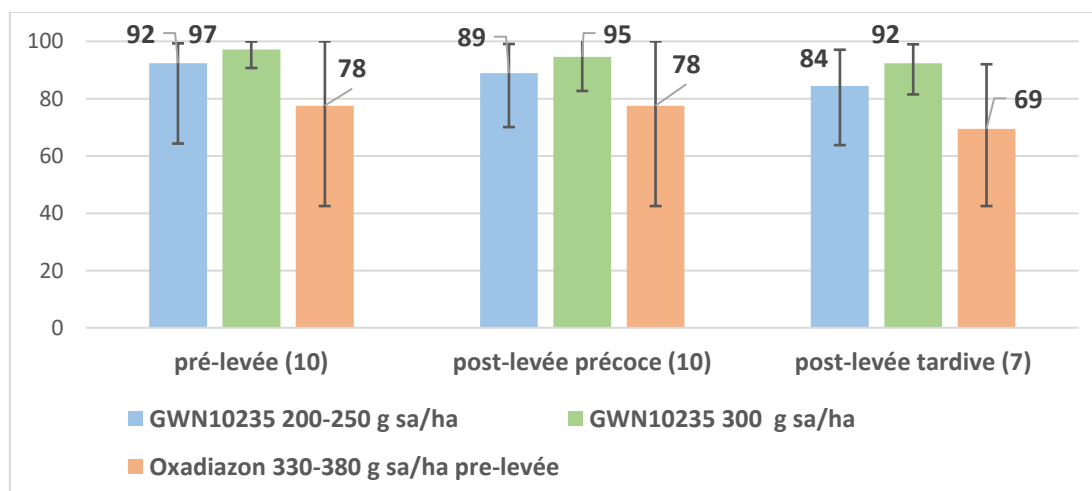


EFFICACITE VIS-A-VIS DE *HETERANTHERA RENIFORMIS* (HETRE)

Heteranthera reniformis a été observé dans 17 essais réalisés en Italie (12), en Espagne (4) et au Portugal (1). Dans ceux-ci, une application unique de benzobicyclon en pré-levée de la culture à 200 ou 300 g s.a./ha a permis un très bon contrôle de cette adventice, atteignant une efficacité moyenne de 93 et 97% respectivement. En règle générale, ces valeurs sont supérieures à celles des deux références. En post-levée précoce et en post-levée tardive, l'efficacité observée reste élevée : respectivement 89% et 94% (post précoce) et 85 et 93% (post tardive).

A titre d'exemple, la figure 5 reprend les efficacités moyennes obtenues dans les essais où le benzobicyclon a été comparé à la référence oxadiazon.

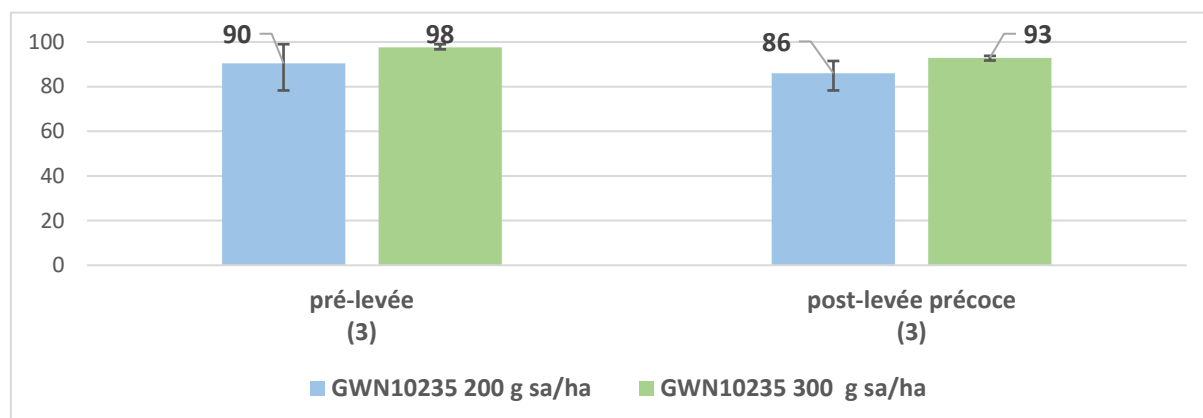
Figure 5 : Efficacité vis-à-vis de *Heteranthera reniformis* – comparaison avec l'oxadiazon (nombre entre parenthèse = nombre d'essais pris en compte)
(Efficacy against *Heteranthera reniformis* in comparison to oxadiazon (number in parenthesis = number of trials used)).



EFFICACITE VIS-A-VIS DE *LEPTOCHLOA FUSCA FASCICULARIS* (LEFFA)

Leptochloa fusca n'a été observée avec un niveau d'infestation suffisant que dans 3 essais réalisés en Italie (2) et en Espagne (1). L'efficacité moyenne observée est haute pour les deux positionnements testés (pré-levée et post-levée précoce), comme le montre la figure 6. En l'absence de référence efficace contre cette adventice, les résultats présentés sont uniquement ceux du benzobicyclon.

Figure 6 : Efficacité vis-à-vis de *Leptochloa fusca* (nombre entre parenthèse = nombre d'essais pris en compte)
(Efficacy against *Leptochloa fusca* (number in parenthesis = number of trials used)).

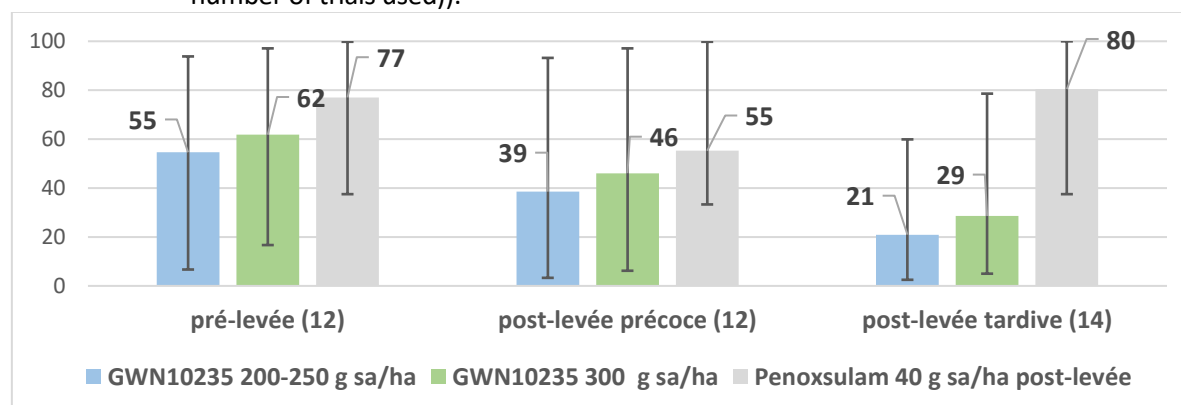


EFFICACITE VIS-A-VIS DE *ECHINOCHLOA SPP* (ECHSS)

Echinochloa spp a été observée dans 24 essais réalisés en Espagne (12), en Italie (9), en Grèce (1), en France (1) et au Portugal (1). Dans ceux-ci, une application unique du benzobicyclon en pré-levée de la culture à 200 ou 300 g s.a./ha a permis un contrôle modéré et irrégulier de cette adventice, atteignant une efficacité moyenne de 55 et 64% respectivement. En règle générale, ces valeurs sont inférieures à celles des deux références. En post-levée précoce, l'efficacité observée était plus basse: respectivement 40% et 50%. Elle est insuffisante lors des applications tardives: 21% et 29% respectivement.

A titre d'exemple, la figure 7 reprend les efficacités moyennes obtenues dans les essais où le benzobicyclon a été comparé à la référence penoxsulam.

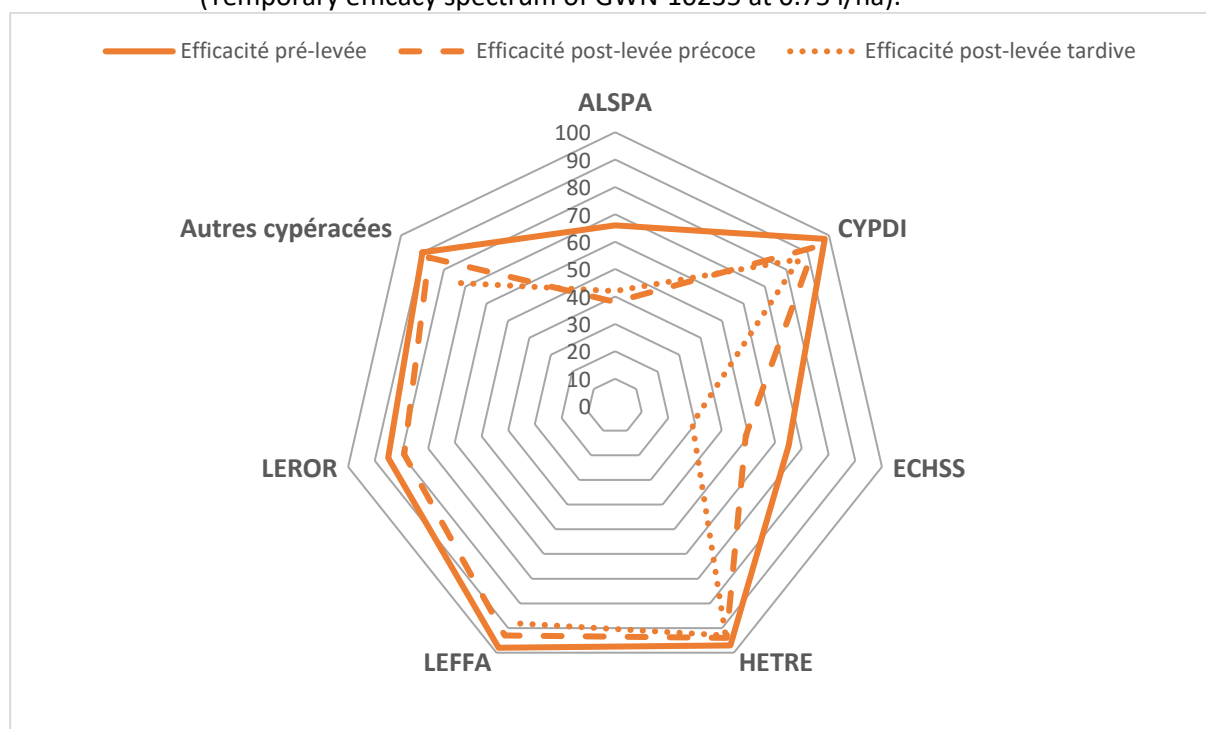
Figure 7 : Efficacité vis-à-vis de *Echinochloa spp* – comparaison avec le penoxsulam (nombre entre parenthèse = nombre d'essais pris en compte)
(Efficacy against *Echinochloa spp* in comparison to penoxsulam (number in parenthesis = number of trials used)).



AUTRES ADVENTICES

D'autres espèces d'adventices étaient occasionnellement présentes dans les essais et ont aussi fait l'objet de comptages. Le nombre d'essais relatifs à ces espèces n'est pas suffisant pour conclure fermement sur le niveau d'efficacité du benzobicyclon mais ils permettent toutefois d'ébaucher un spectre d'activité provisoire. Celui-ci est repris à la figure 8.

Figure 8 : Spectre d'efficacité provisoire de GWN-10235 à 0,75 l/ha.
(Temporary efficacy spectrum of GWN-10235 at 0.75 l/ha).



ALSPA = *Alisma plantago-aquatica* ; CYPDI = *Cyperus difformis* ; ECHSS = *Echinochloa spp* ; HETRE : *Heteranthera reniformis*; LEFFA = *Leptochloa fusca* ; LEROR = *Leersia oryzoides*.

PROGRAMMES

Tous les résultats exposés ci-dessus ont été obtenus avec une application unique des produits testés, ce qui ne correspond pas à la pratique courante. En réalité l'agriculteur utilisera plusieurs herbicides sur la saison en tentant de combiner au mieux les spectres d'activités et les modes d'action afin de garantir un contrôle adéquat dans ses parcelles. Pour tenir compte de cet aspect, deux programmes types ont été testés régulièrement dans nos essais :

- 1) benzobicyclon en combinaison avec penoxsulam.
- 2) benzobicyclon en combinaison avec cyhalofop.

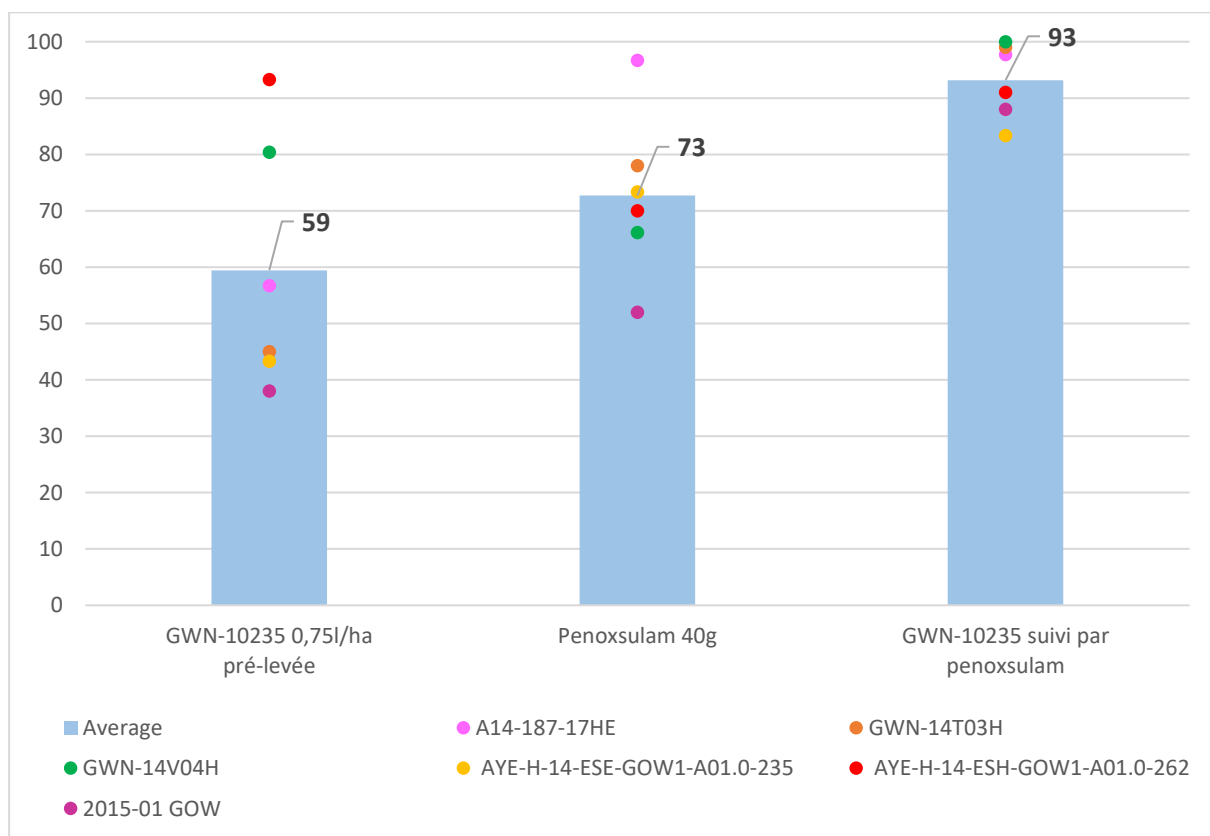
Les efficacités obtenues sur les principales adventices sont résumées dans le tableau I.

Tableau I : Efficacité de deux programmes herbicides types à base de benzobicyclon (à 300 g s.a./ha). Les cases grises correspondent à une absence de donnée.
(Efficacy of two typical herbicidal programs including Benzobicyclon (at 300 g ai/ha). Grey cells represent a lack of data).

Culture	Famille botanique	Espèce adventice	GWN-10235 Pré-levée -3 /+2 jours après semis	GWN-10235 Post-levée précoce 7-8 jours après semis	GWN-10235 Post-levée tardive 14 jours après semis	GWN-10235 suivi de Penoxsulam appliqué selon les BPAs	GWN-10235 suivi de Cyhalofop appliqué selon les BPAs
ORYSA en parcelles inondées	Cyperaceae	CYPDI	Elevée	Elevée	Bonne	Elevée	Elevée
	Pontederiaceae	HETRE	Elevée	Elevée	Elevée	Pas de donnée	Pas de donnée
	Autres cypéracées	SCPMA, SCPMU, SCPSU	Elevée	Bonne	Modérée	Bonne	Pas de donnée
	Poaceae	LEFFA	Elevée	Elevée	Bonne	Pas de donnée	Elevée
	Poaceae	LEROR	Bonne	Modérée	Pas de donnée	Elevée	Elevée
	Poaceae	ECHSS	Modérée	Basse	Basse	Elevée	Modérée
	Alismataceae	ALSPA	Modérée	Basse	Basse	Elevée	Pas de donnée

Par exemple, les résultats obtenus contre ECHSS avec les produits seuls et en programme avec le penoxsulam sont exposés ci-dessous (figure 9).

Figure 9 : Contrôle d'ECHSS avec le benzobicyclon seul, le penoxsulam seul et un programme des deux herbicides (6 essais).
(Control of ECHSS with Benzobicyclon, Penoxsulam or both herbicides in a program (6 trials)).



DISCUSSION

EFFICACITE

Les résultats démontrent clairement une bonne efficacité du benzobicyclon pour contrôler *Cyperus difformis*, *Leptochloa fusca* et *Heteranthera reniformis*. Ce contrôle s'exerce sur une très longue durée

puisque certaines évaluations ont été réalisées jusqu'à 90 jours après la date d'application de l'herbicide. On notera que l'efficacité est généralement plus élevée lorsque les traitements sont plus précoces. Elle est également plus élevée et moins variable à la dose haute (300 g s.a./ha) qu'à la dose basse (200 g s.a./ha).

Le cas de l'*Echinochloa spp* est plus complexe. Les résultats exposés relèvent d'évaluations réalisées en fin de cycle, mais les évaluations antérieures (non rapportées dans cet article) montrent généralement une efficacité très satisfaisante. Il semble donc que le contrôle de cette adventice soit acceptable mais avec une moindre persistance que pour les autres espèces. En d'autres termes, les premières vagues de germination d'*Echinochloa* sont contrôlées, mais pas les suivantes. L'*Echinochloa* se caractérise en effet par un étalement assez long de sa période de germination. Un second traitement anti-*Echinochloa* positionné plus tardivement est donc nécessaire. Dans les essais des programmes associant le benzobicyclon avec le penoxsulam ou le cyhalofop, l'adventice en question est d'ailleurs contrôlée adéquatement tout au long du cycle cultural. Nous pensons par ailleurs que l'efficacité du benzobicyclon contre ECHSS peut être améliorée par une gestion adéquate des apports d'eau (voir paragraphe suivant) car celle-ci n'a pas été optimale dans tous les essais.

POSITIONNEMENT ET GESTION DE L'EAU

Le benzobicyclon montre généralement une efficacité plus grande lors de traitements plus précoces. Comme par ailleurs son utilisation doit se faire sur parcelles inondées, le positionnement optimum sera juste après l'inondation du terrain, dès que l'eau est stabilisée. L'arrivée de l'eau dans les parcelles est en effet le point de départ de la germination de nombreuses adventices, en positionnant le traitement à ce moment, on assurera un meilleur contrôle de celles-ci. L'application pourra donc se faire entre quelques jours avant le semis et quelques jours après le semis dans un champ inondé. Il est important de maintenir une profondeur d'eau adéquate (minimum 4 cm, idéalement 10 cm) durant une période suffisante (minimum 5 jours). Une bonne hauteur d'eau et une longue période d'inondation après traitement assurent une activité élevée du benzobicyclon.

SELECTIVITE

Le benzobicyclon est sélectif du riz. Dans quelques essais, des retards de végétation (stunting) ont été observés lors des premières notations mais les plantes ont compensé rapidement leur retard et aucune différence de rendement n'a été observée par rapport au témoin non traité ou au produit de référence pour des doses de 300 et 600 g s.a./ha.

CONCLUSION

Le benzobicyclon est une molécule herbicide spécifique du riz pour laquelle Gowan Crop Protection Ltd a réalisé le travail de développement en Europe en accord avec le fabricant SDS Biotech K.K. Gowan a déposé une annexe II européenne en été 2019 en vue d'obtenir l'incorporation de cette substance active sur la liste positive (Annex 1) dans les trois ans. Le benzobicyclon est un inhibiteur de l'HPPD, ce qui représente un nouveau mode d'action pour les riziculteurs européens. Il permettra donc d'améliorer les stratégies de lutte contre les adventices et plus particulièrement celles qui ont développé une résistance aux herbicides inhibiteurs de l'ALS ou ACCase. Il est sélectif du riz et sera positionné en pré-levée de la culture sur un sol récemment inondé. Il montre notamment une efficacité très élevée sur l'*Heteranthera reniformis*, les Cypéracées et le *Leptochloa fusca*, tout en apportant une contribution intéressante au contrôle des *Echinochloa spp*.

REMERCIEMENTS

L'équipe Gowan remercie toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration et au développement du benzobicyclon en Europe, ainsi que les experts sollicités pour l'élaboration de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

Komatsubara K., Sekino K., Yamada Y., Koyanagi H., Nakahara S., 2009 – Discovery and development of a new herbicide, benzobicyclon. *J. Pestic. Sci.*, 34, 2, 113-114.

Panozzo S., Scarabel L., Tranel P.J., Sattin M., 2013 – Target-site resistance to ALS inhibitors in the polyploid species *Echinochloa crus-galli*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 105, 2, 93-101.

Sattin M., Berto D., Zanin G., Tabacchi M., 1999 – Resistance to ALS inhibitors in weeds of rice in North-Western Italy. *The 1999 Brighton Conference – Weeds*, 8B-3.

Sekino K., Koyanagi H., Ikuta E., Yamada Y., 2008 – Herbicidal activity of a new paddy bleaching herbicide, Benzobicyclon. *J. Pestic. Sci.*, 33, 4, 364-370.

Williams K.L., Tjeerdema R.S., 2016 – Hydrolytic Activation Kinetics of the herbicide Benzobicyclon in simulated aquatic systems. *J. Agric. Food Chem.*, 64, 4838-4844.