

AFPP – 23^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES
HERBES DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016

GESTION DE DEUX ADVENTICES MAJEURES EN GRANDES CULTURES CEREALIERES :
ENSEIGNEMENTS DES PLATEFORMES D'ESSAIS BAYER

G. CHANCRIN ⁽¹⁾, L. ALEXANDRE ⁽²⁾ et G. FLANDIN ⁽³⁾

⁽¹⁾ Bayer CropScience, 16 rue Jean-Marie Leclair 69009 Lyon, France; guillaume.chancrin@bayer.com

⁽²⁾ Bayer CropScience, 16 rue Jean-Marie Leclair 69009 Lyon, France; lionnel.alexandre@bayer.com

⁽³⁾ Bayer CropScience, 16 rue Jean-Marie Leclair 69009 Lyon, France; guillaume.flandin@bayer.com

RÉSUMÉ

Face au développement de la résistance aux herbicides et dans le cadre de sa « Gestion Responsable des Herbicides », Bayer s'engage dans l'identification de leviers pour pérenniser l'efficacité de ses herbicides contre notamment *Lolium* sp. (ivraie) et *Alopecurus myosuroides* (vulpin). Grâce à l'exploitation consécutive de trois plateformes d'essais pluriannuelles depuis 2003, nous possédons une meilleure compréhension des facteurs en jeu et des leviers à mettre en œuvre pour pérenniser l'efficacité des herbicides. Sur céréales, avant le semis, labour et faux-semis permettent de réduire la pression adventice, parfois jusqu'à 90%. Un semis tardif permet d'accentuer cet effet. Après le semis, employer les herbicides en programme en intégrant un traitement à l'automne et en sortie d'hiver permet de se rapprocher du 100% d'efficacité en limitant la pression de sélection. La diversité des cultures dans la succession culturale est aussi un point important permettant à la fois de diversifier les modes d'action herbicides utilisés ou encore les pratiques culturales et les flores présentes. La vulgarisation de ces informations, au travers des visites de ces plateformes est un élément central qui permet de préserver l'efficacité et la pérennité des herbicides et donc des cultures.

Mots-clés : Résistance, succession culturale, mode d'action, agronomie, diversité.

ABSTRACT

WEED MANAGEMENT FOR CEREAL CROPS: WHAT WE LEARNT FROM BAYER ASSAY PLATFORMS

Confronting the herbicide resistance development, through its "Gestion Responsable des Herbicides", Bayer is engaged in identifying crop systems that are able to sustain its herbicide efficiencies especially against *Lolium* sp. and *Alopecurus myosuroides*. Thanks to the successive use of three multiannual experimental platforms since 2003, we have a better understanding of the key factors to take into consideration for a good integrated weed management to sustain herbicides efficiency. For cereal crops, before the sowing, combining both tillage and stale seed bed reduced the weed pressure, sometimes by more than 90%. A late sowing contributes to reducing weed pressure. After sowing, the use of an herbicide program based on autumn and spring applications lead to almost 100 % efficacy against the targeted weeds. Finally, crop diversity in the crop succession is mandatory. It allows diversifying herbicides mode of actions, cultural practices and weed flora in the field. Those experimental platforms are visited every year by a lot of farmers, retailers, agronomists. It allows BAYER to give their product users or advisors the tools to better manage them and as a consequence to better managed the weeds into their crops.

Keywords: Resistance, crop rotation, mode of action, agronomy, diversity.

INTRODUCTION

La gestion des adventices est un enjeu majeur puisqu'elles figurent parmi les bioagresseurs les plus nuisibles et pouvant impacter le plus le rendement des cultures ainsi que la qualité de la production (Oerke *et al.*, 2006). Depuis la « Révolution Verte » d'après-guerre, le contrôle des adventices des cultures s'est principalement opéré par l'utilisation des herbicides et les agriculteurs en sont aujourd'hui très dépendants (Liebman *et al.*, 2000 ; Bastiaans *et al.*, 2008 ; Gianessi *et al.*, 2013). La simplification des pratiques culturales et l'utilisation répétée des mêmes herbicides chimiques ont favorisé l'expansion de populations d'adventices résistantes à l'échelle mondiale (Heap., 2014). Ce phénomène de sélection d'individus résistants cause aujourd'hui des problèmes majeurs pour les agriculteurs, qui doivent employer des moyens curatifs importants pour palier à des situations souvent préoccupantes (Powles *et al.*, 2010).

Dans le cadre de sa Gestion Responsable des Herbicides (GRH), Bayer souhaite prendre en main ces problèmes afin de proposer des solutions durables et efficaces sur le long terme mais aussi de préserver l'efficacité de ses herbicides. Avec six modes d'actions herbicides dominant le marché mondial, sachant qu'aucun nouveau mode d'action herbicide n'a été introduit sur le marché depuis 1991 (Duke., 2012) et qu'aucun mode d'action n'est attendu d'ici les cinq à sept prochaines années sur céréales, la préservation des solutions actuellement disponibles apparaît comme une nécessité.

Depuis 2003, Bayer réalise des essais de démonstration sur des parcelles agriculteurs, en conditions réelles, afin d'identifier les leviers de maîtrise des adventices et de faire partager ces résultats avec l'ensemble des acteurs de la filière agricole française.

MATERIEL ET MÉTHODE

Dans cette partie, nous explicitons la démarche engagée par Bayer depuis douze ans pour mettre en lumière et transmettre les stratégies de désherbage pour maintenir une efficacité durable des solutions herbicides et une meilleure gestion de la résistance.

VUE D'ENSEMBLE DES PLATEFORMES D'ESSAIS MISES EN PLACE

Depuis 2003, BAYER a mis en place des plateformes pluriannuelles pour démontrer l'intérêt de combiner les pratiques culturales, la succession culturale et la chimie pour maîtriser efficacement les adventices des parcelles de céréales notamment.

La première plateforme située à Eaux-Puiseaux, dans l'Aube, a été suivie de 2003 à 2008. Cette plateforme, en monoculture de blé avec des populations d'Ivraie (*Lolium* sp.) résistantes aux herbicides du groupe HRAC A (inhibiteurs de l'ACCCase, clodinafop), occupait une parcelle de dix hectares.

L'expérimentation s'est ensuite poursuivie dans le Loir-et-Cher, de 2007 à 2013. L'essai a été implanté sur une parcelle de six hectares en sol argilo-limoneux calcaire caractérisée par une forte infestation de vulpins (*Alopecurus myosuroides*) résistants aux herbicides du groupe HRAC A (inhibiteurs de l'ACCCase).

L'expérimentation se poursuit aujourd'hui sur la plateforme HERB'INNOV de Coutevroult, sur une parcelle de quatre hectares en sol argilo-limoneux artificiellement drainé. La parcelle se caractérise par une forte infestation d'Ivraie en début de résistance aux herbicides du groupe HRAC B (inhibiteurs de l'ALS).

PRATIQUES CULTURALES MISES EN PLACE

Différentes pratiques sont testées au travers des plateformes successives. Depuis 2003, les modalités sont les suivantes :

- Le semis simplifié, réalisé après un déchaumage simple suivi d'une application de glyphosate, cette modalité nous servant de référence favorable au développement des adventices.
- Le faux-semis, réalisé avec un outil à dent à patte d'oie à une profondeur de cinq centimètres en moyenne, avant le semis de la culture.
- Le labour, opéré à vingt-cinq centimètres de profondeur, réalisé avant le semis.

Depuis 2013, sur HERB'INNOV (Ivraie), de nouvelles modalités viennent compléter l'étude :

- Le semis direct, sans aucun travail du sol avec une destruction des repousses et levées d'adventices avant le semis avec une application de glyphosate.
- Le désherbage mécanique, réalisé en cours de culture à l'aide d'outils comme la herse étrille, la houe rotative ou la bineuse.
- Le décalage de la date de semis, deux dates sont testées sur la plateforme, la première correspond à la période de préférence de l'agriculteur et correspond à un standard régional, la seconde correspond à cette date retardée de trois semaines pour éviter la levée préférentielle des adventices.

SUCCESSIONS CULTURALES MISES EN PLACE

La première étude sur Eaux-Puiseaux a été conduite en monoculture de blé puis, sur Mer, l'expérimentation a été modifiée pour intégrer un nouveau facteur avec une succession culturelle plus variée. Deux successions culturelles sont comparées :

- Une succession culturelle ne comportant que des cultures d'hiver (blé suivi d'un colza), une succession qui correspond à un grand nombre de pratiques au niveau de l'agriculteur.
- Une succession culturelle allongée avec l'introduction d'une culture de printemps dans la rotation pour évaluer l'impact de cette nouvelle culture sur le cycle biologique des adventices et donc sur leur maîtrise.

Ces pratiques culturelles sont testées en bandes, d'une largeur minimale de douze mètres et réalisées chaque année sur la même bande pour simuler la gestion d'une parcelle agriculteur sur le long terme suivant la technique étudiée.

PRATIQUES CHIMIQUES MISES EN PLACE

Différentes modalités chimiques sont testées sur les plateformes. Ces modalités ont pour but de mettre en situation des pratiques agriculteurs et des recommandations de traitements optimisées pour une meilleure gestion de la pression adventice et de la pression de sélection (développement de la résistance à l'échelle de la parcelle).

Pour l'étude, nous nous concentrerons plus particulièrement sur les pratiques chimiques réalisées sur céréales. Les différentes modalités testées sont les suivantes :

- Un **traitement unique** en sortie d'hiver avec des produits à modes d'actions B (inhibiteur de l'ALS) et A (inhibiteur de l'ACCCase), principales solutions du désherbage de sortie d'hiver et mode d'action présentant des résistances notamment sur vulpin et ivraie en France.
- Un **traitement unique** à l'automne, en un ou deux passages avec l'utilisation de produits comprenant des modes d'actions alternatifs aux herbicides inhibiteurs de l'ALS et l'ACCCase avec notamment les modes d'action K3 (Flufenacet), N (Prosulfocarbe), C2 (Isoproturon, Chlortoluron).
- Un programme intégrant un **traitement** à l'automne avec des produits à base de Flufenacet, Chlortoluron, Isoproturon notamment suivi d'un **traitement** en sortie d'hiver avec des produits comportant des inhibiteurs de l'ALS ou de l'ACCCase.

RESULTATS : CONSTRUCTION D'UNE STRATEGIE MULTICRITERE CONTRE LA FLORE ADVENTICE

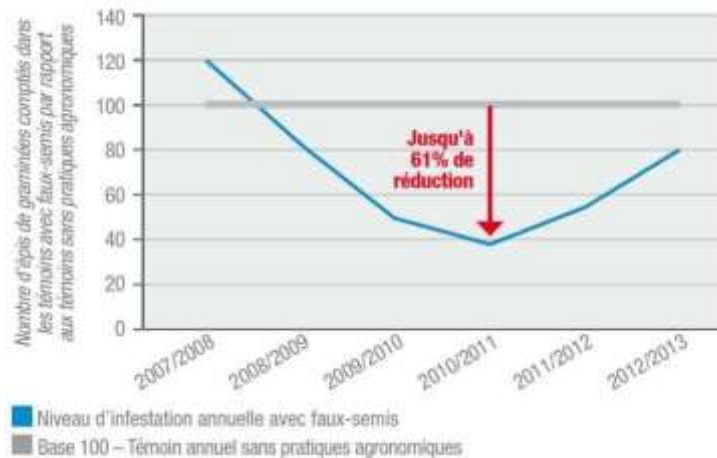
DES LEVIERS AGRONOMIQUES A INTEGRER DANS LA STRATEGIE GLOBALE DE DESHERBAGE

Le faux-semis

Sur la rotation mise en place sur la plateforme de Mer, un faux-semis annuel permet de diminuer la densité de vulpin jusqu'à 61% par rapport au témoin sur trois ans (figure 1). La densité de vulpin observée s'est ainsi réduite de 120 vulpins/m² à 38 vulpins/m². Cette technique reste cependant fragile car sur les quatrième et cinquième années, un re-salissement a été observé qui peut être au moins partiellement expliqué par un réapprovisionnement du stock semencier à cause de la faible efficacité du désherbage chimique les années précédentes.

Pour l'ivraie, l'efficacité est comparable. En 2014/2015, sur la plateforme HERB'INNOV, l'infestation d'ivraie diminue de 17% par rapport à la même modalité en semis simplifié.

Figure 1 : INFLUENCE DU FAUX-SEMIS SUR LA DENSITE DE VULPINS A L'ECHELLE DE LA ROTATION
Stale seed bed influence on *Alopecurus myosuroides* density in the whole crop rotation

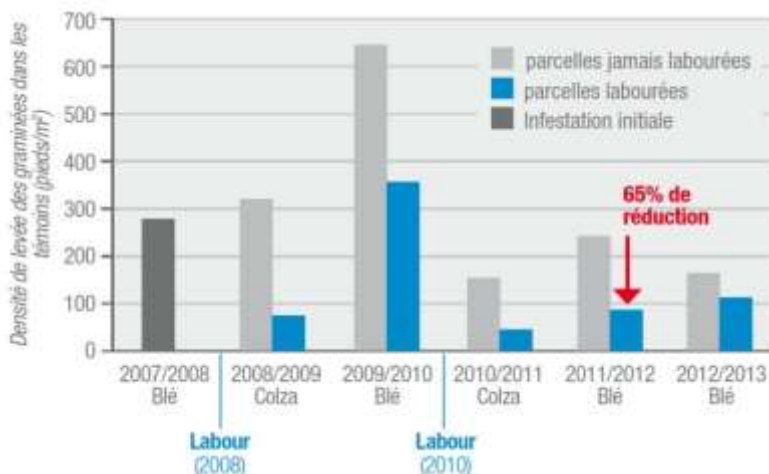


Le labour

Un retournement annuel contribue dans la plupart des cas à répartir les semences des adventices sur l'ensemble de l'horizon cultural et a ainsi pénaliser leur installation. D'après la figure 2, on peut voir que l'influence du labour sur l'infestation est très importante. En effet on passe de 280 vulpins/m² à moins de 80 vulpins/m² entre la saison 2007/2008 et 2008/2009. L'infestation diminue très fortement après le labour puis remonte ensuite à la faveur des adventices restantes après le désherbage. Cependant l'infestation de vulpin mesurée est encore 65% inférieure dans les parcelles labourées par rapport aux parcelles non labourées deux ans après la réalisation du deuxième labour entre fin 2010 et début 2011 (figure 2). A l'inverse du faux-semis, le labour n'est pas forcément recommandé chaque année au regard de la biologie des adventices cibles que sont le vulpin et l'ivraie. Leur Taux Annuel de Décroissance (TAD) se situant autour de 75%, le labour est recommandé plutôt tous les 3 à 4 ans pour une efficacité maximale.

Sur l'ivraie, l'efficacité est comparable. En 2015/2016 sur la plateforme HERB'INNOV, l'infestation d'ivraie diminue de 87% par rapport à la même modalité non labourée.

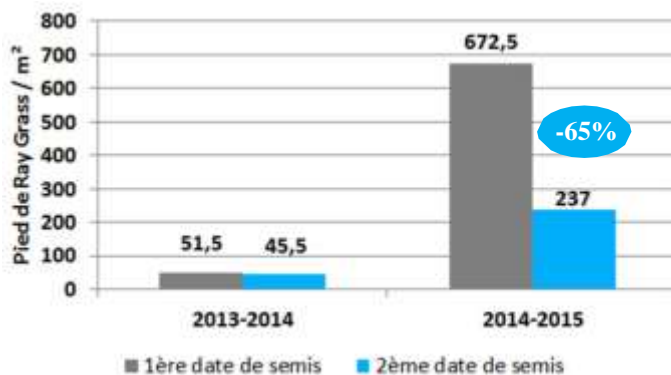
Figure 2 : INFLUENCE DU LABOUR SUR LA DENSITE DE VULPINS A L'ECHELLE DE LA ROTATION
 Ploughing influence on *Alopecurus myosuroides* density in the whole crop rotation



Le décalage de la date de semis

Au cours de la saison 2014/2015, la densité d'ivraie dans le blé se réduit de l'ordre de 65% avec un semis retardé de trois semaines par rapport à un semis de début octobre (passage de plus de 670 à moins de 240 Ivraies/m²) (figure 3). Le décalage de la date de semis est un outil puissant pour diminuer la pression des adventices ayant des levées groupées avec la culture comme le vulpin ou l'ivraie dans les céréales.

Figure 3 : COMPARAISON ENTRE SEMIS PRECOCE ET SEMIS TARDIF SUR LA DENSITE D'IVRAIE
 Comparison between early sowing and late sowing on *Lolium sp.* density

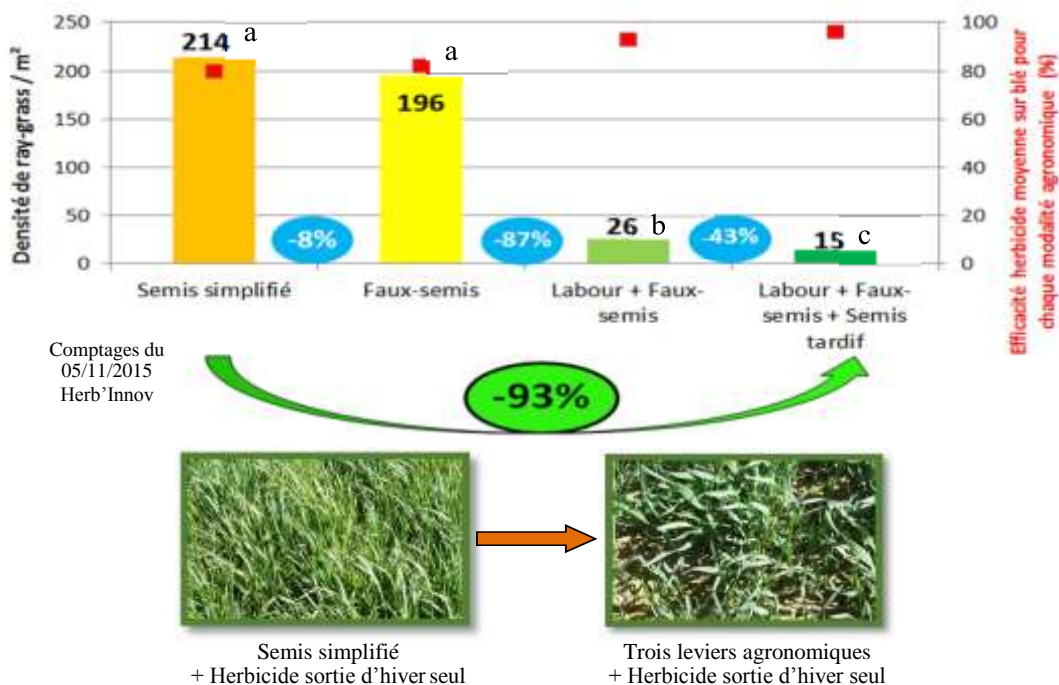


Comptages du
 26/02/2015
 Herb'Innov

La combinaison des leviers qui diminue le stock semencier des adventices

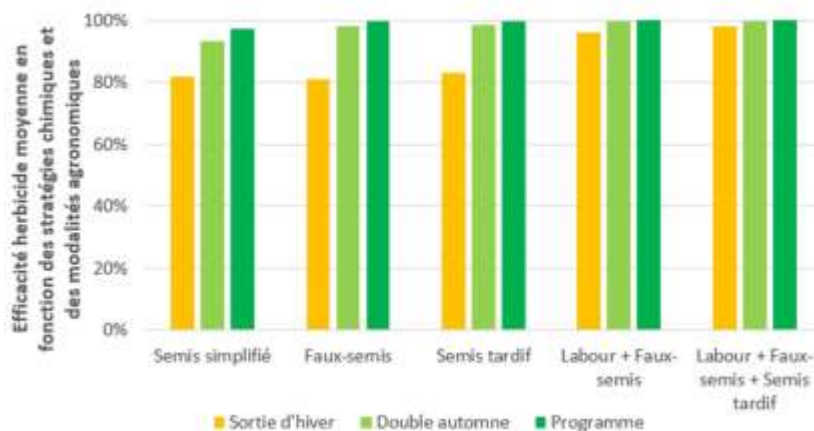
Comme nous l'avons vu précédemment, chacune des techniques prise à part présente des avantages et des potentiels de réduction de la densité des adventices potentiellement importants mais irréguliers. Les efficacités de chacune des techniques peuvent varier de quelques pourcents à plus de 85%. Pour optimiser l'effet de ces différents leviers, il est important de les combiner. L'association de plusieurs pratiques culturales permet de diminuer très fortement l'infestation initiale (figure 4). Ainsi, en associant le faux-semis, le labour et un décalage de la date de semis, les densités observées passent de 214 à 15 ivraies/m². L'efficacité des herbicides est par conséquent meilleure sur une infestation de 15 ivraies/m² par rapport à la situation de départ de 214 ivraies/m².

Figure 4 : INFLUENCE DE PRATIQUES AGRONOMIQUES SUR LA DENSITE D'IVRAIE EN 2016
Cultural practices influence on *Lolium* sp. density in 2016



Quelle que soit la pratique agronomique mise en place, les stratégies intégrant deux applications à l'automne ou à l'automne puis en sortie d'hiver obtiennent des efficacités supérieures à 90%. La stratégie en une application unique en sortie d'hiver, dans un contexte de début de résistance aux inhibiteurs de l'ALS, ne dépasse pas les 85% d'efficacité pour le semis simplifié, le faux-semis ou le semis tardif. Il est cependant à noter qu'adopter une combinaison de techniques agronomiques intégrant labour + faux-semis et/ou semis tardif permet de dépasser les 95% d'efficacité même dans le cas de l'application unique de sortie d'hiver. Ces essais montrent l'intérêt d'utiliser des pratiques culturales non-chimiques avant d'employer les herbicides.

Figure 5 : EFFICACITE ET RENDEMENT DES TRAITEMENTS EN PROGRAMME SUR HERB'INNOV 2015
Herbicide programs efficacy and yields from the 2015 HERB'INNOV wheat harvest

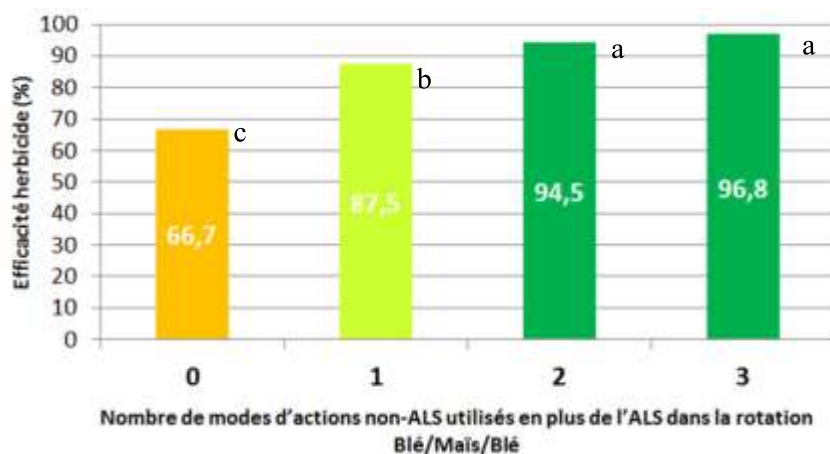


LA ROTATION PERMET UNE GESTION A LONG TERME PAR LA DIVERSIFICATION DES MODES D'ACTION

L'essai HERB'INNOV a montré l'intérêt de diversifier les modes d'action « herbicide » appliqués dans la succession culturale notamment Blé/Maïs/Blé, où l'emploi des ALS est une pratique importante, à la fois sur blé et maïs. L'efficacité du traitement sur le blé en 2016 réalisé avec un inhibiteur de l'ALS est seulement de 66,7% lorsque seuls des ALS ont été utilisés sur le blé et le maïs précédent pour contrôler l'ivraie. Lorsqu'un mode d'action alternatif est ajouté au programme de désherbage, comme le mode d'action K3, cela permet un gain d'efficacité de près de 20 points pour atteindre les 87,5%. Lorsque qu'un herbicide type ALS est accompagné d'un herbicide à mode d'action alternatif (K3) sur l'ensemble des trois années de la rotation l'efficacité de désherbage atteint 96,8%.

Figure 6 : EFFICACITE HERBICIDE EN FONCTION DU NOMBRE DE MODES D'ACTION ALTERNATIFS UTILISES DANS UNE ROTATION DE TROIS ANS

Herbicide efficacy according to the number of alternative mode of actions used in a 3-year crop rotation



DISCUSSION

La chimie reste à l'heure actuelle le pilier de la gestion des adventices en grandes cultures.

Le développement de la résistance compromet l'efficacité des solutions herbicides de sortie d'hiver (modes d'action HRAC A et B), à la fois sur vulpin et ivraie à court et long terme. La résistance d'une adventice à un herbicide correspond à sa capacité héritable à survivre et produire une descendance viable à un traitement herbicide donné, appliqué à sa bonne dose et dans les bonnes conditions (Gressel et Segel., 1990). Elle est engendrée par des mutations naturelles qui sont observables à des fréquences de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-8} (Délye, 2005), et existe indépendamment de l'application d'herbicides (Délye *et al.*, 2014).

Le retrait de substances actives, à l'image de l'isoproturon en 2017, et les évolutions réglementaires pouvant restreindre l'utilisation de certaines solutions chimiques sur certaines parcelles comme les parcelles artificiellement drainées, combinés à l'absence de nouveaux modes d'action, réduisent le nombre de solutions chimiques disponibles pour l'agriculteur. La bonne utilisation des solutions à disposition est capitale pour assurer leur durabilité et celle du désherbage. Le plan Ecophyto II prévoit de réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025, il est donc nécessaire de pouvoir lutter contre les adventices des cultures en ayant recours à moins d'herbicides, ce qui implique d'avoir des herbicides pleinement efficaces. Les Indices de Fréquence de Traitement (IFT) vont devoir être réduits, sachant qu'il n'est pas possible de réduire la dose d'herbicides sans prendre un risque pour le développement de la résistance ; il va donc falloir réduire le nombre de passages ou de produits et donc

avoir des produits pleinement efficaces.

En parallèle, la Recherche et Développement ne devrait pas conduire à l'émergence de nouveaux modes d'actions herbicides à moyen terme (Duke, 2012). Les agriculteurs doivent raisonner le désherbage en intégrant la chimie comme le dernier rempart pour lutter contre les adventices et en essayant donc de réduire la pression adventice en amont par la succession culturale et les pratiques culturales.

Pour maîtriser les adventices en grandes cultures, il est nécessaire d'analyser la succession culturale et les pratiques de désherbage afin de déterminer le risque et mettre en place une stratégie de désherbage sur l'ensemble de la succession culturale. Une enquête menée par Bayer en 2011 auprès de 501 agriculteurs montre que, si 87% des agriculteurs pensent que la gestion de la résistance est un phénomène important, 36% d'entre eux restent en monoculture ou en rotation très courte d'hiver (2 ans), des pratiques jugées à risque et seulement 25% ont une succession culturale longue (quatre ans et plus).

L'analyse doit prendre en compte les adventices présentes dans les différentes cultures ainsi que les moyens utilisés pour contrôler ces adventices. L'objectif est de déterminer la pression de sélection exercée par les herbicides (modes d'action) et de déterminer le risque de développement de la résistance.

La connaissance de la biologie des espèces permet de déterminer les leviers agronomiques à mettre en œuvre pour intervenir efficacement sur l'adventice. En considérant l'exemple de l'ivraie, avec un Taux Annuel de Décroissance (TAD) de 75%, il faut compter trois à quatre ans pour réduire fortement le stock semencier situé au-delà de cinq centimètres de profondeur (Ball, 1992). Le labour, qui a montré son efficacité, doit donc être employé préférentiellement tous les trois à quatre ans. Un labour trop régulier contribuerait à remonter des semences d'ivraie viables à la surface du sol.

Multiplier les leviers agronomiques permet une diminution de l'infestation toujours plus importante avant l'emploi de solutions chimiques et doit contribuer à la baisse de l'IFT (Beckie, 2006). Après avoir mis en œuvre différents leviers agronomiques pour diminuer la densité de plantes adventices, un désherbage chimique peut être réalisé pour contrôler les adventices restantes. En effet, vingt-cinq plants d'ivraies par mètre carrés induisent une perte de rendement de 5% (Bonin *et al.*, 2014). Pour pérenniser les solutions chimiques disponibles pour contrôler notamment le vulpin et l'ivraie, il sera nécessaire de diversifier les applications chimiques, tant sur les périodes d'application que sur les modes d'actions utilisés. Combiner et alterner les modes d'actions sont des facteurs clé pour la préservation de la diversité des herbicides disponibles. Nous avons ainsi montré qu'une intervention en programme de désherbage, pour éliminer à la fois les levées d'automne et celles du printemps, est la stratégie herbicide la plus efficace sur céréales. Couplée à un bon raisonnement agronomique, cette stratégie se rapproche du 100% d'efficacité, gage de durabilité et de maîtrise des populations résistantes. Cette diversification doit intervenir à l'échelle de la culture mais aussi à l'échelle de la rotation.

Les méthodes de lutte non-chimiques sont fortement dépendantes des conditions climatiques, tout comme certaines applications chimiques, notamment avec les produits racinaires. Toutes les pratiques culturales ou cultures ne sont pas utilisables sur l'ensemble des parcelles et se caractérisent par une forte variabilité des résultats. Une capacité d'adaptation et de proactivité de la part de l'agriculteur pour faire face aux aléas est nécessaire. Les essais de démonstration permettent de transmettre des recommandations de gestion des adventices. Ces essais permettent de vulgariser les résultats des différentes pratiques, de confronter les agriculteurs aux risques des systèmes simplifiés et de leur donner des leviers pour maîtriser durablement leurs adventices et ainsi sécuriser leur capital de production et les herbicides.

CONCLUSION

Aujourd'hui, face au développement des situations de résistance et le durcissement de la réglementation qui pénalisent les solutions existantes, chaque point d'efficacité compte. Comme nous avons pu le voir, il existe différentes possibilités pour contrôler les adventices, et adopter une stratégie de désherbage diversifiée et durable est la clé. Pour lutter de façon efficace contre l'ivraie et le vulpin, il faut connaître leur biologie. En tant qu'adventices d'automne, l'intervention dès l'interculture par des pratiques culturales comme le labour, le

faux-semis, délaissées avec le développement des techniques culturales simplifiées, apparaît comme indispensable aujourd'hui. Combiner ces pratiques permet de baisser la densité de vulpin de près de 85%. Ce résultat dépasse même les 90% pour l'ivraie si un semis tardif du blé est réalisé. L'agronomie est un pilier nécessaire, pour diminuer la pression adventice, sur lequel l'agriculteur doit s'appuyer avant l'emploi de solutions chimiques. L'utilisation d'une stratégie de traitement herbicide en programme avec des applications à l'automne puis en sortie d'hiver permet d'atteindre 95% d'efficacité sur l'ivraie et Vulpin. Même si cette stratégie implique deux passages, elle s'avère rentable de par le gain de rendement qu'elle engendre par rapport à une stratégie de désherbage avec un seul passage en sortie d'hiver ou un seul passage à l'automne. Enfin, le pilotage de la succession culturale présente un intérêt double. Tout d'abord, en permettant l'introduction de cultures de printemps, à l'image du maïs sur HERB'INNOV, qui permet de casser le cycle de l'adventice cible, notamment dans le cas du vulpin. Pour l'ivraie, l'efficacité est moins importante, mais la densité est tout de même divisée par trois par rapport à une succession n'intégrant pas de culture de printemps. Puis, elle permet de diversifier les modes d'actions utilisés entre les campagnes, permettant de pérenniser l'efficacité des solutions. Un système durablement efficace dans la maîtrise des adventices comporte une diversité importante dans les cultures de la succession, dans les pratiques culturales telles que le labour, le faux-semis, le désherbage mécanique, et dans les modes d'actions utilisés. Cette diversité permet de réduire la population d'adventices présente, de limiter le développement d'une seule adventice et de conserver une diversité dans la flore présente sur la parcelle et par conséquent de limiter la pression de sélection exercée, et donc de conserver des solutions chimiques efficaces.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier les agriculteurs partenaires de ces trois plateformes d'essais : Gérard Hotte, Damien Beaujouan et Julien Levesque, l'entreprise Biotek pour son accompagnement dans la réalisation des essais, les équipes du Weed Resistance Competence Center, basé à Francfort, pour leur accompagnement et l'ensemble des intervenants qui ont contribué à la vulgarisation des messages depuis 2004, notamment Christophe Délye, Alain Rodriguez, Harry Strek, Roland Beffa et tous ceux que nous n'avons pas mentionnés.

BIBLIOGRAPHIE

- Ball D.-A., 1992 - Weed Seedbank Response to Tillage, Herbicides, and Crop Rotation Sequence. *Weed Science*, 40, 654-659.
- Bastiaans L., Paolini R., Baumann D.-T., 2008 - Focus on ecological weed management: what is hindering adoption?. *Weed Resistance*, 48, 6, 481-491.
- Beckie H.-J., 2006 - Herbicide-Resistant Weeds: Management Tactics and Practices. *Weed Technology*, 20, 793-814.
- Bonin L., Gautellier Vizioz L., Vacher C. 2014. Quelle est la nuisibilité des mauvaises herbes en céréales à paille ? [en ligne]. Disponible sur : <http://www.arvalis-infos.fr/quelle-est-la-nuisibilite-des-mauvaises-herbes-en-cereales-a-paille--@/view-17542-arvarticle.html>.
- Délye, C. 2005. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. *Weed Science*, 53, 728-746.
- Délye C., Bonin L., Gautellier-Vizioz., Vacher C., 2014 - Gestion des adventices - Herbicides: la résistance existait avant eux. *Perspectives Agricoles*, 409, 34-35.
- Duke S.-O., 2012 - Why have no new herbicides modes of action appeared in recent years ? *Pest Management Science*, 68, 505-512.
- Gianessi L.-P., 2013 – The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science*, 69, 10, 1099-1105.
- Gressel J, Segel L.-A. 1990. Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. *Weed Technology*, 4, 186–198.
- Heap I., 2014 - Herbicide Resistant Weeds. *Integrated Pest Management*, 3, 281-301.
- Liebman M., Davis A.-S., 2000 - Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40, 27-47.
- Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemin J.-P., Granger S., Gaba S., 2008 – Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. *Innovations Agronomiques*, 3, 75-88.
- Oerke E., 2006 - Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Sciences*, 144, 31-43.
- Powles S.-B., Yu Q., 2010 - Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 317-347.