

VÉGÉPHYL – 25^{ème} CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 5, 6 et 7 DÉCEMBRE 2023

**GESTION DES GRAMINEES ANNUELLES DANS LES SYSTEMES DE GRANDES CULTURES : DES USAGES
DE PLUS EN PLUS SOUS TENSION.**

F. DUROUEIX ⁽¹⁾, V. BIBARD⁽²⁾, L. BONIN, ⁽³⁾, C. ROYER ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Terres Inovia, 1 rue péchabout, 47 000 Agen, f.duroueix@terresinovia.fr

⁽²⁾ Arvalis, 21 chemin de Pau, 64121 Montardon, v.bibard@arvalis.fr

⁽³⁾ Arvalis, 241 route de Chapulay, 69330 Pusignan, l.bonin@arvalis.fr

⁽⁴⁾ ITB, 45, rue de Naples, 75008 Paris, royer@itbfr.org

RÉSUMÉ

La lutte contre les graminées, aussi bien hivernales qu'estivales, est une problématique majeure à laquelle sont confrontés les agriculteurs. Toutes les grandes cultures sont impactées par la présence, généralement en fortes densités, des vulpins, ray grass, panics, sétaires, digitaires, etc.. Les facteurs favorisant cette présence et leur progression sont connus. Ils sont principalement liés à la simplification des systèmes de culture (simplification du travail du sol, de la rotation, augmentation des populations résistantes, etc...). La mise en œuvre de solutions de lutte intégrée montre de bons résultats, aussi bien en essais que chez les agriculteurs eux-mêmes, mais un grand nombre de situations restent très dépendantes de solutions herbicides éprouvées. Cependant, les évolutions réglementaires passées et à venir restreignent les solutions en culture à quelques substances actives pivots. Cela n'est pas sans conséquences sur les effets non intentionnels de leurs usages mais également sur la gestion globale des graminées au niveau de la rotation, avec des impacts significatifs sur la production et la viabilité de certaines filières.

Mots-clés : graminées, herbicides, règlementation, lutte intégrée

ABSTRACT

Controlling grasses, both winter and summer, is a major threat for farmers. All arable crops are affected by the presence, in high densities, of blackgrass, ryegrass, switchgrass, foxtail, crabgrass, etc.... The factors favouring the presence and spread of these weeds are well known. They are mainly linked to the simplification of cropping systems (no-till, crop rotation, increase in resistant populations, etc.). The implementation of integrated pest management solutions is showing good results, both in trials and among farmers themselves, but a large number of situations remain highly dependent on herbicide solutions. However, regulatory changes in the past and in the future will restrict crop solutions to a few key active substances. This has consequences not only for the unintended effects of their use, but also for the overall management of grasses in rotation, with significant impacts on production and the viability of certain sectors.

Keywords: grassweeds, herbicides, regulatory, integrated pest management

INTRODUCTION

Les systèmes de grandes cultures ont toujours été confrontés à différentes adventices mais le profil de cette flore a pu évoluer au cours du temps. Ray-grass (*Lolium sp.*) et vulpin (*Alopecurus myosuroides*), principales graminées hivernales de la rotation céréalière, connues pour leur nuisibilité (Cordeau et al, 2016), ne cessent de croître depuis plus de 20 ans.

Les facteurs de cette évolution sont désormais bien connus : simplification des systèmes de grandes cultures induits par une recherche de compétitivité (agrandissement des exploitations, abandon du labour gourmand en main d'œuvre et en carburant) accéléré par l'évolution de la Politique Agricole Commune, notamment l'étape « AGENDA 2000 » abandonnant le soutien direct aux cultures. La simplification des systèmes est alors plus marquée, par exemple en zone intermédiaire, avec des assolements dominants à base de cultures d'hiver telles que colza, blé et orge d'hiver plus favorables encore à ces graminées hivernales ou ailleurs avec des dominances très marquées par certaines cultures estivales telles que le maïs. Cette évolution n'a pu se faire que grâce à l'utilisation du glyphosate devenant ainsi substance active pivot de ces systèmes pour son action en interculture ou avant semis.

La lutte contre les graminées dans les cultures d'hiver exige alors un recours plus important aux herbicides spécifiques notamment avec l'arrivée dès la fin des années 80 des modes d'action foliaires. Ce furent d'abord les inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase ou ACCase dont certains sont sélectifs des céréales tels que fenoxaprop, clodinafop et plus récemment pinoxaden. En cultures industrielles, telles que colza ou betterave sucrière, ces antigaminées foliaires constituaient une excellente solution de contrôle.

Ce furent ensuite les inhibiteurs de l'acétolactate synthase ou ALS utilisés plus spécifiquement sur céréales, maïs et sorgho (sulfonylurées, triazolopyrimidines, sulfonylamino-carbonyl-triazolinones et imidazolinones). Un très haut niveau d'efficacité contre graminées hivernales et la largeur de leur spectre d'action sur dicotylédones réunissaient toutes les conditions d'un succès et d'une simplification du désherbage de post-levée. Mais très rapidement des phénomènes de résistance sont apparus et se sont développés au cours des 15 dernières années, d'abord sur les inhibiteurs de l'ACCcase puis sur les inhibiteurs de l'ALS (Denieul et al, 2016 ; Vacher et al, 2019). Aujourd'hui, ces phénomènes de résistance sont excessivement fréquents, mis à part dans certains systèmes plus diversifiés à base de betterave sucrière et, ou, de lin fibre et dans lesquels la cléthodime, inhibiteur de l'ACCcase, fait toujours partie des programmes de lutte. Malgré tout, certains départements betteraviers (exemple : Eure, Seine et Marne, l'Oise entre autres) sont désormais touchés par ces phénomènes de résistance.

En culture de céréales, en plus des modes d'action cités précédemment, nous avons observé depuis quelques années l'apparition de populations de ray-grass résistants aux herbicides du groupe HRAC 15 (acides gras à longue chaîne type flufénacet, prosulfocarbe, triallate). Ces populations, pour l'instant localisées à quelques régions, se sont développées à la suite de l'abandon des herbicides foliaires devenus insuffisants voire inefficaces. En faisant porter le désherbage en culture uniquement sur les herbicides racinaires, dont principalement le flufénacet, il n'est pas surprenant de voir apparaître des populations résistantes à cette famille d'herbicides.

Cette résistance est un facteur supplémentaire d'aggravation de la pression. Les enquêtes de Terres Inovia réalisée auprès des producteurs de colza montrent que dans cette culture particulièrement favorable au cycle des graminées hivernales, le ray-grass est passé, entre 2012 et 2022, dans le classement des adventices difficiles à détruire, de la septième place à la première. Le vulpin, dont l'aire est moins étendue, reste, lui, en cinquième position au niveau national.

Les levées de ray-grass en début du printemps font depuis longtemps partie des préoccupations des producteurs de légumineuses de printemps ou de betterave sucrière et dans ces situations aussi, la pression de cette graminée progresse et oriente les programmes de désherbage. Mais c'est aussi de plus en plus le cas pour le vulpin. Chaque année en fin d'été, l'ITB réalise des notations de propreté des parcelles de betterave. Cet état des lieux renseigne de façon précise sur la qualité du désherbage du printemps. La figure 1 montre qu'en 2022 les graminées se trouvent en troisième position des adventices non maîtrisées derrière les chénopodes et les chardons.

Figure n°1 : Répartition de la flore adventice non contrôlée en culture de betteraves en fin de désherbage en 2022 (Enquête ITB sur 5000 parcelles).

Distribution of uncontrolled weed in sugar beet crop at the end of weeding in 2022 (5000 plot).

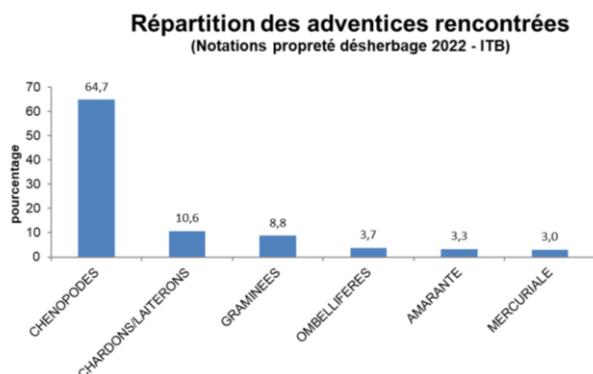
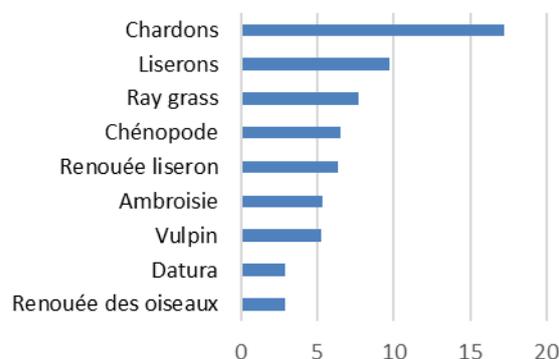


Figure 2 : adventices difficiles à détruire en Tournesol en % des parcelles. Enquêtes pratiques culturales Terres Inovia 2021 (1317 réponses).

Hard-to-kill weeds in Sunflower in % of plots. Terres Inovia 2021 cropping practices surveys (1317 responses)



Dans des rotations de cultures plus estivales (maïs, sorgho, tournesol, soja), ce sont des digitales, panics ou sétaires qui se révèlent également très nuisibles. Mais si la présence de ray-grass a toujours été signalée en maïs dans les systèmes d'élevage de l'Ouest de la France, cette problématique s'étend aujourd'hui aux systèmes de grandes cultures. Ainsi, ces dernières années, le ray-grass est de plus en plus signalé en culture d'été, type maïs ou tournesol, comme adventice difficile à détruire (juste derrière le chardon des champs et le liseron) alors qu'il n'apparaissait pas dans les enquêtes il y a 10 ans ; la figure 2 montre la place du ray-grass parmi les adventices problématiques en culture de tournesol.

Les graminées estivales sont un peu moins affectées par les phénomènes de résistances en raison d'une utilisation historique d'herbicides racinaires de la famille des chloroacétamides. Cependant, les signalements progressent chaque année, en particulier les résistances aux inhibiteurs de l'ALS. Cette situation peut être amenée à évoluer défavorablement encore dans un futur très proche, au gré de la diminution du recours aux herbicides racinaires faisant alors porter l'essentiel de la lutte directe en culture sur les herbicides foliaires ayant les mêmes modes d'actions que ceux cités précédemment, avec les mêmes risques de prolifération des populations d'adventices y résistant.

La situation actuelle des pratiques. Un contexte réglementaire qui se durcit et des alternatives de synthèse en nombre très restreint.

Le retrait de substances actives dans le cadre des processus ré-approbations (DIR 91/414 puis REG 1107/2009), comme l'extension des phénomènes de résistance sont des facteurs qui conduisent naturellement à une évolution significative des pratiques voire à une baisse de la performance de la lutte directe contre les adventices en culture.

La trifluraline n'a pas été ré-approuvée en 2010 (DIR 91/414) en raison de son profil écotoxicologique mais le retrait des AMM avait, en France, été anticipé en 2008. Cette substance active, incorporée en présemis présentait un haut niveau d'efficacité sur graminées hivernales et graminées estivales. En culture de colza, particulièrement favorable aux levées d'adventices, et jusqu'en 2008, les programmes de désherbage comprenaient une application de présemis incorporée avec trifluraline (50% des surfaces de colza) suivie d'une application de prélevée avec métazachlore ou dimétachlore. En effet, Comme le montre les essais de Terres Inovia, l'application de prélevée (métazachlore, dmta-P, dimétachlore, etc.), seule, se montre insuffisante et irrégulière (figure 3) en raison des conditions sèches des semis du mois d'août fréquemment défavorables à une bonne efficacité des herbicides racinaires.

Dans un tel contexte, la propyzamide, herbicide racinaire de postlevée reconnue pour un haut niveau d'efficacité (environ 85% d'efficacité en moyenne), s'est rapidement imposée comme une alternative à la trifluraline, mais aussi à la carbétamide (retrait d'AMM en 2018, non ré-approbation en 2021) et son utilisation n'a fait que croître (figure 3).

Figure 4 : efficacité (sortie hiver) moyenne et variabilité (une donnée par essai) d'une application de prélevée à base de métazachlore et de dmta-P sur ray-grass et vulpin. 25 essais ray-grass et 26 essais vulpin. Terres Inovia 2008 à 2020.

Mean efficacy (end of winter) and variability (one data per trial) of a pre-emergence application based on metazachlor and dmta-P on ryegrass and blackgrass. 25 ryegrass trials and 26 blackgrass trials

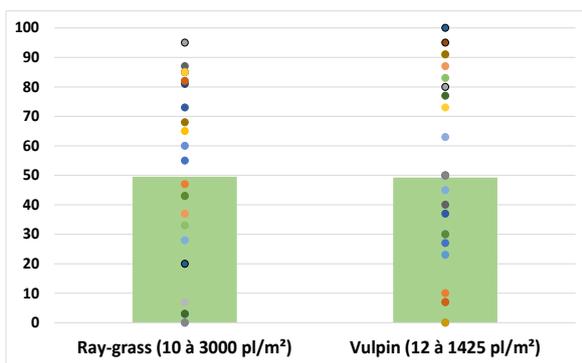
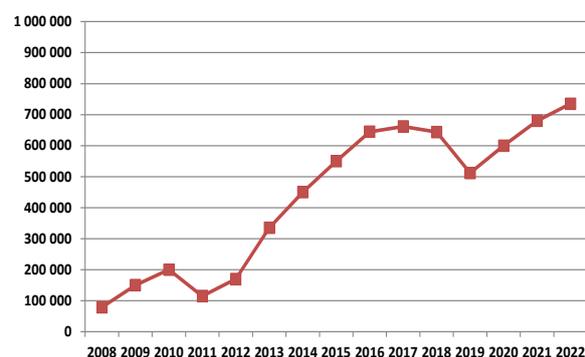


Figure 3 : évolution des surfaces de colza utilisant la propyzamide depuis 2008, année du retrait des AMM d'herbicides à base de trifluraline.

Evolution of rapeseed surfaces using propyzamide since 2008, year of the withdrawal for trifluralin-based herbicides



En situation de forte infestation, ce désherbage de prélevée et celui de postlevée sont complémentaires et devenus incontournables. Le contexte est plus critique contre le vulpin car, en prélevée, seules deux substances sont significativement efficaces, le métazachlore et la napropamide ce qui réduit le champ des alternatives herbicides.

La situation peut être qualifiée de plus délicate en culture de légumineuses où seuls, les herbicides à base de propyzamide permettent de gérer les infestations de ray-grass (tableau 1). En culture de printemps ce contrôle n'est possible qu'en lentille et pois-chiche. Pour le pois et la féverole, depuis le retrait de la benfluraline (janvier 2023), la lutte repose principalement sur un bon contrôle avant semis avec, de fait, une très forte dépendance au glyphosate.

La faible diversité de solutions n'est pas sans incidence sur la fréquence de détection de ces substances et de leurs métabolites dans le milieu aquatique. Cela concerne le métazachlore, le dimétachlore et la propyzamide et encourage à la réalisation d'action collective (De Paepe et al, 2019). Cette problématique pèse sur les décisions d'AMM ainsi que sur les conditions d'utilisation de ces herbicides. Le métazachlore, le dimétachlore et la napropamide sont des herbicides interdits sur sol artificiellement drainé ayant une teneur en argile supérieure ou égale à 45 % (phrase Spe2). Les doses sont également limitées dans le temps (exemple métazachlore : pas plus d'une application de 500 g/ha tous les 3 ans, 750 g/ha tous les 4 ans – phrase Spe1). Enfin, le métazachlore est interdit dans les parcelles contenant une bétail référencée (phrase Spe2).

En raison du profil toxicologique et écotoxicologique de ces substances, l'issue du processus de ré-approbation présente beaucoup d'incertitudes quant à l'avenir de ces pratiques. Au-delà du profil écotoxicologique, le métazachlore et la propyzamide sont classés cancérigènes, reprotoxiques de catégorie 2 (CMR2). La propyzamide est, de surcroît, classée comme substance candidate à substitution (Cfs). Un retrait de ces substances pivots, notamment la propyzamide, ne serait pas sans conséquences sur la production de colza ou de légumineuses. Nous estimons qu'en absence d'alternative herbicide, ce qui est le cas aujourd'hui, environ 400 000 ha de colza ne pourraient être cultivés sans propyzamide. En forte pression de graminées, la culture de légumineuses serait à reconsidérer car le résultat, d'un point de vue du stock semencier, serait contre-productif. Dans les autres situations de très importants efforts devraient être déployés pour une transition vers une pression moindre. Contre le ray-grass et en prélevée du colza, les producteurs disposent de quelques solutions alternatives au métazachlore telles que le dimétachlore, la péthoxamide, le dmta-P (diméthénamide-P) ou la napropamide incorporée. Les trois premières substances présentent un risque d'impact similaire au métazachlore sur la qualité de l'eau ce qui n'est pas le cas pour la napropamide. Contre le vulpin, cette dernière reste la seule alternative de prélevée.

La culture du lin oléagineux ou du lin fibre se trouve depuis plusieurs années en situation très critique dans la lutte contre le ray-grass, très présent en zone de production, dans l'Ouest de la France. Le tri-allate (herbicide à incorporer en présemis) est la seule substance sélective et homologuée en dehors de la cléthodime (inhibiteur de l'ACCase) dont l'efficacité devient de plus en plus aléatoire (tableau 1). Cette situation, jugée fragile en raison de l'efficacité irrégulière du tri-allate et de la fréquence croissante de la résistance à la cléthodime, oblige à explorer d'autres alternatives qui, avec des contraintes de sélectivité, sont en nombre très limitées. De plus, rien ne garantit la pérennité du tri-allate.

En céréales, le retrait de l'isoproturon en 2016-2017, ainsi que la baisse de dose du chlortoluron, a resserré l'étau autour de 3 molécules formant la base du désherbage : le prosulfocarbe, la pendiméthaline et le flufenacet. Ce recentrage à l'automne a été accentué par le développement des populations de graminées résistantes aux herbicides foliaires de sortie d'hiver. A titre d'illustration, le désherbage d'automne représentait 20 à 33% des hectares de céréales au début des années 2000.

Avec l'aspect réglementaire (disparition isoproturon) et technique (développement des populations résistantes aux herbicides de sortie d'hiver), nous arrivons aujourd'hui à une moyenne de 70% des hectares désherbés à l'automne, voire 100% dans certains secteurs. La base du désherbage est formée par le flufenacet et le prosulfocarbe – ces 2 substances étant appliquées sur 4 et 3 millions d'hectares développés respectivement. D'autres substances complètent le désherbage et notamment le diflufenicanil, anti-dicotylédones réputé mais également "améliorateur" sur graminées. D'autres substances racinaires complètent le désherbage, comme par exemple la pendiméthaline, l'acilonifen ou le chlortoluron mais sont moins appliquées pour diverses raisons : l'efficacité intrinsèque plus faible, la formulation avec d'autres substances citées plus haut limitant le retour de ces mêmes substances ou encore la restriction réglementaire sur parcelles drainées. Comme rappelé, le désherbage à l'automne est aujourd'hui prépondérant (70% des surfaces de céréales à paille) avec parfois 2 passages (prélevée puis postlevée précoce). Ces situations à 2 passages, ne représentaient que 5% des surfaces en 2014. Elles représentent aujourd'hui environ 20% des surfaces. Cela illustre les difficultés rencontrées par les producteurs dans la maîtrise des graminées car ces solutions sont onéreuses (100 à 150€/ha). Cet état de fait risque de perdurer car les restrictions règlementaires attendues pourraient accentuer la pression sur les substances actives restantes dont le nombre peut encore se réduire (tableau 1). Par ailleurs, seules 2 innovations chimiques sont attendues d'ici 2026. Le contrôle des graminées pourrait être très fragile et la situation est plus tendue encore en culture d'orge (chlortholuron non sélectif), de blé dur (manque de sélectivité du flufenacet) ou en situation de sols drainées.

Le désherbage des betteraves sucrières repose également sur un nombre très limité de solutions dans un contexte où la résistance aux inhibiteurs de l'ACCCase augmente aussi dans ces systèmes de culture plus diversifiés. En cas de résistance avérée ou de pression montante des graminées, l'utilisation du tri-allate avant semis en incorporation ou du S-métolachlore en post-semis-pré-levée permet de limiter les levées de vulpins ou de ray-grass dans la culture et de limiter le développement de la résistance. Ces 2 produits permettent de réduire l'infestation mais ne permettent pas de contrôler les levées échelonnées d'adventices. Dans tous les cas, ils doivent être relayés par un anti graminée foliaire à base de cléthodime. L'alternance des modes d'action par l'intermédiaire de la pré-émergence est malgré tout menacée par le retrait du S-métolachlore. La mise en œuvre du tri-allate en incorporation peut être rendue plus difficile dans certains types de sol et le recours au dmta-P sera de plus en plus fréquent.

En culture de maïs, depuis une vingtaine d'années, et le retrait des usages des triazines, la maîtrise des graminées repose essentiellement sur trois modes d'action : des perturbateurs de la différenciation des tissus, de la division et l'élongation cellulaires (acétamides), des inhibiteurs de l'ALS bloquant la synthèse des acides aminés (sulfonylurées et sulfonylaminocarbonyl-triazolinones) et des inhibiteurs de l'enzyme 4-hydroxyphénylpyruvate dioxygénase (HPPD) au niveau des chloroplastes (tricetones). La première famille s'est fortement appauvrie au gré des non-renouvellements d'AMM des herbicides à base d'alachlore puis d'acétochlore et aujourd'hui de S-métolachlore. La seconde famille comporte peu de molécules et l'essentiel des usages repose sur le nicosulfuron dont l'efficacité sur les graminées hivernales (ray-grass et vulpin) comme estivales est largement insuffisante (figure 5).

Parmi les autres molécules, le thiencazobone-méthyl est sans doute celle dont le spectre d'action est le plus large sur graminées et le fait qu'elle soit la dernière molécule homologuée explique que les populations d'adventices résistantes restent modestes à ce jour, mais pour combien de temps encore ?

Quant à la troisième famille, les tricétones, elle comporte trois molécules à large spectre dont la cible est principalement composée de dicotylédones, même si une certaine efficacité, souvent insuffisante, est observée sur quelques graminées estivales (figure 6).

Figure 5 : Efficacité du nicosulfuron (40 g/ha, application BBCH14, notation 30JAT) en culture de maïs.
Efficacy of nicosulfuron (40 g/ha, stage BBCH14, rating 30 day after application)

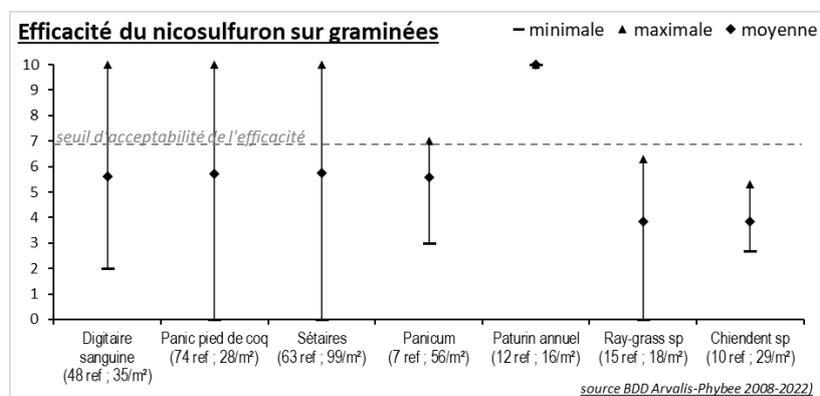
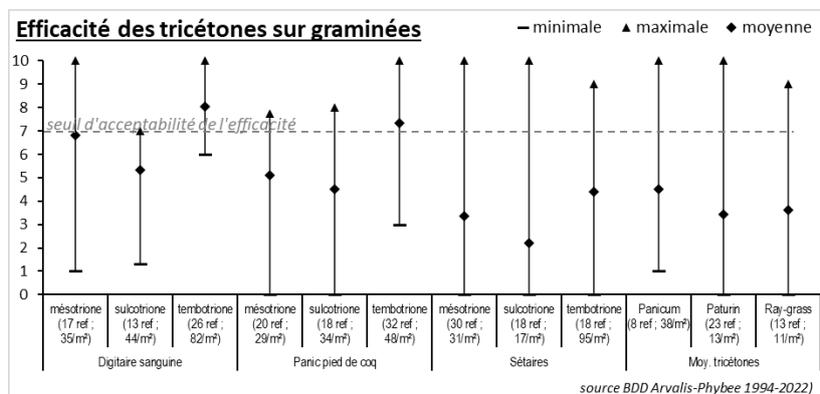


Figure 6 : Efficacité des tricétones (mésotrione 100g/ha, application BBCH13, notation 30JAT / sulcotrione 300 g/ha, application BBCH14, notation 30 JAT/ tembotrione 100 g/ha, application BBCH13, 30 JAT) en culture de maïs
Efficacy of tricétones (mésotrione 100g/ha, application BBCH13) / sulcotrione 300 g/ha, application BBCH14 / tembotrione 100 g/ha, application BBCH13) rating 30 day after application in maïs crop.



Ainsi, la lutte directe en culture de maïs des graminées hivernales repose aujourd'hui sur une application d'herbicide racinaire en post-semis pré-levée complétée en post-levée d'un rattrapage mettant en œuvre un inhibiteur d'ALS, sous réserve de ne pas avoir affaire à une population résistante ce qui est de plus en plus rare. Les tricétones n'ont aucune efficacité sur ce type d'adventices. La lutte directe contre les graminées estivales repose également sur une application d'herbicide racinaire qu'il conviendra là aussi de compléter, en forte pression, par un rattrapage avec un ou des herbicides foliaires en fonction des cibles présentes.

La particularité de la gestion des graminées estivales dans une culture comme le maïs c'est que le maïs est lui aussi une graminée estivale et de ce fait, la notion de sélectivité du désherbage prend tout son sens. C'est encore plus vrai pour les maïs spéciaux (maïs doux, maïs semences maïs aussi maïs popcorn) que leurs caractéristiques génétiques rendent encore plus sensibles à l'action des herbicides et leur phytotoxicité. L'atout essentiel des herbicides à base de S-métolachlore, très largement utilisés sur ce type de culture, c'est que c'est la seule molécule à avoir une efficacité certaine face aux

graminées estivales et à être formulée avec un phytoprotecteur assurant une marge de sélectivité suffisante sur la culture. Le retrait de ces herbicides à brève échéance fait planer une menace sérieuse de manque de sélectivité des alternatives chimiques et cette menace peut peser sur la durabilité des filières (délocalisation, etc.,).

Il paraît assez raisonnable de penser que les mêmes causes produisent souvent les mêmes effets : le retrait de l'alachlore (2008) puis de l'acétochlore (2013) ont généré des reports d'usage sur le S-métolachlore et de façon plus marginale sur le diméthénamide-P, ce qui a eu pour effet d'augmenter considérablement les usages de S-métolachlore en France (+85% entre 2010 et 2014 sur maïs) avec les impacts que l'on connaît sur la qualité de la ressource en eau. Avec le retrait du S-métolachlore, l'essentiel des reports risque de se faire sur le diméthénamide-P, mais pour combien de temps ? Dans l'objectif de réduire les risques d'impact sur la qualité de la ressource en eau, ne faudrait-il pas prendre le contre-pied et diversifier les solutions, quitte à réglementer plus sévèrement leur usage, plutôt que de les amoindrir et prendre le risque de concentrer les usages sur quelques rares molécules ? Car une chose est certaine, il est utopique d'espérer une issue provenant de l'innovation chimique à court ou moyen terme pour assurer cette diversification des solutions. Une autre piste consiste à réduire drastiquement les quantités appliquées en limitant leur pulvérisation soit sur des cibles préalablement détectée, c'est la pulvérisation ciblée de type « spot spraying », soit sur le rang de culture ce qui nécessite une gestion différenciée de l'inter-rang. Dans tous les cas, la réduction des quantités appliquées peut varier entre 50 et 80% de la dose appliquée en plein.

La situation du soja est assez proche de celle du maïs. Le S-métolachlore et la pendiméthaline sont les seuls herbicides de prélevée efficaces contre les graminées estivales. L'avantage du S-métolachlore est lié à une meilleure sélectivité sur la culture. Si le sort du S-métolachlore est scellé, de grandes inquiétudes demeurent pour l'avenir de la pendiméthaline, classée CMR2 et candidate à substitution. En l'absence de ces deux solutions, la seule alternative chimique de désherbage serait d'avoir recours à l'emploi d'antigraminées foliaires inhibiteurs de l'ACCase dont l'efficacité pourrait satisfaire les besoins des producteurs. Cependant, un emploi systématique aura pour effet, sur le moyen terme, d'engendrer l'apparition de populations d'adventices résistantes. Une autorisation de mise sur le marché est cependant attendue pour des herbicides à base de dmta-P (diméthénamide-P). Comme en maïs, cette sérieuse alternative de prélevée pourra contribuer à une forte pression de la substance sur l'environnement.

La culture du tournesol diffère du soja des systèmes irrigués, par une pression plus faible des graminées estivale. Ce phénomène est bien entendu lié à des systèmes plus équilibrés entre cultures d'hiver et cultures de printemps. S-métolachlore et pendiméthaline (seule ou associée au dmta-P) se partagent la lutte en prélevée contre les graminées estivales sur une surfaces estimées en 2023 à 670 000 ha soit presque 90% des surfaces ayant reçu un herbicide (sources : panel firmes). Les alternatives identifiées à ces deux substances, comme les risques à ce recours sont les mêmes qu'en culture de soja.

Enfin, dans le système de grandes cultures, une grande partie de la gestion des graminées passe par la gestion de l'interculture et du stock semencier. Le glyphosate est aujourd'hui un pivot de cette gestion. Avant semis, il permet d'éviter la présence d'adventices trop développées, très difficiles à contrôler en culture. En interculture, son utilisation permet de valoriser à l'optimum l'action des faux semis. La pression sociétale et politique pourrait se conjuguer à la décision européenne quant aux chances de ré-approbation dont l'échéance est prévue début 2024. Comme lorsqu'il fut question, en 2017, d'un

retrait d'AMM, la question des alternatives se pose également car aucun produit de synthèse ne remplit les bénéfices du glyphosate d'un point de vue technique : efficacité sur graminées, y compris vivaces, mode d'action foliaire alternatif à ceux générant actuellement une résistance fréquente (Rodriguez et al, 2019 ; Labreuche et al, 2019)

Tableau 1 : substances actives par culture efficaces contre les graminées hivernales et estivales (ray-grass et vulpin ; panics, sétaires et digitale – PSD) bénéficiant d'une AMM. Efficacité : + faible efficacité, +++ efficacité satisfaisante. Active substances per crop, effective against winter and summer grass weed. Efficacy : + low efficacy, +++ satisfactory efficacy.

s.a. antigraminées	Expiration approbation	restriction sols drainés	Critères à risque	Cultures et efficacité contre vulpin (VU), ray-grass (RG), panics, sétaires, digitales (PSD)								
				Céréales	Maïs	Colza	Tournesol	Soja	Pois Féverole lupin	Pois-chich. Lentille	lin	betterave
glyphosate	15/12/2023	-	-	+++ interculture et avant semis								
aclonifen	31/10/2026	-	CMR2 CFS	+	PSD 0 à + RG 0		+		+	+		
chlortoluron	31/10/2023	X	CMR2 CFS	++ à +++								
diflufénicanil	31/12/2023	-	CFS	+								
dimétachlore	31/12/2023	X	-			VU + RG ++						
dmta-P	31/08/2034	-	-		PSD ++ RG 0 à +	VU + RG ++	PSD ++ RG +	PSD ++ RG + attente AMM	VU + RG ++ attente AMM			++
Flufenacet	31/10/2023	X	CFS	++ à +++								
mésotrione	31/05/2032	-	-		PSD 0 à + RG 0							
métazachlore	31/10/2026	X	CMR2			++	PSD ++ RG +					
métribuzine	15/02/2025	-	PE	+								
napropamide	31/12/2023	X	-			++ à +++ peu pratiqué						
pendiméthaline	31/08/2024	-	CMR2 CFS	VU ++ RG +	PSD + RG 0	0	PSD ++ RG 0	PSD ++ RG 0	VU ++ RG +	VU ++ RG +		
péthoxamide	31/11/2033	-			PSD + RG 0	VU + RG ++		PSD + à ++ RG +				
propyzamide	30/06/2025	-	CMR2 CFS			+++			+++ hiver unique.	+++		
Prosulfocarbe	31/10/2023	-	-	VU + à ++ RG ++ à +++								
sulcotrione	31/11/2026	-	CMR2 CFS		PSD - RG --							
tembotrione	30/04/2024	-	CMR2 CFS		PSD ++ RG -							
triallate (incorpor.)	31/12/2023	-	CFS	++		+ à ++	++ non pratiqué		++ pois uniqu.		++	++
inhibiteurs de l'ALS (sulfonylurées, etc.)				résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance		résistance ou fort risque de résistance (1)	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance		résistance ou fort risque de résistance (2)
inhibiteurs de l'ACCase (fop-dime-den)				résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance (3)	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance	résistance ou fort risque de résistance

(1) Imazamox – variétés Clearfield

(2) Formasulfuron et thiencazone-méthyl sur variétés Smart

(3) Cycloxydime – variétés Duo system

L'agronomie comme atout prophylactique

La prophylaxie qui consiste à mobiliser l'agronomie pour abaisser le stock semencier, source des levées en culture, et la lutte mécanique constituent les principaux leviers non chimiques mobilisables pour réduire le recours aux herbicides.

Pour maîtriser les graminées, la stratégie chimique ne peut, à l'heure actuelle, être la solution unique dans les systèmes les plus à risque vis-à-vis des graminées hivernales, comme dans les rotations uniquement à base de cultures d'hiver, choix qui peut malheureusement s'imposer en sols à très faible réserve hydrique. Il est indispensable de mettre en œuvre des leviers agronomiques (Bonin et al, 2019). Il s'agit de réaliser des faux semis pour favoriser les levées et les détruire avant le semis, diversifier la rotation pour rompre le cycle de la culture et créer de plus grandes fenêtres de faux semis. A ce titre, les essais réalisés sur des rotations à dominante de blé et de colza, montrent que la succession de deux cultures de printemps peut être un levier intéressant. Dans ce type de système, une étude réalisée à partir des enquêtes pratiques culturelles 2017 du service de la statistique et de la prospective du ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire, montre que plus la rotation comprend des cultures de printemps, plus le recours aux antigraminées est réduit en culture de céréales ou de colza (Bibard et al, 2022).

Le décalage de la date de semis dans les limites de l'optimum est un levier pertinent tout comme le labour occasionnel dont l'effet est notoirement reconnu (Bonin et Gautellier-Vizioz, 2017). En culture de betterave, les faux semis sont très peu réalisés car ils engendrent un décalage de la date de semis synonyme de baisse de productivité. Malgré tout et suivant les conditions climatiques, ils permettent de diminuer les levées d'adventices dans la culture en place. En 2022, un essai ITB en Normandie suivi avec la Chambre d'agriculture a montré une baisse significative du nombre de ray-grass par m² avec deux ou trois faux semis. Le nombre de ray-grass est passé de plus de 50 par mètre carré à moins de 10 dans ces modalités.

Cependant, toutes ces stratégies prophylactiques n'ont de sens que si des solutions diversifiées de lutte chimique en culture perdurent pour les différentes cultures introduites dans la rotation. Dans un contexte actuel de raréfaction des solutions herbicides, le remède pourrait s'avérer pire que le mal en introduisant des cultures faiblement pourvus en herbicide (ex ; légumineuses) et donc salissantes ou en exacerbant la pression de sélection sur les populations résistantes aux rares modes d'actions demeurant accessibles. Certes le désherbage mécanique est possible et pertinent dans certaines situations, il ne permet pas à ce jour de contrôler les adventices sur le rang de culture, là où elles exercent leur plus forte nuisibilité. En agriculture de conservation des sols et en sols superficiels très caillouteux, le labour n'est pas une option ce qui constitue une limite supplémentaire au potentiel de reconception de systèmes.

L'analyse des alternatives non chimique aux herbicides aboutit à la mise en évidence de tous ces leviers de la lutte prophylactique. Le travail du sol en interculture et le labour sont les leviers qui, dans l'analyse comparative réalisée par l'INRAE sur le glyphosate (Carpentier et al, 2020) ont contribué à ce que l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) propose la mise en place de nouvelles restrictions d'usage. Cependant, une destruction chimique avant semis reste toujours plus efficace qu'une destruction mécanique qui elle, peut générer de nouvelles levées. Ensuite, dans l'hypothèse d'un retrait du glyphosate, il demeure le problème des fenêtres d'intervention sur sols argileux en interculture longue, notamment durant l'hiver et en début de printemps (Labreuche et al, 2019).

Alternatives aux herbicides pour la lutte directe en culture

Si on écarte les herbicides, la lutte est essentiellement mécanique et fait appel à la herse étrille ou la houe rotative sur toutes les cultures ainsi qu'au binage sur les cultures sarclables. Compte tenu de

l'efficacité supérieure du binage parmi les techniques de désherbage mécanique, de surcroît contre graminées assez peu sensibles à l'étrillage, ces cultures semblent plus avantageées, quoique le contrôle des graminées sur le rang demeure très insuffisant : tournesol, féverole, lupin, pois-chiche, maïs, betterave sucrière et sorgho. Le colza peut être biné avec succès, à condition de semer à grand écartement, ce qui implique un investissement pour certaines exploitations (non équipées en semoir monograine). Pour les autres cultures, semée à faible écartement, le désherbage mécanique obligerait à élargir l'écartement entre rangs pour biner avec du matériel spécifique onéreux, nécessitant là aussi de lourds investissements. Cette reconception des structures de peuplement, qui n'est pas sans conséquence sur les performances agronomiques, ne serait envisageable que dans un contexte de prix de vente de la récolte plus favorable (similaire aux prix en agriculture biologique), modifiant alors les équilibres technico économiques.

Enfin, l'exemple du printemps 2023 nous le rappelle, il faut un climat sec pour la réussite du désherbage mécanique et le nombre de jours disponibles pour une efficacité suffisante peut être très limitant. Les fenêtres d'intervention sont plus limitées encore sur sols argileux et en cultures d'hiver. En outre, l'efficacité du désherbage mécanique se révèle inférieure face aux graminées, en raison d'un système racinaire moins sensible à l'arrachage, en comparaison avec la plupart des dicotylédones. Pour une efficacité optimale sur graminées, l'intervention doit être précoce, effectuée sur des graminées très jeunes. En cultures d'hiver cela se traduit donc par des interventions automnales, période où le nombre de jours disponibles peut être faible dans certaines régions alors qu'en culture estivales cela impose une extrême réactivité compte-tenu de conditions souvent favorables à une croissance rapide des végétaux, cultures comme adventices.

La technique du binage est bien entendu limitée à l'inter-rang et donc l'atténuation de la nuisibilité des adventices n'est pas totale. Les équipements spécifiques pour le désherbage sur le rang sont efficaces sur adventices dicotylédones au stade point vert-cotylédons mais inefficace sur graminées. Cette option d'agro-équipement est également plus onéreuse à l'investissement et n'est de ce fait accessible que sur des cultures à très haute valeur ajoutée.

Le binage constitue l'un des principaux leviers de la lutte non chimique et de nombreux progrès ont été réalisés sur la largeur de travail et sur l'assistance au guidage, via les technologies GPS ou de caméra HD. Cependant, son utilisation en tant qu'alternative aux herbicides se traduirait par des interventions systématiques en culture et par une mobilisation bien plus importante de main d'œuvre et de carburant (Bibard et Nougé, 2022). Par exemple sur maïs, au-delà d'un supplément d'investissement dans certaines exploitations, il faut en moyenne 30 minutes/ha pour cette intervention et deux interventions sont nécessaires pour rivaliser d'efficacité avec un rattrapage chimique. Du point de vue des consommations de carburant, dans un contexte de volatilité des prix du gasoil, deux binages nécessitent un peu plus de 10 l/ha quand une pulvérisation chimique n'en consomme qu'un litre. Une approche multicritère plus globale permise notamment par un outil comme Systerre® offre l'opportunité d'aller un peu plus loin dans la comparaison des différentes stratégies permettant de réduire l'utilisation des herbicides (Bibard et Nougé, 2022).

Le paillage ou le mulchage exogènes ne sont pas envisageables en grandes cultures pour des questions de coût et même au plus fort de la rentabilité de l'agriculture biologique, la technique n'est pas déployée.

L'écimage et la récolte ou le broyage de menues pailles sont des méthodes très peu mises en place qui visent à réduire le re-salissement en fin de cycle et donc à réduire l'enrichissement du stock grainier.

Elles ne sont pas possibles sur toutes les adventices (inefficace sur vulpin, déhiscent avant récolte) ni sur toutes les cultures (ex : impossible en colza et non pertinentes pour les cultures récoltées après l'été). Ce levier n'est cependant pas à exclure mais reste à ce jour plutôt prospectif et seulement ciblé sur quelques adventices. Des suivis ont été réalisés en parcelles infestées de ray grass, sur céréales à paille (Métais et Brun, 2019). Les effets sur la réduction du stock semencier, par évitement du retour de graines (récolte des menues pailles), n'a été visible qu'au bout de 2 voire 3 campagnes.

La lutte par le pouvoir couvrant des variétés (capacité de la culture d'être plus concurrentielles vis-à-vis des adventices) n'est à ce jour pas concluante sur graminées. Sur certaines cultures comme les céréales, ce levier, uniquement envisageable si un ensemble d'autres leviers sont activés, reste à l'étude.

La lutte par concurrence via les couverts associés montre une efficacité très partielle. Elle fonctionne surtout contre les levées tardives d'adventices (c'est-à-dire les levées les moins nuisibles) à condition que l'architecture de peuplement de la culture le permette et qu'il n'y ait pas de compétitivité sur l'eau. Les couverts associés en culture de colza (environ 15-20% des surfaces) remplissent cette fonction de meilleur contrôle des levées tardives et donc ne concerne pas les graminées hivernales dont les levées restent précoces (août et septembre). Enfin, cette technique oblige à renoncer au binage, bien plus performant.

L'innovation via la pulvérisation de précision est une technique qui offre des perspectives prometteuses notamment en matière de désherbage mixte qui exploite la combinaison des luttes chimique et mécanique. Cette technique permet de réduire les quantités d'herbicides appliqués aux zones visées (application localisée sur le rang de culture ou ciblée sur les adventices en taches). Cette technique n'est pas encore largement déployable (accès au matériel, nécessité de combiner chimique et mécanique) mais surtout son avenir reste conditionné au maintien d'une phytopharmacopée herbicide suffisante avec des modes d'action diversifiés. Enfin, le désherbage mécanique par robotique, s'il est déjà une réalité dans l'offre de certains constructeurs et testé au sein des instituts techniques, reste aujourd'hui dans le domaine d'une perspective à plus long terme pour les grandes cultures notamment pour des raisons de coût et de compatibilité entre débit de chantier et durée des fenêtres d'intervention.

Le tableau 2 met en perspective tous ces leviers. Une grande partie d'entre eux est aujourd'hui mobilisée mais des progrès restent à réaliser en matière de déploiement et d'adoption car ils mobilisent un investissement technique dans le conseil comme dans la mise en pratique sur les exploitations. Résoudre un problème de forte infestation de graminées passe par cette mobilisation, mais, dans un contexte de réduction de recours aux herbicides, une telle transition peut être semée d'embûche. C'est que montre la progression des infestations de vulpin ou de ray-grass dans les dispositifs SYPPRE (Caddedu et al, 2023).

Tableau 2 : leviers de la gestion intégrée des graminées. Niveau de maturité, efficacité et déploiement.
Levers of integrated grass management. Level of maturity, efficiency and deployment.

		Niveau de maturité RetD	Efficacité		Déploiement (+ ou -, /non déployé), remarques		
Prophylaxie	Rotation culturale	[Green]		[Light Green]	[Red]	+	
	Labour	[Green]		[Green]	[Yellow]	++/- (acs)	
	Faux-semis	[Light Green]		[Light Green]	[Red]	+	
	Semis décalé (céréales)	[Light Green]		[Green]	[Yellow]	++	
	Mulch (semis direct)	[Yellow]		[Light Green]	[Yellow]	+/-	
	Allélopathie	[Red]		[Red]	[Red]	/	
	Auxiliaires	[Red]		[Red]	[Red]	/	
Lutte directe physique	Désherbage mécanique en plein (Herse étrille, houe etc...)		[Light Green]	[Green]	[Yellow]	[Red]	-
	Compétitivité de la culture	Variété (pouvoir couvrant)	[Light Green]		[Yellow]	[Red]	-
		Densité, architecture	[Yellow]	[Light Green]	[Red]	[Red]	-
		Culture sous- couvert	[Yellow]		[Red]	[Red]	-
	Binage inter-rang		[Light Green]	[Green]	[Light Green]	[Red]	++ (sarclée) ; +/- (non sarclée)
	Binage sur le rang		[Light Green]		[Light Green]	[Light Green]	En betterave (+/-), fct conditions climatiques
	Ecimage		[Yellow]		[Yellow]	[Red]	-
	Menues-pailles		[Yellow]		[Yellow]	[Red]	-
	Robots de désherbage mécanique		[Red]		[Yellow]	[Light Green]	-
Semis orthogonal pour binage perpendiculaire		[Red]		[Yellow]	[Light Green]	/	
Lutte directe herbicides	Lutte chimique adaptée en plein		[Green]		[Green]	+++	
	Lutte chimique adaptée en localisée		[Light Green]		[Green]	+ (sarclée)	
	Lutte chimique adaptée ciblée (post-détection)		[Yellow]		[Green]	-	
	Bioherbicides		[Red]		[Red]	Pas sélectif des cultures	

Conclusion et perspectives

Dans la lutte contre les graminées, un nombre extrêmement faible d'innovations est annoncé en matière de lutte herbicide efficace alors que, via les processus de ré-approbation ou les politiques publiques, pèsent des risques de retrait ou de restriction sur les substances actives pivots actuellement disponibles, chlortoluron, prosulfocarbe, propyzamide, pendiméthaline, métazachlore, S-métolachlore et tembotrione, pour n'en citer que quelques-unes.

Si pris isolément, le retrait d'une substance active est plus ou moins surmontable (en fonction de son degré d'emploi, de ses caractéristiques propres et de la diversité de la phytopharmacopée encore disponible), les « effets dominos » de reports vers d'autres solutions et l'évolution de l'importance relative de celles-ci sont très difficiles à appréhender. En effet, en cas de retrait d'une molécule, la première étape de substitution se traduit en général par le report vers une autre substance active, du moins tant que la pharmacopée encore disponible le permet. Dans le cas inverse on parle « d'impasse technique », les problématiques phytosanitaires laissées orphelines demeurant en général présentes. Ainsi, la pertinence de l'analyse effectuée isolément pour une substance active peut être remise en cause par le retrait d'une autre. Ces substitutions peuvent générer des effets de reports en termes d'impact sur le milieu et un accroissement de la pression de sélection de populations résistantes.

Les alternatives, de quelque nature qu'elles soient, ne peuvent être qualifiées de pertinentes que dans la mesure où i) elles procurent une efficacité comparable face aux adventices ciblées, ii) avec les mêmes garanties de sélectivité sur les cultures, iii) dans des situations de culture comparables (sols et climats diversifiés des territoires), iv) pour des acceptabilités comparables du point de vue économique (coûts directs, MO, temps de travaux...) environnemental (bilan CO2...) ou encore sociétal et v) dont les degrés de maturité technologiques et commerciaux autorisent le déploiement.

En outre, la question des leviers non chimiques est plus complexe à appréhender dans la mesure où leur mise en œuvre influence la pression des adventices et génère des interactions entre les paramètres du système de culture : cultures pratiquées, choix variétaux, techniques culturales, (travail du sol, fertilisation, irrigation...), gestion des intercultures, etc.,

Un grand nombre de solutions parfois qualifiées « d'alternatives » constituent en fait des mesures prophylactiques et de lutte directe déjà plus ou moins déployées dans les systèmes conventionnels. Si toutes ces mesures ou combinaisons de mesures contribuent très utilement à l'abaissement de la pression des graminées et à une gestion plus intégrée, moins utilisatrice d'herbicides elles ne constituent pas pour autant, lorsqu'elles sont seules, des solutions suffisantes pour obtenir des résultats en tous points équivalents à des stratégies combinées reposant sur des herbicides efficaces. L'absence de ces dernières correspond à d'autres systèmes, de type agriculture biologique dont la viabilité repose sur une valorisation différente de la production.

Références bibliographiques

- Bibard V., Bonin L., Duroueix F., Lecomte V., Vuillemin F., Wissocq A., 2022. Un IFT abaissé avec des cultures de printemps et du labour. Perspectives Agricoles, n°468. Juillet-août 2019. Pages 32 à 36.
- Bibard V., Nougué E., 2022 – Désherbage du maïs : évaluation multicritère des alternatives. Phytoma n°756, 45-50.
- Bonin L., Vuillemin F., Duroueix F., 2019. Lutte contre les graminées, additionner les effets de différentes pratiques. Perspectives Agricoles, n°501. Juillet-août 2022. Pages 32 à 34.
- Bonin L., Gautellier-Vizioz L., 2017. Blé tendre d'hiver : semailles décalés, adventices réduites. Perspectives Agricoles, n°448. Octobre 2017.
- Caddedu N., Vuillemin F., Cadoux S., Duroueix F., Loos M., Verdier JL., Deschamps E., Pontet C., 2023. Système de culture SYPPRE sans glyphosate : des difficultés persistent. VEGEPHYL-25ème conférence du COLUMA - Journées Internationales sur la lutte contre les Mauvaises Herbes, Dijon, France, décembre 2023.
- Carpentier A., Fadhuile A., Roignant M., Blanck M., Reboud X., Jacquet F., Huyghe C. Alternatives au glyphosate en grandes cultures. Evaluation économique. Expertise INRAE. Juin 2020.
- Cordeau S., Dessaint F., Denieul C., Bonin L., Vuillemin F., Delattre M., Rodriguez A., Guillemain J-P., Chauvel B., 2016. La nuisibilité directe des adventices en grandes cultures : quelles réponses nous apportent les essais désherbage ? Conférence du COLUMA- Journées Internationales sur la lutte contre les Mauvaises Herbes, Dijon, France, décembre 2016
- Denieul C., Bonin L., Duroueix F., 2016. Résistance aux herbicides: état des lieux et perspectives. AAFP-23ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 6, 7 et 8 décembre 2016.
- De Paepe I., Duroueix F., Lladós S., 2019. Démarche collective pour la gestion responsable des herbicides de prélevée du colza. VEGEPHYL-24ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Orléans, 3, 4 et 5 décembre 2019.
- De Paepe I., Duroueix F., Lladós S., 2019. Démarche collective pour la gestion responsable des herbicides de prélevée du colza. VEGEPHYL-24ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Orléans, 3, 4 et 5 décembre 2019.
- Labreuche J., Perriot B., Brun D., Uijtewal A., Bonin L., Vuillemin F., Duroueix F., Duval R., Royer C., Buridant C., Rodriguez A., 2019. Glyphosate, peut on s'en passer et avec quelles conséquences ? Perspectives Agricoles, n°468. Pages 41 à 48.
- Metais P., Brun D., 2019. Gestion des adventices : récolter les menues pailles a bien un intérêt à long terme. Perspectives Agricoles, n°467. Juin 2019. Pages 49-53.
- Rodriguez A., Bonin L., Buridan C., Duroueix F., Duval R., Gautellier-Vizioz L., Labreuche J, Perriot B., Vuillemin F., 2019. Retrait du glyphosate : analyse comparative de faisabilité et d'efficacité des pratiques agronomiques de remplacement. VEGEPHYL-24ème conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Orléans, 3, 4 et 5 décembre 2019.
- Vacher C., Vuillemin F., Buridant C., Denieul C., Délye C., Duroueix F., Perriot B., Rodriguez A., Royer C., Bonin L., 2019. NOTE COMMUNE INTER-INSTITUT 2018. Pour la gestion des résistances des adventices aux herbicides en grandes cultures. 23 pages.