

II. Itinéraire technique des céréales d'hiver

1. Lutte intégrée contre les adventices..... 16
2. La fertilisation azotée 41
3. Lutte intégrée contre la verse..... 89
4. Lutte intégrée contre les maladies 107
5. Lutte intégrée contre les ravageurs 171

1. Lutte intégrée contre les adventices

F. Henriet¹, C. Lacroix², C. Vandenberghe³, J. Pierreux² et B. Dumont²

1.1	La saison 2022 et ses particularités.....	17
1.1.1	Automne-hiver 2021-2022.....	23
1.1.2	Printemps 2022.....	23
1.1.3	Automne 2022.....	23
1.2	Expérimentations, résultats et perspectives	24
1.2.1	Lutte contre les graminées en froment d'hiver	24
1.2.2	Lutte contre le coquelicot en froment d'hiver.....	26
1.3	Recommandations pratiques	30
1.3.1	Les grands principes.....	30
	• En escourgeon et orge d'hiver : désherber avant l'hiver	30
	• En froment d'hiver, éviter les interventions avant l'hiver sauf si... ..	30
	• En épeautre, seigle et triticale.....	30
	• Connaître la flore adventice de chaque parcelle.....	31
	• Exploiter l'apport des techniques culturales.....	31
1.3.2	Les traitements automnaux	32
1.3.3	Les traitements printaniers	33
	• Lutte contre les graminées en escourgeon et orge d'hiver	33
	• Lutte contre les graminées en épeautre, froment, seigle et triticale	34
	• Lutte contre les dicotylées	36
1.3.4	Réussir son désherbage, c'est aussi... ..	37
1.3.5	Quid de la résistance ?	38
	• En quoi consiste la résistance ?.....	38
	• Prévenir l'apparition de résistances.....	40
	• Gérer la résistance	40

¹ CRA-W – Département Sciences du Vivant – Unité Santé des Plantes & Forêts

² ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Sciences – Phytotechnie

³ ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes-GRENeRA

1.1 Intégration du désherbage mécanique en froment d'hiver

C. Lacroix, C. Vandenberghe J. Pierreux et B. Dumont

1.1.1 Vers une complémentarité des désherbages mécanique et chimique ?

Des essais de désherbage mécanique couplé ou non à un désherbage chimique en froment d'hiver ont été mis en place entre 2010 et 2013 (projet SPW ARNE D31-1230) et entre 2020 et 2021 (projet SPW ARNE D65-1415). Trois intensités de désherbage à la herse étrille ont été testées : i) pas de passage, ii) un passage de herse à la reprise de végétation et iii) un passage de herse à la reprise de végétation suivi d'un second passage au stade redressement. Ces trois intensités de désherbage mécanique ont été combinées à deux modalités d'herbicides : i) une dose pleine au printemps ou ii) absence de traitement. Ces six années de données ont permis d'avoir des conditions météorologiques variables ainsi que des niveaux d'infestations d'adventices allant d'infestation initiale faible (6 adventices/m²) à très élevée (161 adventices/m²).

Afin d'évaluer l'efficacité du désherbage, un suivi du nombre d'adventices a été réalisé avant et après chaque passage de herse étrille, ainsi qu'une fois la canopée fermée (le dernier relevé est réalisé entre les stades BBCH 39 et 75). Les différents relevés ont été nommés comme suit : T0 - comptage initial en sortie d'hiver, T1 - comptage après le premier passage de herse étrille, T2 - comptage après le deuxième passage de herse étrille et T3 - comptage final une fois la canopée du froment fermée. Afin de séparer les adventices dites synchrones avec la culture de froment d'hiver des adventices à germination plus tardive, les adventices ont été séparées en trois différents groupes, nommés anciennes adventices, nouvelles émergences et nouvelles espèces. Le groupe anciennes adventices est constitué des adventices les plus synchrones avec la culture, c'est-à-dire dans notre cas l'ensemble des adventices déjà présentes lors des comptages de sortie d'hiver (T0 ou T1). Le groupe nouvelles émergences est constitué de nouvelles levées d'adventices, apparues après les premiers désherbages mécaniques, mais dont les espèces étaient déjà recensées en T1. Enfin, le groupe nouvelles espèces est constitué de levées d'espèces nouvelles, non recensées en T1.

Résultats et discussion

Des corrélations entre les différents groupes d'adventices étudiés et le rendement ont été calculées afin de déterminer quels groupes d'adventices impactaient le plus le rendement (Tableau 1).

La corrélation la plus forte avec les rendements a été observée pour le groupe anciennes adventices avec une corrélation de -0.44 au temps T3. Cela signifie que les adventices qui impactent le plus le rendement sont les adventices les plus synchrones avec la culture de froment. Par contre, aucune corrélation négative n'a été observée pour les nouvelles espèces et les nouvelles émergences en dicotylées. Les nouvelles espèces qui lèvent au printemps et durant l'été germent dans une culture de froment déjà bien implantée, la culture domine donc ces adventices et empêche le développement de celles-ci. Ces nouvelles espèces d'adventices peuvent avoir germé suite à l'utilisation de la herse qui a remué le sol et ainsi induit, certaines années, des conditions propices à la germination. Toutefois ces adventices ne sont pas des adventices spécifiques au froment et ne posent donc pas de problème dans cette culture (ex :

II.1 Céréales d'hiver – Adventices

germination de chénopodes). Les nouvelles émergences de dicotylées suivent le même principe que les nouvelles espèces et sont donc des adventices dominées par la culture de froment.

Tableau 1 – Corrélation entre les rendements et les densités d'adventices observées à chaque comptage. Seules les corrélations significatives sont indiquées. T0 = avant le désherbage, T1 après 1 passage de herse, T2 après 2 passages de herse, T3 lorsque la canopée était fermée. Les anciennes adventices sont constituées de toutes les adventices déjà observées à T0 et T1, les nouvelles émergences sont constituées d'individus d'adventices appartenant à des espèces déjà recensées en T1, les nouvelles espèces sont constituées de tous les individus d'adventices appartenant à des espèces apparues seulement après T1.

		T0	T1	T2	T3
Adventices totales	Anciennes adventices	-0.28	-0.31	-0.38	-0.44
	Nouvelles émergences				-0.27
	Nouvelles espèces				0.17
Adventices dicotylées	Anciennes adventices		-0.18	-0.28	-0.3
	Nouvelles émergences				
	Nouvelles espèces				0.18
Adventices graminées	Anciennes adventices		-0.19	-0.28	-0.27
	Nouvelles émergences				-0.29
	Nouvelles espèces				

Une corrélation négative avec le rendement est quant à elle observée pour les nouvelles levées de graminées. Par contre, de par la ressemblance morphologique entre le froment et les adventices de type graminée, il est possible que certaines graminées soient passées sous l'œil de l'observateur lors des premiers comptages. Ces adventices décelées plus tardivement seraient en réalité des anciennes adventices avec une nuisibilité plus grande qu'une nouvelle émergence (de par la compétition plus hâtive). Nous pensons donc que la valeur de la corrélation des nouvelles émergences de graminées est gonflée par rapport à la réalité.

Suite à ces premières observations, une analyse de l'efficacité des différentes méthodes de désherbage a été réalisée, en se concentrant sur la catégorie des anciennes adventices. Les adventices annuelles à germinations plus tardives (nouvelles émergences et nouvelles espèces) qui n'ont donc pas montré d'impact sur le rendement, peuvent être contrôlées dans la phase d'interculture (exemple: par des déchaumages).

Les analyses ont montré que l'efficacité du contrôle des adventices au cours du temps pouvait être représentée par une courbe de type sigmoïde comme illustré sur la Figure 1. Sans aucun contrôle, ni mécanique, ni chimique, une réduction du nombre d'adventice d'en moyenne 38% a été observée. Ce chiffre résulte principalement du fait que la culture de froment est une culture compétitrice. En effet, grâce à la compétition pour les ressources qu'elle induit (eau, éléments nutritifs, mais surtout lumière), la culture du froment provoque un déclin dans les populations d'adventices.

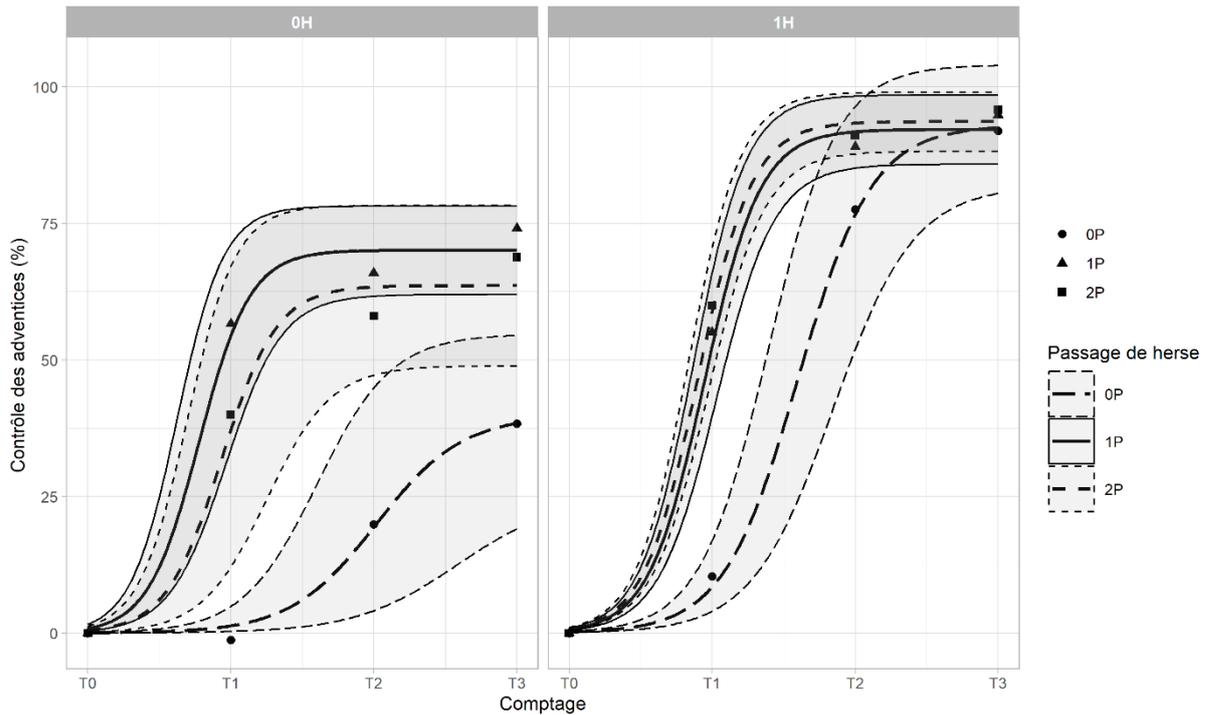


Figure 1 – Evolution dans le temps du contrôle des adventices .T0 = avant le désherbage, T1 après 1 passage de herse, T2 après 2 passages de herse, T3 lorsque la canopée était fermée. 0H= sans herbicide, 1H= une application complète d'herbicide, 0P= sans passage de herse, 1P= un passage de herse, 2P=deux passages de herse. La zone grisâtre représente l'intervalle de confiance autour de la courbe.

En absence de désherbage chimique (partie gauche de la figure 1), le désherbage à la herse étrille a présenté une efficacité juste après le premier passage (T1) de 54%, mais celle-ci a augmenté jusqu'à 70% au terme de la saison (T3). L'amélioration de l'efficacité après le désherbage et plus tard en saison a déjà été mise en évidence dans la littérature . Ce phénomène pourrait s'expliquer par un effet combiné de la herse étrille et de la compétition du froment sur les adventices. Le second passage de herse au redressement n'a généralement pas permis une amélioration significative de l'efficacité. En effet, l'efficacité de la herse étrille est très sensible au stade des adventices. Plus les adventices sont développées, moins la herse étrille est efficace. Les adventices qui ont survécu au premier passage de herse sont celles qui étaient les mieux implantées et les moins sensibles à cet outil. Malgré une agressivité renforcée lors du second passage, ces adventices n'ont donc à nouveau pas pu être contrôlées.

L'application d'un herbicide, couplé ou non à un désherbage mécanique (partie droite de la figure 1), a induit une efficacité plus élevée que le désherbage mécanique seul et a atteint, en moyenne, une efficacité de 91%. Il est à noter que la combinaison d'au moins un passage de herse et d'une dose d'herbicide se caractérise par une variabilité moins grande dans les résultats (aires grisées plus étroites), traduisant le fait que l'efficacité aura toujours été meilleure, quelle que soit l'année, que la seule application d'herbicide ou le seul passage mécanique.

Concernant le cout que représenterait un passage de herse, celui-ci a été estimé à 40€/ha si celui-ci est réalisé par un entrepreneur.

Conclusions

Cette analyse de données a permis de rappeler que les adventices nuisibles (et donc à contrôler) sont bien celles qui sont synchrones avec la culture. Il ne faut donc pas avoir peur, si la culture est bien implantée, de nouvelles levées éventuellement engendrées par le passage de la herse étrille. De plus, cette étude a montré qu'un deuxième passage de herse, réalisé au stade redressement du froment d'hiver, n'était significativement pas plus efficace qu'un passage unique. Malgré une efficacité de l'ordre de 54% après le premier passage celle-ci grimpe à 70%, mais reste plus faible qu'un désherbage chimique appliqué seul (autour de 90% d'efficacité).

Enfin, au cours de cette étude, le désherbage chimique a, le plus souvent, été appliqué après le premier passage de herse. Suite à ces résultats, et dans l'optique de minimiser le recours aux herbicides, une stratégie intéressante serait d'effectuer un passage de herse étrille en sortie d'hiver si et dès que les conditions le permettent. L'évaluation de l'efficacité de ce premier désherbage mécanique déterminera la nécessité d'effectuer un rattrapage chimique.⁴

1.1.2 Le désherbage mécanique et/ou chimique du froment d'hiver couplé au décalage de date de semis

Suite aux résultats encourageants obtenus précédemment, un nouvel essai visant à étudier si le décalage de la date de semis pouvait améliorer l'efficacité du désherbage et/ou diminuer la nuisibilité des adventices a été implanté durant l'automne 2022. Deux dates de semis ont été testées, une hâtive (le 17 octobre) et une tardive (le 21 novembre). Concernant le désherbage mécanique deux passages de herse ont été réalisés le même jour, au stade 1^{er} nœud pour le semis hâtif et au stade redressement du froment pour le semis tardif. L'herbicide a été appliqué selon trois modalités : i) absence de traitement, ii) demi dose ou iii) pleine dose de Biathlon Duo (WG : 71.4% tritosulfuron + 5.4% florasulam – 70 g/ha) combinée à la pleine dose d'Axial (EC : 50 g/l pinoxaden + 12.5 g/l safener – 1.2 L/ha). L'ensemble des informations des différentes modalités et des moments d'applications sont repris dans le Tableau 2. Le suivi des adventices a été réalisé en sortie d'hiver (T0) et après chaque opération de désherbage (T1 et T2) suivi d'un dernier relevé à floraison de la culture (T3). Enfin, une biomasse d'adventices a été réalisée à floraison du froment.

Tableau 2 – Semis, activités de désherbage et prises de données réalisées en 2022-2023.

Date	Activités		stade froment hâtif	stade froment tardif
17-10-22	Semis première date	250gr/m ²		
21-11-22	Semis deuxième date	300gr/m ²		
19-03-23	Comptage initial	T0	plein tallage	tallage
28-03-23	Désherbage chimique		Plein tallage	plein tallage
03-04-23	Deuxième comptage	T1	redressement	plein tallage
21-04-23	Désherbage herse étrille		1er nœud	redressement
05-05-23	Troisième comptage	T2	dernière feuille	élongation
12-06-23	Quatrième comptage et biomasse d'adventices	T3	floraison	floraison

⁴ Cet article est adapté de l'article qui est à ce jour en révision chez *Weed Research* intitulé "Assessing the combined effects of mechanical and chemical weeding on weed dynamics in winter wheat"

Résultats et discussion

Le décalage de la date de semis a permis de réduire les levées d'adventices de l'ordre de 22% (dicotylées et graminées confondues). Les graminées sont très impactées par la date de semis. Cela s'est vérifié dans cet essai car le semis tardif a compté 38% de vulpin en moins par rapport au semis précoce. Le décalage de la date de semis a donc permis, à lui seul, de réduire la pression initiale.

De plus, les opérations de désherbage, mécanique ou chimique, furent plus efficaces dans le cas du semis tardif. Dans cette situation, les adventices sont en effet moins développées en sortie d'hiver et, par conséquent, plus vulnérables aux opérations de désherbage (mécanique ou chimique).

Concernant la biomasse d'adventices mesurée lors de la floraison du froment, celle-ci a montré à la fois un effet du décalage de la date de semis, du désherbage mécanique et de la dose d'herbicide. Le décalage de la date de semis a abouti à une biomasse d'adventices quatre fois plus faible en comparaison du semis hâtif, sans opération de désherbage : la réduction observée (passage d'environ 200 g/m² à 35 g/m²) est équivalente à l'application en semis hâtif d'une demi-dose d'herbicide et de deux passages de herse étrille (Figure 2).

En cas de semis hâtif, le désherbage mécanique n'a pas permis un contrôle suffisant (entre 150 et 113 g/m²). En semis tardif, la biomasse d'adventices du témoin était faible. Dans une telle situation, le désherbage mécanique a donc été suffisant (22.1 g/m²).

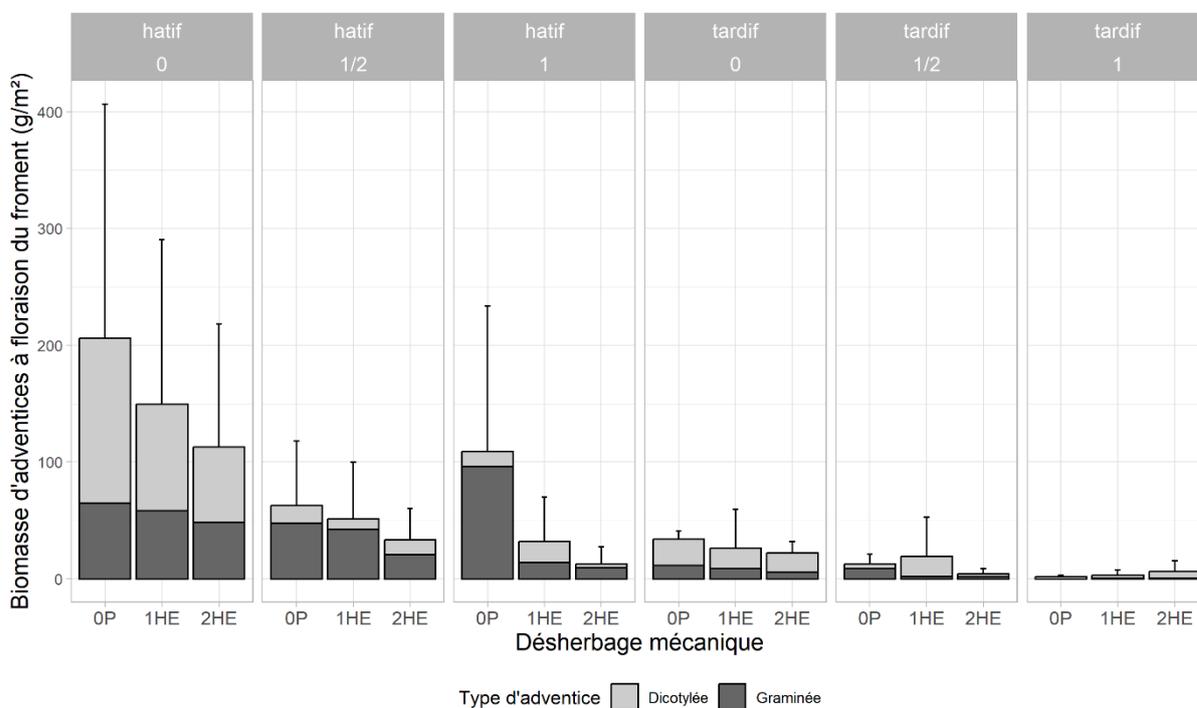
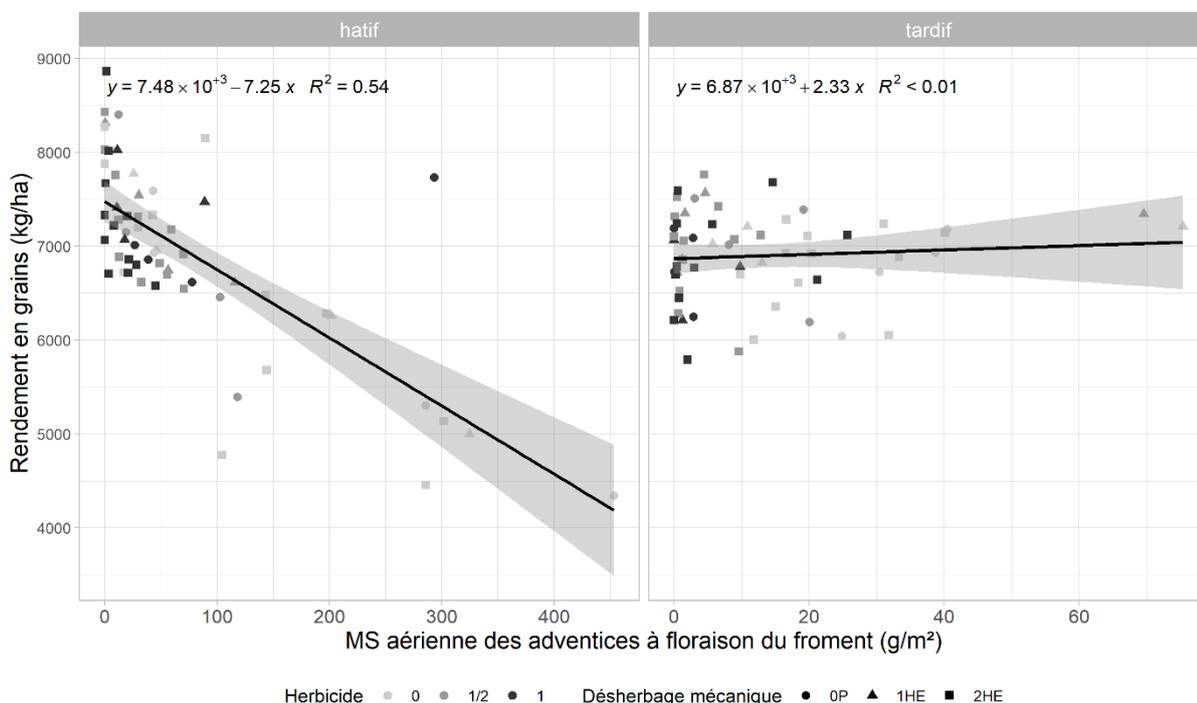


Figure 2 – Biomasse d'adventices mesurée lors de la floraison du froment en fonction de la date de semis du froment, de la dose d'herbicide et des modalités de désherbage mécaniques.

II.1 Céréales d'hiver – Adventices

Les relations entre le rendement et la biomasse d'adventices à floraison ont été étudiées (Figure 3). Aucune régression n'est présente dans le cas du semis tardif tandis qu'une régression négative est observée en semis hâtif du froment ($R^2=0.54$). Un contrôle renforcé de la flore adventice s'impose donc lorsque le semis est hâtif. L'absence de régression en semis tardif signifie que les adventices présentes n'ont pas impacté le rendement. Il convient de signaler que les rendements étaient les plus faibles en semis hâtif sans désherbage chimique. Les rendements observés après l'application de demi ou pleine dose d'herbicides en semis hâtif étaient quant à eux similaires avec l'ensemble des modalités testées en semis tardif. Ces résultats soulignent l'importance de réussir son désherbage en cas de semis précoce afin d'éviter des pertes de rendement.



Conclusions

Cet essai cumulant le décalage de la date de semis à du désherbage mécanique couplé ou non à du chimique a bien montré tout le potentiel et l'importance de combiner les leviers. Outre la diminution de la pression initiale en semis tardif, le décalage de la date de semis a permis d'améliorer l'efficacité du désherbage, qu'il soit mécanique ou chimique. De plus grâce à une dominance du froment sur les adventices en semis tardifs, traduit par une faible biomasse en adventices, le rendement n'est pas lié à la présence d'adventices. Dans de telles conditions, un désherbage chimique n'est pas nécessaire et la combinaison du semis tardif à un ou deux passages de herse peut se révéler suffisante.

Les deux études menées démontrent que le désherbage en plein, réalisé ici à l'aide de la herse étrille, est une solution prometteuse et un levier intéressant pour envisager la réduction de produits phytopharmaceutiques.

1.2 La saison 2023 et ses particularités

F. Henriët

1.2.1 Automne-hiver 2022-2023

Malgré une période plus fraîche entre la mi-septembre et la mi-octobre, l'automne 2022 présenta une température moyenne supérieure à la normale (12,8 °C au lieu de 11,2) : ce fut le troisième automne le plus chaud depuis 1833. Les précipitations furent normales (210 mm/m² au lieu de 209) mais plutôt concentrées au mois de septembre (105 mm/m² au lieu de 65). L'ensoleillement fut normal (339 heures au lieu de 333) malgré un léger déficit en septembre (136 heures au lieu de 154). La vitesse du vent fut faible en septembre (2,6 m/s), normale en octobre (3,5 m/s) et élevée en novembre (4,2 m/s). Les travaux de semis et de pulvérisation ont donc pu se dérouler dans de très bonnes conditions, du début du mois d'octobre à la première décennie de novembre.

Le mois de janvier 2023 fut très chaud (5,2 °C au lieu de 3,7), surtout durant la première quinzaine, et humide (91 mm/m² au lieu de 76). Février fut également doux (5,9 °C au lieu de 4,2) mais très sec (13 mm/m² au lieu de 65).

1.2.2 Printemps 2023

Le mois de mars, avec 24 jours de pluie (au lieu de 16) fut très humide (127 mm/m² au lieu de 59), surtout lors des première et troisième décades. Il fut également très sombre (83h d'ensoleillement au lieu de 126) mais plutôt normal du point de vue des températures (7,5 °C au lieu de 7,1). En mars, les fenêtres de pulvérisation furent donc rares et le désherbage des céréales n'a pu commencer que lors des derniers jours de ce mois. Avec 0 jour de printemps (Tmax supérieure à 20 °C – au lieu de 5), avril fut plutôt frais (9,0 °C au lieu de 10,4) mais surtout humide (66 mm/m² au lieu de 48 en 19 jours de pluie au lieu de 13) et sombre (149h au lieu de 171). Il a, à nouveau, fallu passer entre les gouttes pour sortir le pulvérisateur. Ces conditions ne facilitèrent pas non plus le recours au désherbage mécanique.

1.2.3 Automne 2023

L'automne 2023 présenta des températures supérieures à la normale (13,4 °C au lieu de 11,2). C'est le deuxième automne le plus chaud depuis 1833 : l'automne a battu tous les records en termes de jours de printemps (32 jours au lieu de 15), de jours d'été (10 jours au lieu de 3) et de jours de chaleur (6 jours au lieu de 0,1) et, pour la première fois, une vague de chaleur a été observée en septembre (du 4 au 11/09). Du côté des précipitations et de l'ensoleillement, l'automne est à diviser en deux. Avant le 15 octobre, les précipitations furent déficitaires (81,0 mm/m² en 12 jours au lieu de 102 mm/m² en 22 jours) et l'ensoleillement excédentaire (270h au lieu de 209). Les arrachages et les semis se déroulaient dans d'excellentes conditions. Les ennuis commencèrent à partir du 15 octobre : de cette date au 30 novembre, il est tombé 203 mm/m² de pluie en 40 jours (au lieu de 108 mm/m² en 27 jours) et il fut extrêmement sombre (69h d'ensoleillement au lieu de 118 – record négatif) ! Arrachage et semis s'en trouvèrent, et c'est peu de le dire, très compliqués. Le mois de décembre n'a pas arrangé la situation. Si certains semis précoces ont pu être désherbés, cela n'a pas été le cas pour une partie non négligeable des escourgeons et la toute grande majorité des froments semés après le 15 octobre.

1.3 Expérimentations, résultats et perspectives

F. Henriët

1.3.1 Lutte contre les graminées en froment d’hiver

Trois essais installés durant le printemps 2023 avaient pour objectif de comparer l’efficacité des herbicides antigraminées contre le vulpin. Le premier essai a été semé le 22 octobre 2022 à Les Isnes (région de Gembloux), le second le 25 octobre 2022 à Salet (entre Dinant et Saint-Gérard), et le troisième, le 15 octobre 2022 à Falmagne (entre Dinant et Beauraing).

Le protocole prévoyait des traitements à deux stades : plein tallage (BBCH 25) et fin tallage (BBCH 29). Tous les traitements n’ont pas été effectués dans les trois sites d’essai.

Le Tableau 3 reprend les dates d’application et la flore présente. Le Tableau 4 détaille la composition des produits utilisés. Enfin, la Figure 1 présente les résultats des comptages d’épis de vulpins effectués fin juin 2023.

Tableau 3 – Dates d’application et flore présente.

Essai	Date d’application		Flore présente dans les témoins lors de la dernière application
	BBCH 25-30	BBCH 29-31	
Les Isnes	28/03/2023	07/04/2023	45 vulpins/m ² – BBCH (25-)29
Salet	28/03/2023	07/04/2023	56 vulpins/m ² – BBCH 25
Falmagne	28/03/2023	04/04/2023	93 vulpins/m ² – BBCH (29-)30

Tableau 4 – Composition des produits utilisés.

Produit	Formulation	Composition
ACTIROB B (huile)	EC	812 g/L huile colza estérifiée
AXIAL	EC	50 g/L pinoxaden + 12,5 g/L safener
CAPRI	WG	7,5 % pyroxsulam + 7,5 % safener
CTU500SC	SC	500 g/L chlortoluron
DEFI *	EC	800 g/L prosulfocarbe
SIGMA MAXX	OD	10 g/L mesosulfuron + 2 g/L iodosulfuron + 30 g/L safener

* non autorisé au delà du stade 3 feuilles (BBCH 13) de la céréale.

Résultats

En raison des mauvaises conditions du mois de mars, les traitements ont été effectués un peu plus tardivement que prévu. En fonction de l’essai, la première application a eu lieu du stade plein tallage au stade montaison (BBCH 25-30) et la seconde application a été réalisée du stade fin tallage au stade premier nœud (BBCH 29-31). Les efficacités observées dans les essais furent élevées (Figure 4) dans les essais de Salet (98% d’efficacité moyenne) et Falmagne (99% d’efficacité moyenne) mais plus contrastées dans l’essai de Les Isnes (89% d’efficacité moyenne).

Parmi les traitements effectués **lors de la première application**, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) présentait une efficacité moyenne (3 essais) satisfaisante de 92% (Figure 4). Il fut toutefois possible d’améliorer l’efficacité de ce produit en portant la dose employée à 1.5 L/ha (+4%).

Considérant uniquement l'essai de Les Isnes, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) montrait une efficacité de 81%. Il était possible d'en améliorer l'efficacité en augmentant la dose (90%, +9%) ou en lui ajoutant un partenaire comme le CTU500 SC (84%, +3%), le CAPRI (89%, +8%), le DEFI (90%, +9%) ou l'AXIAL (99%, +18%). Dans cet essai, le CAPRI (70%) et l'AXIAL (52%) appliqués seuls restaient imparfaits.

Lors de la seconde application, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) montrait une efficacité moyenne (3 essais) supérieure (99%, +7%) à l'efficacité observée suite à la première application (Figure 4). Porter la dose à 1.5 L/ha donnait un résultat équivalent (98%).

Considérant uniquement l'essai de Les Isnes, tous les traitements éprouvés lors de la seconde application montraient une efficacité équivalente comprise entre 96 et 99%.

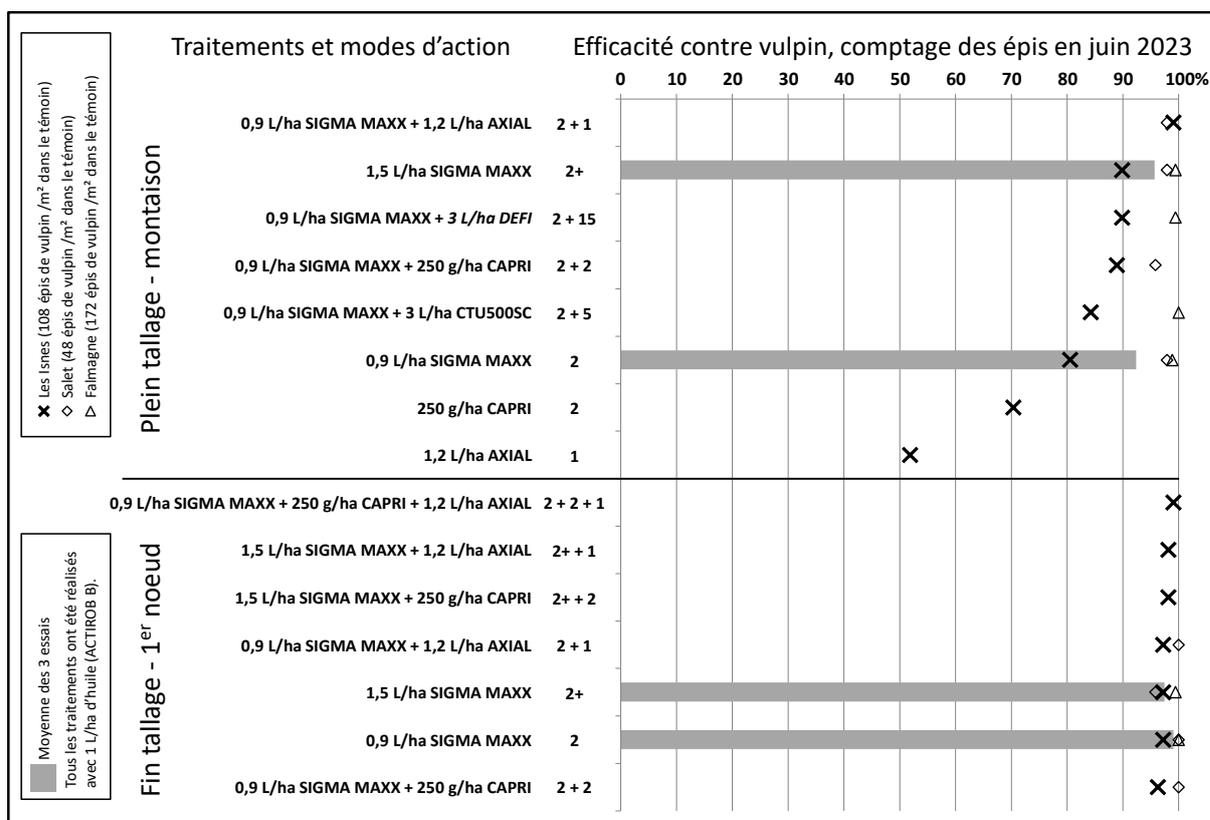


Figure 4 – Efficacité (%) calculée selon la formule : $[1 - (\text{nbre épis obs. dans traitement} / \text{nbre épis obs. témoin})] \times 100$. Attention, le DEFI n'est pas autorisé à ce stade d'application.

Discussion - conclusions

- Les résultats obtenus dans les essais de Salet et Falmagne furent bons et souvent proches de la perfection, malgré les niveaux d'infestation relativement élevés observés en fin de saison (48 et 172 épis de vulpin par mètres carrés, respectivement) et quel que soit le moment d'application considéré. Il reste donc possible de contrôler assez facilement des populations importantes de vulpin (56 et 93 plants de vulpin par mètres carrés au moment de la seconde application). La connaissance de l'historique de la parcelle reste toutefois primordiale.

- L'essai de Les Isnes démontre encore que le SIGMA MAXX reste le meilleur produit antigraminées à pénétration foliaire : le CAPRI et l'AXIAL appliqués seuls lui étaient inférieurs.
- L'essai de Les Isnes, plus contrasté en termes de résultats, indique à nouveau qu'il est possible d'améliorer l'efficacité du SIGMA MAXX (0.9 L/ha), ou de son équivalent en *mesosulfuron*, en augmentant la dose (maximum 1.5 L/ha) ou en lui ajoutant un partenaire.
- Comme depuis 2 ans, postposer le traitement n'a pas semblé impacter négativement l'efficacité. Il n'est cependant pas conseillé d'attendre si les conditions sont bonnes (température supérieure à 5°C, humidité relative supérieure à 60% et sol humide).
- Pour lutter durablement contre les graminées, l'efficacité finale, c'est-à-dire l'efficacité obtenue après la mise en œuvre de leviers agronomiques et la lutte en culture (chimique ou mécanique), doit être aussi complète que possible. Depuis quelques années, l'application de 0,9 L/ha de SIGMA MAXX (ou son équivalent en *mesosulfuron*) devrait constituer le traitement minimal dans les parcelles nécessitant une application printanière d'antigraminées.
- Cette dose est généralement efficace contre des vulpins sensibles ayant atteint, au maximum, le stade mi tallage (BBCH 25). Elle doit être revue à la hausse si les vulpins sont plus développés, ce qui est fréquemment le cas pour des semis précoces non désherbés à l'automne.
- Si la présence de vulpins difficiles ou résistants est pressentie et si ceux-ci n'ont pas été présensibilisés par un traitement automnal à base de *flufenacet*, la dose minimale recommandée de SIGMA MAXX (0.9 L/ha) risque de ne pas être suffisante. Il est dès lors conseillé de renforcer le traitement en augmentant la dose ou en ajoutant un partenaire foliaire. L'AXIAL a encore montré qu'il était un partenaire intéressant.
- ATTENTION, les particularités de l'automne dernier (arrachages compliqués ayant occasionné beaucoup de semis tardifs) vont engendrer trois types de situations :
 - des céréales semées précocément qui ont pu être désherbées,
 - des céréales semées précocément qui n'ont pas pu être désherbées et
 - des céréales semées (très) tardivement qui seront probablement moins infestées en graminées (leur germination est très impactée par la date de semis).Dans les premières, il conviendra juste de vérifier que le traitement d'automne a bien fonctionné et est suffisant. Dans les secondes, il faudra, comme d'habitude finalement, adapter le traitement au stade atteint par les graminées. Pour les dernières, et après vérification en sortie d'hiver, il pourrait être possible de se passer de produit antigraminées.

1.3.2 Lutte contre les dicotylées en froment d'hiver

Au printemps 2023, trois essais visant à étudier divers traitements antidicotylées ont été implantés. Le premier essai a été semé le 30 octobre 2022 à Floriffoux (région de Namur), le second le 17 octobre 2022 à Croix (région de Ciney), et le troisième, le 10 octobre 2022 à Falmignoul (entre Dinant et Beauraing).

Le protocole prévoyait une seule application au stade fin tallage (BBCH 29). Tous les traitements n'ont pas été effectués dans les trois sites d'essai.

Le Tableau 5 reprend les différentes adventices et leur stade de développement au moment de l'application. Le Tableau 6 détaille la composition des produits utilisés. Enfin, la Figure 5 présente les résultats des cotations visuelles effectuées 4 semaines après l'application.

Tableau 5 – Dates d'application et flore présente.

Essai	Application		Flore présente lors de l'application	
	Date	Stade culture	Espèce	Densité (pl/m ²) ; stade
Floriffoux	04/05/2023	BBCH 31	Pensée sauvage Bleuet	85 – BBCH 16 18 – BBCH 18
Croix	21/04/2023	BBCH 32	Véronique à f. de l. Myosotis Camomille	28 – BBCH 51-55 8 – BBCH 21 5 – BBCH 21
Falmignoul	25/04/2023	BBCH 30	Pensée sauvage Coquelicot	101 – BBCH 16-51 3 – BBCH 18

Tableau 6 – Composition des produits utilisés.

Produit	Formulat.	Composition
ACTIROB B (huile)	EC	812 g/L huile colza estérifiée
ARCHIPEL STAR	WG	4,5% mesosulfuron + 4,5% iodosulfuron + 3,75% thiencarbazone + 13,5% safener
CAPRI	WG	7,5% pyroxsulam + 7,5% safener
CAPRI DUO	WG	7,08% pyroxsulam + 1,42% florasulam + 7,08% safener
GORDIUM STAR	WG	3,3% iodosulfuron + 2,5% thiencarbazone + 15% safener
HUSSAR ULTRA	OD	100 g/L iodosulfuron + 300 g/L safener
PRIMUS	SC	50 g/L florasulam
REXADE TRIO	WG	24% pyroxsulam + 10% florasulam + 10% halauxifen + 21% safener
SIGMA MAXX	OD	10 g/L mesosulfuron + 2 g/L iodosulfuron + 30 g/L safener
TREVISTAR	EC	100 g/L fluroxypyr + 80 g/L clopyralide + 2,5 g/L florasulam
TREZAC	EC	30 g/L halauxifen + 25 g/L aminopyralide + 30 g/L safener
ZYPAR	OD	6 g/L halauxifen + 5 g/L florasulam + 6 g/L safener

Résultats

Quatre semaines après l'application, les traitements présentaient des spectres d'efficacité variés. Dans la Figure 5, les produits sont classés par ordre d'efficacité moyenne, le GORDIUM STAR présentant l'efficacité moyenne la plus élevée et le PRIMUS, la plus faible.

Comme attendu, la pensée sauvage (moyenne des essais de Floriffoux et Falmignoul) était globalement bien contrôlée (entre 87 et 93% d'efficacité) par les produits incluant soit du *pyroxsulam* (REXADE TRIO, CAPRI DUO et CAPRI), soit de la *thiencarbazone* (GORDIUM STAR et ARCHIPEL STAR). Le HUSSAR ULTRA, non testé à Floriffoux, présentait également une bonne efficacité (88%). Le TREZAC suivait avec 74% d'efficacité tandis que les autres produits étaient en retrait (maximum 62%).

La majorité des produits montrait une efficacité moyenne, comprise entre 63 et 76%, contre la véronique à feuille de lierre (essai de Croix). Le CAPRI DUO était légèrement supérieur (88%) alors que le TREVISTAR et le PRIMUS étaient insatisfaisants (21 et 28%, respectivement).

Contre le bleuet (essai de Floriffoux), le TREVISTAR (93%), le ZYPAR (93%) et le CAPRI DUO (85%) se démarquaient alors que le TREZAC (73%), le GORDIUM STAR (68%) et le

II.1 Céréales d'hiver – Adventices

REXADE TRIO (68%) étaient moins efficaces. Le SIGMA MAXX (13%) et, dans une moindre mesure, l'ARCHIPEL STAR (38%) étaient insatisfaisants. Les autres traitements n'ont pas été testés.

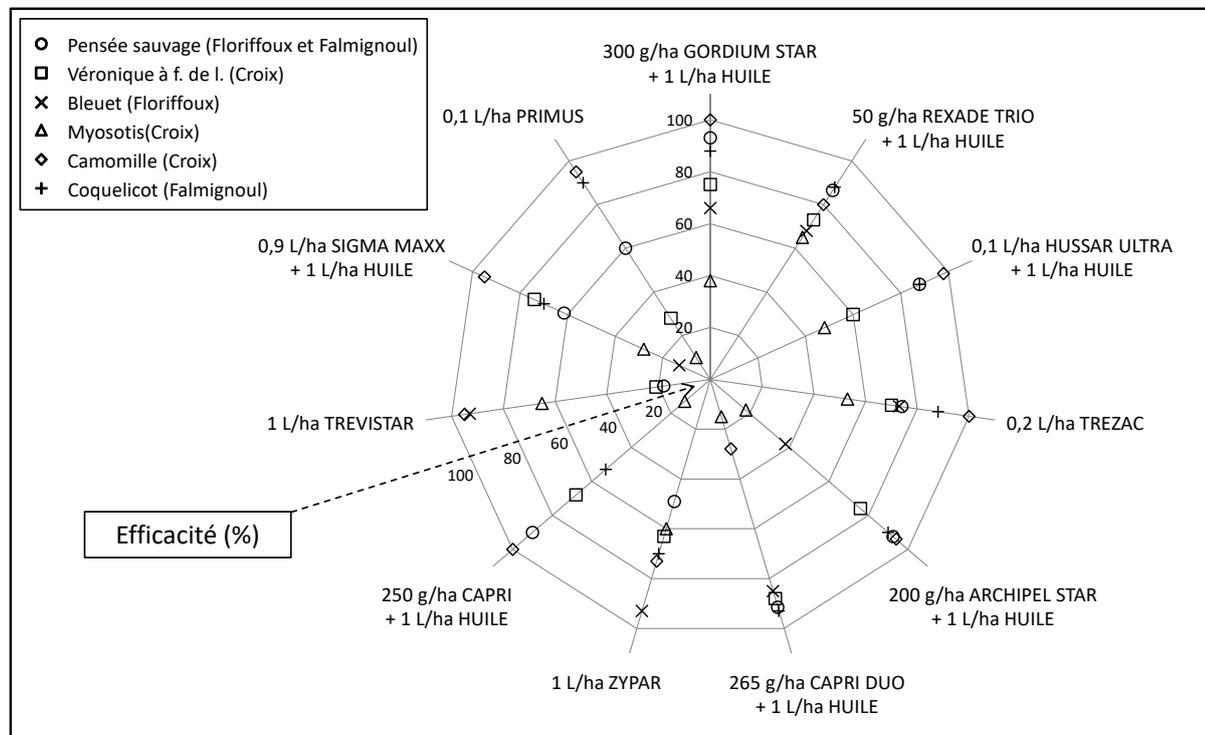


Figure 5 – Résultats de l'observation visuelle (efficacité en %) effectuée 4 semaines après l'application des traitements.

Quatre semaines après l'application, le myosotis (essai de Croix) était moyennement contrôlé par le REXADE TRIO (65%), le TREVISTAR (65%) et le ZYPAR (60%) puis par le TREZAC (53%) et le HUSSAR ULTRA (48%). Les autres produits testés étaient insatisfaisants (maximum 38%).

La camomille (essai de Croix) était quasi parfaitement à parfaitement contrôlée (95 à 100% d'efficacité) par la majorité des produits testés. Étonnamment, trois produits incluant du *florasulam*, pourtant efficace contre camomille, se montrèrent en retrait : le REXADE TRIO (80%), le ZYPAR (73%) et le CAPRI DUO (28%).

Contre le coquelicot (essai de Falmignoul), tous les traitements, à l'exception du ZYPAR (70%), du SIGMA MAXX (70%) et du CAPRI (53%) présentaient une efficacité satisfaisante similaire comprise entre 88 et 93%.

Discussion - conclusions

- Même si le niveau d'efficacité peut varier en fonction des conditions d'application ou du stade atteint par les adventices au moment du traitement, chaque substance active possède un spectre d'action qui lui est propre. Identifier les espèces présentes sur la parcelle permet de choisir le(s) bon(s) produit(s).

1.4 Nouveautés

F. Henriët

MANHATTAN et MANHATTAN FORTE

Le MANHATTAN regroupe au sein d'une même formulation le *pyroxsulam* du CAPRI et l'*halauxifen* disponible dans le ZYPAR, le PIXXARO EC ou encore le TREZAC. Outre le *pyroxsulam* et l'*halauxifen*, le MANHATTAN FORTE inclus également le *florasulam* du PRIMUS. Ces trois molécules sont des herbicides systémiques à pénétration foliaire.

Si le *pyroxsulam* et le *florasulam* sont deux Triazolopyrimidines (inhibiteurs de l'AcetoLactate Synthase – mode d'action 2), le premier est très efficace contre les graminées, les véroniques et la pensée, tandis que le second est un antidicotylées efficace contre le gaillet, la camomille, le mouron des oiseaux, ... L'*halauxifen*, quant à lui, est une auxine synthétique (hormones – mode d'action 4) très efficace contre le coquelicot, le lamier, le fumeterre, le gaillet, les géraniums, le bleuet, ...

Le MANHATTAN et a fortiori le MANHATTAN FORTE constituent donc des produits à très large spectre. Utilisés à leur dose maximale, ces produits devraient être en mesure de contrôler efficacement les vulpins et les jouets du vent sensibles.

Le MANHATTAN est un granulé à disperser dans l'eau (WG) contenant 25% *pyroxsulam* + 6.95% *halauxifen* + 35.4% safener. Le MANHATTAN FORTE est aussi un granulé à disperser dans l'eau (WG) contenant 18.75% *pyroxsulam* + 5.21% *halauxifen* + 3.75% *florasulam* + 26.6% safener. Ils peuvent être utilisés du stade deux feuilles, c'est-à-dire dès l'automne, au stade deuxième nœud (BBCH 12-32) mais une seule application par culture est autorisée. Il est préférable de les mélanger avec un adjuvant à base d'huile de colza estérifiée. Tous deux sont homologués sur les céréales d'hiver suivantes : froment, seigle, triticales, épeautre et blé dur. Le MANHATTAN pourra être pulvérisé à la dose maximale de 75 g/ha tandis que le MANHATTAN FORTE pourra, quant à lui, être appliqué à raison de 100 g/ha maximum.

ZEPPPOS et OBELISK

Identiques, le ZEPPPOS et l'OBELISK associent le *mesosulfuron* et l'*iodosulfuron*, substances actives bien connues des céréaliculteurs, pour reconstituer l'ATLANTIS WG. Comme ce dernier, ZEPPPOS et OBELISK sont des granulés à disperser dans l'eau (WG) contenant 0.6% *iodosulfuron* + 3% *mesosulfuron* + 9% safener. Pour rappel, le *mesosulfuron* est efficace contre les graminées et l'*iodosulfuron* élargit le spectre aux dicotylées classiques comme le mouron, la camomille, ...

ZEPPPOS et OBELISK sont autorisés du stade début tallage au stade deuxième nœud (BBCH 21-32) sur les céréales suivantes : froment, seigle, triticales, épeautre et blé dur. En céréales d'hiver, ils devront être appliqués au printemps, à la dose maximale de 500 g/ha. En céréales de printemps la dose maximale autorisée est de 300 g/ha. Afin d'en améliorer l'efficacité, il est conseillé de leur ajouter un adjuvant à base d'huile de colza estérifiée.

1.5 Recommandations pratiques

1.5.1 Les grands principes

- **En escourgeon et orge d'hiver : désherber avant l'hiver**

Semés fin septembre - début octobre, les escourgeons et les orges d'hiver commencent à taller fin octobre - début novembre. C'est durant l'automne qu'il faut intervenir car c'est à ce moment que la majorité des mauvaises herbes va également germer et croître.

Jeunes et peu développées, les adventices sont éliminées facilement et économiquement en automne. En revanche, au printemps, les mauvaises herbes ayant passé l'hiver sont trop développées et la culture, en général dense et vigoureuse, perturbe la lutte (effet parapluie). Des rattrapages printaniers sont néanmoins possibles et quelque fois nécessaires.

- **En froment d'hiver, éviter les interventions avant l'hiver sauf si...**

Semés plus tard que les orges, les froments d'hiver, dans la plupart des situations, ne demandent pas d'intervention herbicide avant le printemps, parce que :

- avant l'hiver, le développement des adventices est faible ou modéré ;
- grâce à la gamme d'herbicides agréés aujourd'hui, il est possible d'assurer le désherbage après l'hiver, même dans des situations difficiles ;
- les applications d'herbicides à l'automne ne suffisent presque jamais et doivent de toute façon être suivies d'un rattrapage printanier ;
- les dérivés de l'urée (*chlortoluron*) se dégradent assez rapidement. Appliqués avant l'hiver, leur concentration dans le sol est trop faible pour permettre d'éviter les levées de mauvaises herbes au retour des beaux jours.

Le désherbage du froment AVANT l'hiver EST justifié en présence d'adventices résistantes (Voir point 1.5.5 « Quid de la résistance ? ») ou en cas de développement précoce et important. Cela peut arriver notamment :

- lors d'un semis précoce suivi d'un automne doux et prolongé ;
- en cas d'échec ou d'absence de désherbage dans la culture précédente ;
- lorsqu'il n'y a pas eu de labour avant le semis.

Un désherbage automnal est presque toujours suivi par un complément au printemps. Le cas échéant, le désherbage est raisonné en programme.

- **En épeautre, seigle, triticale et blé dur**

Le désherbage de ces céréales peut se raisonner comme dans le cas du froment. Il est cependant possible que certains produits homologués en froment ne le soient pas dans ces cultures. Il faut donc vérifier systématiquement les autorisations (cfr pages jaunes de ce Livre blanc).

- **Connaître la flore adventice de chaque parcelle**

Contrairement aux insectes ou aux agents pathogènes, les mauvaises herbes ne se déplacent pas. Chaque parcelle présente donc une flore adventice propre et il est très utile de connaître sa composition (espèces en présence et niveaux d'infestation) pour déterminer les choix de désherbage de façon pertinente et rentable. Pourquoi, par exemple, faudrait-il utiliser des antigaminées coûteux si la parcelle est exempte de graminées ?

Il est également très utile d'avoir en tête quelques notions de base à propos de la biologie et de la nuisibilité des adventices. En effet, chaque espèce présente des caractéristiques propres telles que la ou les périodes de levée, les conditions de germination, la profondeur optimale pour stimuler la levée, la durée de vie de la semence dans le sol, ... La nuisibilité des adventices vis-à-vis de la culture est, elle-aussi, spécifique de l'espèce. La nuisibilité directe correspond à la perte de rendement due à la compétition pour l'eau et les nutriments. Elle dépend de l'intensité de l'infestation. La nuisibilité indirecte, également appelée nuisibilité pluriannuelle, est plus difficilement quantifiable et peut être la conséquence de problèmes mécaniques occasionnés lors de la récolte, d'un défaut de qualité de la récolte (humidité, impuretés, ...) ainsi que de la production de semences adventices restant dans la parcelle et susceptibles de poser des problèmes par la suite.

- **Exploiter l'apport des techniques culturales**

Diverses techniques, ancestrales ou modernes, contribuent à la gestion des adventices.

La rotation

La présence dans un assolement d'une culture de printemps modifie et perturbe le cycle de développement des adventices nuisibles aux céréales d'hiver et les empêche de s'adapter à un système de culture trop répétitif. Contrairement à la monoculture, la rotation permet également de faire varier les modes d'action des herbicides utilisés.

La gestion de l'interculture

L'interculture est une occasion privilégiée pour lutter contre les adventices et préparer l'installation de la culture suivante sur des parcelles bien propres. En effet, des déchaumages soignés permettent d'épuiser une partie du stock semencier et d'éviter la prolifération des repousses. Par ailleurs, des herbicides totaux peuvent y être utilisés afin de détruire des plantes vivaces telles que le chiendent ou le chardon, difficiles à combattre lorsque les cultures sont en place. Enfin, l'interculture peut également être exploitée pour favoriser, par un travail du sol adéquat, la dégradation des résidus de pesticides pouvant poser problème pour la culture suivante (sulfonilurées en colza).

Le régime de travail du sol

Le régime de travail du sol influence l'évolution de la flore adventice. En assurant un enfouissement profond des semences d'adventices, le labour réduit considérablement la viabilité du stock de semences. A titre d'exemple, il détruirait de l'ordre de 85 % des semences de vulpin et 50 % des semences de ray-grass. L'adoption de techniques sans labour induit des modifications progressives de la flore. Par ailleurs, ces techniques modifient aussi l'activité des

herbicides racinaires. En Belgique, les assolements sont assez variés et les difficultés de désherbage inhérentes aux TCS (techniques culturales simplifiées) sont plutôt rares. Il reste cependant nécessaire d'être attentif en début de culture, car la concurrence des adventices ou des repousses se marque plus rapidement qu'en régime de labour. En non-labour permanent, un désherbage raté peut avoir des conséquences importantes dans les cultures suivantes, portant quelquefois sur plusieurs rotations. C'est pourquoi, il est conseillé de labourer au moins une fois sur la rotation, ou bien une fois tous les 3 ou 4 ans là où les assolements ne sont pas réguliers.

La date de semis

Le décalage de la date de semis permet de réduire la pression en adventices, notamment en graminées, dont la période de germination préférentielle est ainsi esquivée. Des essais menés à Gembloux ont montré que reporter la date de semis d'une quinzaine de jours réduisait les émergences de graminées d'environ 40%. En outre, les adventices se développant dans des semis tardifs montrent une croissance et un potentiel reproducteur moins importants. Malheureusement, reporter le semis n'est parfois pas sans conséquences sur l'implantation (en conditions automnales difficiles) de la culture et sa productivité.

1.5.2 Les traitements automnaux

Les traitements de préémergence doivent être raisonnés sur base de l'historique de la parcelle. Il est en effet difficile de choisir de façon pertinente un traitement sans connaître les adventices en présence. Adapté à la parcelle, ce type de traitement donne souvent satisfaction.

Depuis la mise sur le marché d'une nouvelle formulation (AVADEX FACTOR), le *triallate* ne nécessite plus d'être incorporé et peut maintenant être appliqué en préémergence. Cette vieille molécule, essentiellement active contre les graminées, peut compléter efficacement un traitement à base de *flufenacet*.

Le *chlortoluron* est un herbicide racinaire dont le comportement est fortement influencé par la pluviosité (trop de pluie induit un manque de sélectivité) et le type de sol (une teneur en matière organique élevée provoque une baisse d'efficacité). Sa persistance d'action est faible car il disparaît rapidement pendant la période hivernale. Il est très sélectif des céréales (excepté aux stades 1 à 3 feuilles, BBCH 11-13) et efficace contre les graminées annuelles peu développées dont le vulpin et les dicotylées classiques comme le mouron des oiseaux et la camomille. En froment d'hiver, le *chlortoluron* ne peut cependant être utilisé que sur des variétés tolérantes.

Largement utilisé par le passé, le *prosulfocarbe* n'est plus une référence contre les graminées. Il constitue toutefois un partenaire de choix contre un certain nombre de graminées et de dicotylées annuelles dont les VVL (violettes, véroniques, lamiers). Il est très valable contre le gaillet gratteron mais inefficace sur camomille.

La *pendimethaline*, l'*isoxaben*, le *diflufenican* ou le *beflubutamide* complètent idéalement le *chlortoluron* ou le *prosulfocarbe* en élargissant leur spectre antidicotylées aux VVL (mais pas au gaillet gratteron) et en renforçant leur activité sur les graminées. Au contraire de l'*isoxaben*, la *pendimethaline*, le *diflufenican* et le *beflubutamide* sont peu efficaces contre la camomille. Ces herbicides doivent être appliqués quand les adventices sont encore relativement peu développées (maximum 2 feuilles, BBCH 12).

Le *flufenacet*, actif contre les graminées et quelques dicotylées, doit être appliqué très tôt, sur des adventices de petite taille ou non encore germées. Il peut dès lors être pulvérisé en préémergence ou juste après la levée de la culture. Disponible seul dans plusieurs spécialités commerciales, le *flufenacet* est associé au *diflufenican* (dans le LIBERATOR et d'autres produits), à la *pendimethaline* (dans le MALIBU) ou au *picolinafen* (dans le PONTOS et le QUIRINUS) afin d'obtenir un spectre plus complet. Les camomilles et les gaillets peuvent toutefois échapper à ce type de traitement. Un manque d'efficacité peut être observé en cas de semis grossier et motteux.

En orge, la lutte contre les graminées développées, repose uniquement sur deux antigaminées spécifiques applicables dès le stade 3 feuilles (BBCH 13) : le *pinoxaden* (dans l'AXIAL et l'AXEO) et, dans une moindre mesure, le *fenoxaprop* (le FOXTROT) car les possibilités de rattrapage printanier sont plus que limitées (pas de sulfonilurée antigaminées en orge !). En froment, ces traitements ne sont pas recommandés.

1.5.3 Les traitements printaniers

Une fois l'hiver terminé, les conditions climatiques redeviennent propices au développement de la culture mais aussi à celui des mauvaises herbes en favorisant leur développement ou en provoquant de nouvelles germinations. Le céréalier devra vérifier l'efficacité des éventuels traitements effectués à l'automne (escourgeons et froments semés précocement) et, le cas échéant, réaliser un traitement de rattrapage adapté. Il devra également choisir un traitement pour la majorité des froments, non pulvérisés à l'automne.

Encore une fois, la sélection du traitement doit être raisonnée pour chaque parcelle en fonction de la flore adventice rencontrée. **Les espèces présentes déterminent les substances actives à utiliser alors que le niveau d'infestation et le stade de développement modulent les doses à appliquer.**

Il est indispensable que la céréale ait atteint un stade de développement suffisant pour éviter tout effet phytotoxique. Cela suppose qu'elle ait bien supporté l'hiver, sans déchaussement et qu'elle soit en bon état sanitaire. Le froment doit avoir atteint le stade début tallage (BBCH 21) : la première talle doit être visible !

- **Lutte contre les graminées en escourgeon et orge d'hiver**

Lorsqu'un rattrapage contre les graminées est nécessaire, le désherbage sera basé sur le *pinoxaden* de l'AXIAL (ou AXEO) ou le *fenoxaprop* (dans le FOXTROT). En effet, ces substances actives sont des antigaminées spécifiques, efficaces notamment contre le vulpin et le jouet de vent.

• Lutte contre les graminées en épeautre, froment, seigle et triticale

Les céréales sont des graminées au même titre que le vulpin, le jouet du vent, la folle avoine, le ray-grass, le chiendent, ... Logiquement, il est malaisé d'épargner les plantes cultivées et de détruire les mauvaises herbes quand les unes et les autres sont botaniquement proches. C'est pourquoi, la lutte contre les graminées reste le problème majeur du désherbage des céréales. Les antigaminées de dernière génération sont d'ailleurs presque systématiquement associés à un phytoprotecteur (ou safener). Ces produits permettent à la céréale de métaboliser l'herbicide qui, sans cela, pourrait s'avérer phytotoxique.

Il existe principalement 6 substances actives efficaces utilisables au printemps contre les graminées: le *chlortoluron*, la *propoxycarbazone*, le *mesosulfuron*, le *fenoxaprop*, le *pinoxaden* et le *pyroxulam*. Le Tableau 7 en décrit les principales caractéristiques. Ces molécules présentent un spectre antigaminées qui leur est propre (consulter les pages jaunes de ce Livre blanc). Le *chlortoluron* présente une efficacité intrinsèque vis-à-vis de certaines dicotylées et peut en outre être associé à une substance active antidicotylées en vue d'élargir le spectre, alors que le *mesosulfuron* est toujours associé à une autre molécule dans les produits commerciaux disponibles.

Si la flore adventice le nécessite, il faut veiller à compléter ces traitements avec un antidicotylées approprié (Voir point suivant : « Lutte contre les dicotylées »).

Comment choisir entre ces produits ?

Il faut tenir compte avant tout du stade de développement des graminées adventices. Si toutes les substances actives sont efficaces sur des vulpins faiblement développés, un manque d'efficacité du *chlortoluron* et de la *propoxycarbazone* est à craindre sur des vulpins plus imposants.

Le *chlortoluron* est actif contre les graminées et les dicotylées classiques. Il présente aussi une activité secondaire sur d'autres adventices au stade cotylédonaire. De ce fait, il permet d'éliminer une bonne part des adventices les plus gênantes. Il doit être appliqué sur une culture ayant atteint le stade tallage (BBCH 25) et sur des mauvaises herbes peu développées. Il devra être complété ou corrigé ultérieurement, en fonction des espèces d'adventices rencontrées et de leur développement. Si des graminées trop développées pour le *chlortoluron* sont présentes, il est possible de l'associer à un antigaminées spécifique (*fenoxaprop* ou *pinoxaden*, par exemple) ou à un herbicide principalement antidicotylées mais ayant une action complémentaire sur les graminées (*pendimethaline*, *diflufenican*, ...). Pour élargir le spectre au dicotylées, les molécules ne manquent pas : hormones, sulfonilurées ou bien PPOIs.

La *propoxycarbazone*, disponible dans l'ATTRIBUT, est efficace uniquement contre les graminées et les crucifères (capselle, sené, moutarde, tabouret des champs, repousses de colza,...). Elle est particulièrement active sur le chiendent et les bromes. Du fait de son mode de pénétration principalement racinaire, elle peut agir tant en pré- qu'en postémurgence des graminées. Toutefois, en postémurgence (max. BBCH 25), la pénétration dans les adventices sera souvent meilleure et, avec elle, l'efficacité. Il sera éventuellement nécessaire de compléter ou de corriger ce traitement ultérieurement en présence de dicotylées. La *propoxycarbazone* est également disponible en association avec le *mesosulfuron* (Voir ci-dessous,) une substance active essentiellement antigaminées, dans le SIGMA FLEX.

Tableau 7 – Les substances actives efficaces sur les graminées utilisables au printemps.

Substance active	Mode d'action ⁽¹⁾	Voie de pénétration	Stade culture (BBCH)	Stade vulpin (BBCH)	Produits	Dose maximale
<i>chlortoluron</i>	5	racinaire	25-29 21-29	00-13	Plusieurs produits TRINITY ⁽²⁾	3 à 5 L/ha ⁽¹⁴⁾ 2 L/ha
<i>propoxycarbazone</i>	2	plus racinaire que foliaire	21-31	00-21	ATTRIBUT SIGMA FLEX ⁽³⁾	60 g/ha 330 g/ha
<i>mesosulfuron</i>	2	plus foliaire que racinaire	21-32 13-32 21-29 21-32 21-29 21-31 21-31 21-31 21-32 21-31 21-32	00-30	ARCHIPEL STAR ⁽⁴⁾ INCELO ⁽⁵⁾ KALENKO A ⁽⁶⁾ OBELISK ⁽⁷⁾ OTHELLO ⁽⁶⁾ SIGMA FLEX ⁽⁸⁾ SIGMA MAXX ⁽⁷⁾ SIGMA PLUS ⁽⁹⁾ SIGMA STAR ⁽⁴⁾ SIGMA SUPRA ⁽⁹⁾ ZEPPUS ⁽⁷⁾	200 g/ha 330 g/ha 1 L/ha 500 g/ha ⁽¹⁵⁾ 2 L/ha 330 g/ha 1,5 L/ha 500 g/ha 330 g/ha 500 g/ha 500 g/ha ⁽¹⁵⁾
<i>fenoxaprop</i>	1	foliaire	13-31	12-29	FOXTROT ⁽¹⁰⁾	1 L/ha
<i>pinoxaden</i>	1	foliaire	13-31	11-29	AXIAL ou AXEO ⁽¹⁰⁾	0,9-1,2 L/ha
<i>pyroxsulam</i>	2	foliaire	21-31 21-31 21-31 21-31 12-32 12-32 21-32	11-29	BROADWAY ⁽¹¹⁾ CAPRI ⁽¹⁰⁾ CAPRI DUO ⁽¹¹⁾ CAPRI TWIN ⁽¹¹⁾ MANHATTAN ⁽¹²⁾ MANHATTAN FORTE ⁽¹³⁾ REXADE TRIO ⁽¹³⁾	220 g/ha 250 g/ha 265 g/ha 220 g/ha 75 g/ha 100 g/ha 50 g/ha ⁽¹⁶⁾

ATTENTION: ajouter 1 L/ha d'huile lors de l'emploi de produits à base de *mesosulfuron*, de *clodinafop*, de *fenoxaprop*, de *pinoxaden* ou de *pyroxsulam*.

(1) Classification du HRAC (Herbicide Resistance Action Committee): <http://www.plantprotection.org/hrac/>

(2) en association avec la *pendimethaline* et le *diflufenican* (3) en association avec le *mesosulfuron* et un safener

(4) en association avec l'*iodosulfuron*, la *thiencarbazone* et un safener

(5) en association avec la *thiencarbazone* et un safener (6) en association avec l'*iodosulfuron*, le *diflufenican* et un safener

(7) en association avec l'*iodosulfuron* et un safener (8) en association avec la *propoxycarbazone* et un safener

(9) en association avec l'*iodosulfuron*, l'*amidosulfuron* et un safener (10) en association avec un safener

(11) en association avec le *florasulam* et un safener (12) en association avec l'*halauxifen* et un safener

(13) en association avec le *florasulam*, l'*halauxifen* et un safener (14) en fonction du type de sol

(15) 300 g/ha en céréales de printemps (16) 40 g/ha en froment de printemps

À l'heure actuelle, le ***mesosulfuron*** est l'antigraminée procurant l'efficacité la plus intéressante, même sur des vulpins difficiles. Non disponible seul, il est associé à la *propoxycarbazone* dans le SIGMA FLEX, ce qui renforce son efficacité contre graminées. Comme il est peu efficace sur les dicotylées, il est associé à l'*iodosulfuron* dans le SIGMA MAXX, le ZEPPUS et l'OBELISK, ce qui élargit le spectre aux dicotylées classiques et renforce l'efficacité contre jouet du vent. L'OTHELLO et le KALENKO A combinent, selon des ratios différents, le *mesosulfuron*, l'*iodosulfuron* et le *diflufenican*, ce qui permet d'étendre le spectre antidicotylées aux VVL. D'autres produits arrivés récemment sur le marché complètent la gamme. Le SIGMA PLUS (= SIGMA SUPRA), en plus du *mesosulfuron* et de l'*iodosulfuron*, renferme de l'*amidosulfuron*, très efficace contre le gaillet. Grâce à l'intégration de la *thiencarbazone* dans le SIGMA STAR et l'ARCHIPEL STAR, le spectre antidicotylées s'étend, notamment aux

VVL. Tous ces produits incluant du *mesosulfuron* devront être pulvérisés en mélange avec 1 L/ha de produit à base d'huile de colza estérifiée. Le *mesosulfuron* doit être appliqué sur une culture ayant atteint le stade tallage (BBCH 21) et, en dépit de sa composante racinaire, sur des adventices déjà levées.

Le *fenoxaprop* et le *pinoxaden* sont efficaces uniquement sur les graminées. Ils sont toujours associés à un phytoprotecteur qui aide la culture à détoxifier l'herbicide. Ils sont capables de détruire des vulpins ayant atteint le stade fin tallage (BBCH 29). En raison de leur mode de pénétration exclusivement foliaire, il ne faut les appliquer qu'en postémurgence des adventices. En présence de dicotylées dans la parcelle, ce type de traitement devra obligatoirement être complété ou corrigé ultérieurement. Attention, le mélange de ces produits avec certains antidicotylées peut, par antagonisme, entraîner une baisse d'efficacité sur graminées.

Le *pyroxsulam* du CAPRI présente une efficacité contre vulpin et jouet du vent comparable à celle du *mesosulfuron*. Il contrôle en outre les véroniques, les pensées et d'autres dicotylées mais il est moins flexible. Son mode de pénétration est essentiellement foliaire. Il lui faudra donc attendre la présence des adventices pour être efficace. Toujours à pulvériser avec une huile, il peut être appliqué dès le stade début tallage (BBCH 21). Il sera nécessaire de le compléter par un antidicotylées adapté en présence de camomille ou de gaillet. Dans certains produits comme le CAPRI TWIN, le BROADWAY et le CAPRI DUO, le *florasulam*, est intégré directement, ce qui élargit le spectre aux camomilles et au gaillet, notamment. De même, dans le MANHATTAN, l'*halauxifen* est intégré directement, ce qui élargit le spectre du *pyroxsulam* au coquelicot, aux lamiers, au fumeterre, ... Le REXADE TRIO et le MANHATTAN FORTE combinent le *pyroxsulam*, le *florasulam* et l'*halauxifen*. Attention, certains de ces produits ne contiennent pas assez de *pyroxsulam* à leur dose maximale d'emploi, ce qui les empêchera d'exercer un contrôle suffisant des graminées.

• Lutte contre les dicotylées

En général, les produits antidicotylées sont utilisables tant en escourgeon qu'en froment d'hiver. De petites différences quant à leur usage peuvent cependant apparaître. Il conviendra toujours de se référer à l'étiquette des produits et aux pages jaunes de ce Livre blanc pour s'assurer de les utiliser correctement et en toute sécurité.

Au printemps, les produits antidicotylées s'utilisent, soit mélangés à un antigaminées pour compléter le spectre de celui-ci, soit seuls s'il n'y a pas de graminées dans la parcelle. De nombreux produits associant deux, voire trois substances actives sont disponibles sur le marché et permettent de faire face à des flores très variées.

Le choix de l'herbicide antidicotylées doit avant tout tenir compte des adventices présentes (Tableau 8) et de leur stade de développement. En cas de mélange avec un antigaminées, il importe de s'assurer de l'absence d'effet antagoniste. Des produits sont antagonistes quand le mélange des deux réduit l'efficacité d'au moins un des partenaires par rapport à son utilisation seul. Il peut également être intéressant de combiner (association ou mélange) des substances actives efficaces sur la flore en place, avec d'autres assurant une persistance d'action suffisante pour prévenir de nouvelles germinations.

Tous les mélanges n'ont pas été testés. L'inocuité d'un mélange est reconnue si celui-ci est mentionné sur l'étiquette d'un des produits le composant. En effet, l'étiquette détaille les mélanges expérimentés et recommandés par le fabricant. Si des mélanges sont proposés par d'autres voies de communication, ils seront appliqués sous la responsabilité de l'utilisateur. En cas de doute, mieux vaut éviter le mélange, quitte à multiplier les passages.

Tableau 8 – Substances actives efficaces contre les dicotylées rencontrées le plus fréquemment. Elles sont tantôt disponibles seules, tantôt associées.

Adventice	Type de produits	Mode d'action ⁽¹⁾	Substances actives efficaces (liste non exhaustive)
Gaillet	Hormones	4	<i>dichlorprop-p, fluoxypyr, mecoprop-p amidosulfuron, florasulam, tritosulfuron carfentrazone</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	
	PPOI ⁽³⁾	14	
Mouron des oiseaux	Hormones	4	<i>dichlorprop-p, fluoxypyr, mecoprop-p iodosulfuron, florasulam, metsulfuron diflufenican, beflubutamide, picolinafen</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	
	PDSI ⁽⁴⁾	12	
Camomille	ALSI ⁽²⁾	2	<i>iodosulfuron, florasulam, metsulfuron</i>
Véroniques et violettes (pensées)	ALSI ⁽²⁾	2	<i>thiencarbazone diflufenican, beflubutamide, picolinafen bifenox, carfentrazone</i>
	PDSI ⁽⁴⁾	12	
	PPOI ⁽³⁾	14	
Lamiers	Hormones	4	<i>halauxifen diflufenican, beflubutamide, picolinafen bifenox, carfentrazone metsulfuron, thiencarbazone</i>
	PDSI ⁽⁴⁾	12	
	PPOI ⁽³⁾	14	
	ALSI ⁽²⁾	2	
Coquelicot	Hormones	4	<i>halauxifen, 2,4-D, aminopyralid florasulam, metsulfuron</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	

ATTENTION: toutes les substances actives ne sont pas agréées dans toutes les céréales (se référer aux pages jaunes).

⁽¹⁾ Classification du HRAC (Herbicide Resistance Action Committee): <http://www.plantprotection.org/hrac/>

⁽²⁾ Inhibiteurs de l'AcetoLactate Synthase

⁽³⁾ Inhibiteurs de la ProtoPorphyrinogène Oxidase

⁽⁴⁾ Inhibiteurs de la synthèse des caroténoïdes à la Phytoène DeSaturase

1.5.4 Réussir son désherbage, c'est aussi...

- **Semer sur une parcelle propre :** cette précaution évite tout repiquage précoce de mauvaises herbes.
- **Désherber avant de fertiliser :** il est en effet inutile de « nourrir » des adventices que l'on souhaite éliminer...
- **Traiter lorsque les adventices annuelles sont jeunes :** elles sont d'autant plus sensibles, ce qui permet souvent des économies par la réduction des doses.
- **Adapter le traitement en cas de fortes densités de mauvaises herbes :** utiliser la dose maximale agréée ou raisonner « en programme » en incluant un passage à l'automne et un autre en sortie d'hiver.
- **Alterner les produits de modes d'actions différents :** dans la culture comme au fil des rotations, pour éviter l'apparition de résistances.

- **Ne pas réduire exagérément les doses** au risque de devoir multiplier les interventions.
- **Prendre garde aux cultures suivantes** : certains herbicides persistent longtemps dans le sol et ne sont pas forcément sélectifs de la culture suivante. Consulter l'étiquette des produits.
- **Rester prudent lors de mélanges d'herbicides et d'autres types de produits** : les mélanges de produits sont courants, mais peuvent réserver des surprises. Les mélanges avec de l'azote liquide sont à proscrire. A cause de risque d'incompatibilité physico-chimique, il est déconseillé d'associer dans une même bouillie des émulsions (EC, EW) avec des formulations solides de type WG, WP ou SG. Enfin, il faut considérer que tout produit ajouté à une bouillie herbicide comporte le risque d'accroître la pénétration de l'herbicide dans les plantes et de provoquer de la phytotoxicité. Consulter l'étiquette des produits pour connaître les mélanges expérimentés et recommandés.
- **Être attentif aux conditions d'applications** : certains types de produits requièrent des conditions d'applications particulières :
 - l'efficacité des produits racinaires est influencée par la teneur en eau (mobilité du produit) et en matière organique des sols : un taux d'humus élevé [3-4 %] séquestre le produit ;
 - des températures élevées (> 14-15 °C) sont nécessaires pour les hormones et les antidicotylées de contact ;
 - les sulfonylurées et les antigraminées foliaires (FOPs et DEN) demandent un temps "poussant" et un niveau d'hygrométrie suffisant (> 60-70 %). Eviter également les températures extrêmes et les périodes à brusques changements de température (gel nocturne par exemple).

Si de bonnes conditions ne sont pas rencontrées, il est conseillé de différer le traitement.

1.5.5 Quid de la résistance ?

La résistance des adventices aux herbicides est un phénomène qui, malheureusement, prend de l'ampleur. Dans le monde, plus de 200 espèces d'adventices et tous les modes d'action herbicides sont concernés (source: <http://www.weedscience.org>). Actuellement, en Europe, environ 90 % des cas de résistances sont attribués à 3 modes d'action : les FOPs et les DIMS (mode d'action 1), les sulfonylurées (mode d'action 2), les triazines et les urées (mode d'action 5). Cela concerne majoritairement les graminées adventices. En Belgique, le vulpin et le jouet du vent sont les mauvaises herbes susceptibles de poser le plus de problèmes aux céréaliers. Dans les paragraphes qui suivent, il ne sera question que des graminées résistantes.

• **En quoi consiste la résistance ?**

La résistance est définie comme la capacité naturelle et héritable qu'ont certains individus issus d'une population déterminée de survivre à un traitement herbicide létal pour les autres individus de la population. La résistance est une caractéristique génétique que certains individus possèdent naturellement. Les traitements herbicides ne "créent" donc pas la résistance, mais ils la révèlent en sélectionnant, parmi une population donnée, les individus qui leur survivent, ces

derniers trouvant alors un avantage certain pour assurer leur multiplication. Il existe quelque part dans le monde au moins une plante résistante à chaque herbicide, ancien ou à venir ! De la même façon, certaines variétés de froment sont tolérantes au *chlortoluron* alors que d'autres ne le sont pas.

Les mécanismes de résistance correspondent à la méthode par laquelle une plante résistante inhibe l'effet de l'herbicide. Il en existe trois principaux :

- la résistance par mutation de cible : l'herbicide ne reconnaît plus sa cible car celle-ci a changé de structure. Cela se traduit généralement par une résistance totale et la possibilité élevée de résistance croisée envers d'autres herbicides du même mode d'action. Pour le vulpin, ce type de mécanisme affecte le mode d'action 1 (les FOPs, les DIMs et le DEN) et le mode d'action 2 (les Sulfonylurées et les Triazolopyrimidines) ;
- la résistance métabolique : une plante résistante dégrade l'herbicide plus vite qu'une plante sensible. Cela se traduit par une résistance partielle (à des degrés divers), en fonction de la dégradation plus ou moins rapide de l'herbicide par la plante. Ce type de mécanisme peut concerner plusieurs modes d'action car c'est la structure de la molécule herbicide qui est en cause. Pour le vulpin, cela concerne le mode d'action 5 (les urées substituées, le mode d'action 1 (les FOPs, les DIMs et le DEN) et le mode d'action 2 (les Sulfonylurées et les Triazolopyrimidines) ;
- la résistance par séquestration : l'herbicide est transféré d'une partie sensible de la plante vers une partie plus tolérante. C'est le mécanisme le moins répandu.

La résistance croisée est définie comme la résistance à un herbicide, induite par la pression sélective exercée par un autre produit (généralement de même mode d'action). Lorsque plusieurs mécanismes de résistance sont rencontrés dans la même plante, il s'agit alors de résistance multiple.

Contrairement aux champignons pathogènes, les mauvaises herbes ont un cycle de vie très long et se déplacent plus lentement. Cela explique que la résistance évolue plus lentement et qu'elle reste géographiquement plus confinée.

Un désherbage raté ne signifie pas forcément qu'il y ait résistance...

Vers la fin du mois de juin, des épis de graminées (vulpin, jouet du vent, chiendent) dépassant les froments peuvent apparaître dans les champs. Avant de parler de résistance, il importe d'éliminer d'autres hypothèses. Certains mélanges peuvent être antagonistes (modes d'action des herbicides, incompatibilité physico-chimique des formulations, absence de mouillant, ...). De même, les conditions climatiques influencent l'activité de certains produits. Après avoir écarté ces éventualités, la question de la résistance peut enfin être posée. Dans tous les cas, seul un test en conditions contrôlées déterminera de façon formelle le caractère résistant ou non d'une population de graminées.

• Prévenir l'apparition de résistances

Le mot d'ordre pour prévenir l'apparition de la résistance est **diversité**. Il est en effet important de faire varier tout ce qui peut l'être afin d'éviter de sélectionner des adventices capables de résister dans un système de culture trop répétitif.

Quelques conseils :

- dans la mesure du possible, proscrire la monoculture et promouvoir l'introduction d'une culture de printemps dans la rotation permettant de "casser" le cycle de multiplication des adventices des céréales d'hiver ;
- ne pas négliger certaines pratiques culturales : décalage de la date de semis, labour, intervention à l'interculture, faux semis ou déchaumages ;
- alterner les modes d'action herbicides dans la culture et dans la rotation. En céréales, il existe 11 modes d'action pour lutter contre les dicotylées et 4 pour lutter contre les graminées (1, 2, 5 et 15 [flufenacet]) ;
- limiter l'application d'un mode d'action donné à un passage par an, même si ce mode d'action vise à la fois les dicotylées et les graminées ;
- ne pas mélanger deux produits de modes d'action différents et préférer les appliquer en séquence (applications séparées dans le temps) ;
- éviter les doses trop faibles.

• Gérer la résistance

Si malgré toutes les précautions prises, des adventices résistantes (le vulpin essentiellement) apparaissent, il importe de suivre les mesures qui suivent :

- adopter sans plus tarder les conseils mentionnés ci-dessus ;
- privilégier les programmes de traitement. La pulvérisation d'un produit racinaire à l'automne permet de présensibiliser le vulpin avant l'application d'un produit foliaire efficace au printemps ;
- appliquer la dose maximale agréée, dans tous les cas ;
- ne pas pulvériser des produits de modes d'action différents en même temps mais séparer leur application.