

II. Itinéraire technique des céréales d'hiver

1. Lutte intégrée contre les adventices	16
2. La fertilisation azotée	39
3. Lutte intégrée contre la verse.....	85
4. Lutte intégrée contre les maladies	103
5. Lutte intégrée contre les ravageurs.....	164

1. Lutte intégrée contre les adventices

F. Henri¹, C. Lacroix⁴, C. Vandenberghe², A. Monty³ et B. Dumont⁴

1.1 Effet à long terme du labour et de la gestion des résidus de cultures sur la flore adventice	17
1.1.1 Quels sont les effets attendus du labour et de la gestion des résidus de cultures.....	17
1.1.2 Résultats d'essais longue durée en Hesbaye.....	18
1.2 La saison 2024 et ses particularités	21
1.2.1 Automne-hiver 2023-2024.....	21
1.2.2 Printemps 2024.....	21
1.2.3 Automne 2024.....	21
1.3 Expérimentations, résultats et perspectives	22
1.3.1 Lutte contre les graminées en froment d'hiver	22
1.3.2 Lutte contre les dicotylées en froment d'hiver	25
1.4 Nouveautés.....	27
1.5 Recommandations pratiques	28
1.5.1 Les grands principes.....	28
1.5.2 Les traitements automnaux	30
1.5.3 Les traitements printaniers	31
1.5.4 Réussir son désherbage, c'est aussi... ..	35
1.5.5 Quid de la résistance ?	36

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

² ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

³ ULiège – Gx-ABT – Axe Biodiversité, Ecosystème et Paysage

⁴ ULiège – Gx-ABT – Plant Sciences Axis – Phytotechnie tempérée/Crop Science

1.1 Effet à long terme du labour et de la gestion des résidus de cultures sur la flore adventice ⁵

C. Lacroix, C. Vandenberghe, A. Monty, et B. Dumont

1.1.1 Quels sont les effets attendus du labour et de la gestion des résidus de cultures

Le labour ainsi que la gestion des résidus de cultures (principalement la gestion des pailles des céréales) jouent un rôle majeur sur l'agroécosystème. En effet, le labour est connu pour impacter les communautés bactériennes du sol, agir sur la répartition du carbone dans le sol, jouer sur la structure du sol, ... Les résidus de cultures, quant à eux, peuvent être exportés, ou incorporés dans le sol. L'incorporation des résidus de cultures permet, sur le long terme, d'augmenter la teneur en carbone du sol. De plus, la combinaison du travail du sol et de la gestion des résidus de cultures impacte les dynamiques géochimiques du sol. Enfin, ces deux leviers agronomiques peuvent aussi influencer fortement la flore adventice (en termes de composition et de pression).

L'effet du labour (non croisé à une gestion différenciée des résidus) est fortement documenté, mais présente toutefois des tendances parfois différentes entre les études scientifiques, s'expliquant par l'interaction de ce levier agronomique avec d'autres effets tels que des différences de rotation de cultures, la flore adventice initiale, des différences pédoclimatiques entre les régions étudiées, ...

Néanmoins, quelques tendances se dégagent. Le non-labour a tendance à augmenter la densité d'adventices et sa proportion de graminées (vulpin, ray gras, ...). De plus selon une méta-analyse réalisée sur l'Europe, le non-labour a tendance à diminuer les rendements en froment de l'ordre de 4%.

L'impact des résidus de cultures sur les adventices est moins documenté et moins clair. De plus, très peu d'essais longue durée sur une gestion différenciée des résidus de cultures existent. Ces résidus peuvent modifier la disponibilité en azote dans le sol, l'humidité du sol ainsi que sa température. La modification de ces paramètres peut avoir un impact direct sur la levée, mais aussi la croissance des adventices. Par contre, l'effet mulch des résidus de cultures en surface a lui un effet plus clair sur les adventices. Si le mulch est assez épais, celui-ci aura tendance à diminuer les levées d'adventices (moins de lumières au sol, barrière physique à la levée, ...). Par contre, un mulch avec une épaisseur trop faible peut avoir l'effet inverse et augmenter la pression en adventices à cause de conditions microclimatiques plus favorables. Enfin, l'exportation des pailles peut transporter les graines d'adventices en dehors de la parcelle, à condition que les espèces présentes n'aient pas grainé avant la moisson. Cet effet dépend donc de la biologie de l'espèce d'adventice considérée.

⁵ Cet article est adapté de l'article publié Lacroix, C., Vandenberghe, C., Monty, A. and Dumont, B. (2024). *Effect of long term tillage and residue managements on weed flora and its impact on winter wheat development. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 366:108937

1.1.2 Résultats d'essais longue durée en Hesbaye

Sur les terres de la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, un essai longue durée est en place depuis 2008. Celui-ci compare deux intensités de travail du sol (labour vs non-labour). Les modalités avec labour ont un itinéraire technique traditionnel comprenant un labour annuel suivi d'une reprise de labour et enfin du semis (profondeur de travail de 25 cm max). Le non-labour, quant à lui, n'a pas d'opération qui retourne la matrice du sol. La terre est préparée par un outil à dents suivi d'un passage de rotative avant le semis (profondeur de travail 10 cm max). Ces deux modalités de travail du sol sont croisées à une gestion différenciée des résidus de cultures, qui consiste à soit une exportation des pailles (sous forme de ballots), soit une restitution de ceux-ci (via l'utilisation du hache-paille lors de la moisson). Les résidus de cultures selon la modalité de travail du sol sont donc, soit enfouis en profondeur, soit présents principalement en surface du sol. La rotation de culture de l'essai est constituée d'une culture de froment, suivie d'une culture de betterave, enchaînée par une deuxième de culture de froment et enfin elle se termine par une culture de maïs. La gestion des adventices est réalisée de manière traditionnelle, avec en culture de froment une application d'herbicide uniquement printanière. Un stock semencier (ensemble des graines adventices capables de lever dans le sol) ainsi qu'un suivi de la flore en culture de froment ont été réalisés durant la saison culturale 2021-2022 afin d'évaluer l'effet de l'intensité du travail du sol et de la gestion des résidus de culture sur la flore adventice et sur le rendement en céréales.

Impact du labour et des résidus de culture sur la flore adventice

L'impact du labour s'est révélé important sur la pression en adventice (densité et biomasse), mais n'a par contre eu qu'un faible effet sur la composition en espèces d'adventice (une espèce en moyenne en plus en non-labour comparé au labour). L'effet des résidus de culture n'a eu aucun impact significatif sur les adventices et le rendement du froment. Le stock semencier était dans l'horizon 0-10 cm presque 8 fois plus important en non-labour par rapport au labour. Par contre, dans l'horizon 10-25 cm, aucune différence significative du nombre d'adventices a été observée. Le stock semencier beaucoup plus important dans l'horizon supérieur indique que le non-labour dans cet essai augmente le capital graines de la terre et donc augmente les risques de nuisibilité des adventices par une levée plus importante. En termes de diversité, très peu d'espèces différentes d'adventices sont présentes dans le stock semencier, avec deux espèces dominantes, le vulpin et la matricaire (toutes modalités confondues). Cette tendance est donc identique en culture de froment. L'impact du stock semencier plus élevé en non-labour se reflète dans la culture de froment d'hiver. En effet, dans les parcelles labourées, la densité d'adventices en sortie d'hiver (avant la première opération de désherbage) du froment était réduite de 80% par rapport à celle du non-labour avec une densité d'adventices en non-labour approchant les 380 adventices par m². Cette différence de pression en adventices dans les modalités labourées s'explique principalement par l'enfouissement des graines en profondeur et par la dilution des graines dans un horizon de sol plus profond permettant le déclin de toute une partie des graines d'adventices. La pression plus importante lors de la levée en non-labour s'est marquée tout au long de la saison avec une biomasse d'adventices à floraison du froment deux fois plus importante comparée aux parcelles labourées (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

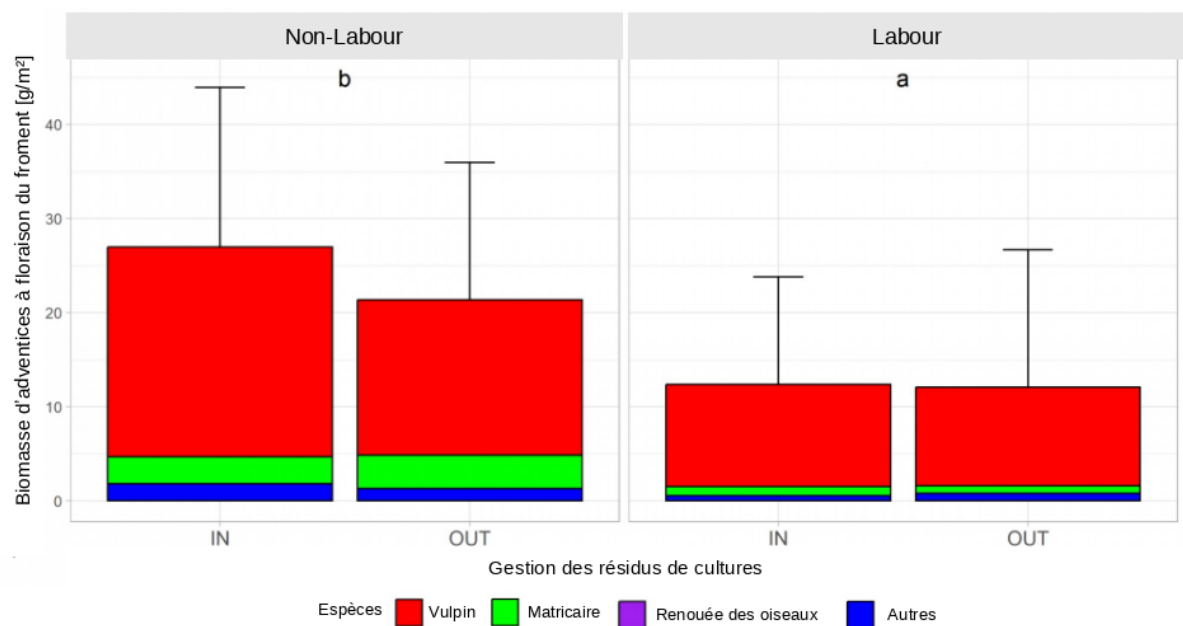


Figure 1 – Biomasse d’adventices à floraison du froment (g/m²) en fonction de l’intensité du travail du sol et de la gestion des résidus. IN = restitution des résidus de cultures, OUT= exportation des résidus de cultures. La catégorie "autres" comprend toutes les adventices dont la biomasse représente moins de 5% de la biomasse totale d’adventices. Les lettres b en non-labour et a en labour signifient que ces deux modalités sont statistiquement différentes (p valeur<0.05).

Problématique du vulpin résistant

La biomasse d’adventices à floraison du froment est principalement composée de vulpin comme illustré sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** En temps normal, on aurait pu s’attendre, malgré une pression initiale plus élevée en non-labour, à un “gommage” de ces différences suite à l’efficacité des herbicides et donc observer, à floraison du froment, une biomasse d’adventices presque nulle. Toutefois, après analyse en laboratoire, il s’est avéré que les vulpins présents étaient résistants aux herbicides utilisés (Sigma Star lors du premier traitement et rattrapage à l’Axial). La résistance du vulpin aux herbicides permet toutefois de mieux mettre en évidence l’impact des leviers agronomiques analysés dans cette étude. Ainsi, le labour reste un atout majeur de gestion des vulpins résistants. En effet, les semences de vulpin présentent un taux de décroissance élevé. L’enfouissement de celle-ci en profondeur permet une mortalité rapide de celle-ci et donc diminue sa pression. Par contre, les modalités avec un travail du sol superficiel laissent les graines de vulpin en surface, favorisant la levée de celles-ci.

L’exportation des pailles n’a pas d’impact sur le vulpin. En effet, le vulpin est une adventice qui a un cycle plus court que le froment d’hiver, avec une grenaison qui se déroule avant la moisson du froment. Cela implique donc que l’ensemble des graines de vulpin sont déjà au sol lorsque le blé est moissonné.

Effet sur le rendement

Aucun effet des résidus de cultures n'a été observé sur le rendement en froment d'hiver. Par contre, l'étude a mis en évidence que le labour impactait indirectement le rendement final du froment en réduisant la pression en adventices (en termes de biomasse). En effet, la biomasse d'adventices à floraison du froment est un bon indicateur de la compétition entre les adventices et la culture de froment. La pression en adventices, quant à elle, agissait principalement négativement sur la densité d'épis/m² du froment d'hiver, mais aussi sur la biomasse des grains/épis et donc, in fine, sur le rendement (Figure 2). Une densité d'épis réduite en présence de vulpins (adventice principale de l'essai) indique que la compétition engendrée par le vulpin sur le froment arrive précocement. De plus, ces froments plus faibles ont donc moins d'énergie à envoyer dans les épis présents, ce qui explique cette réduction de biomasse par épis.

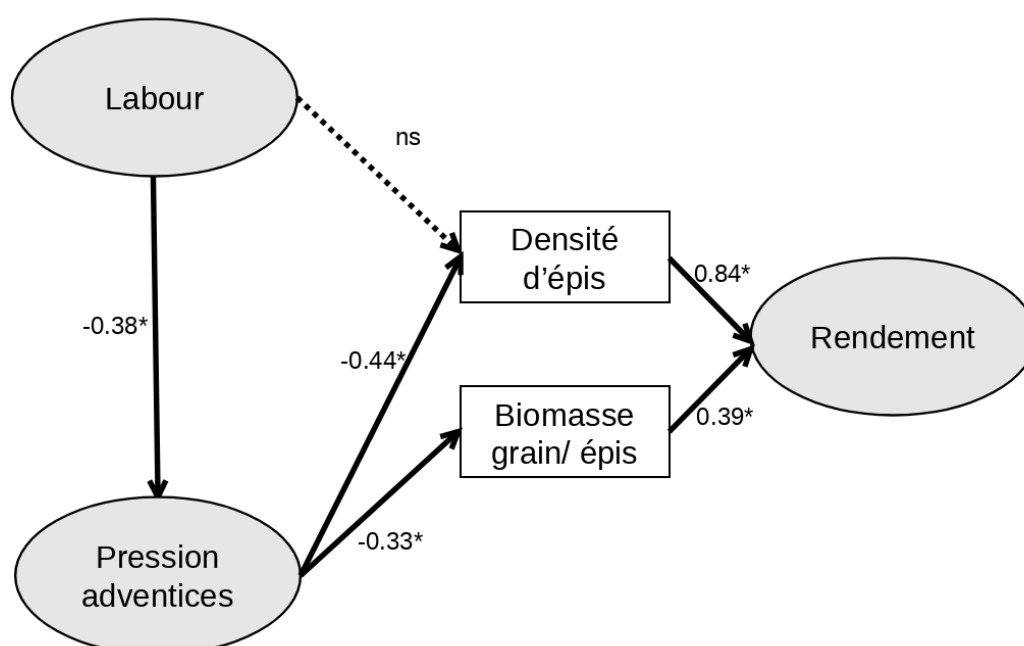


Figure 2 – Relations entre différentes variables étudiées sur l'essai longue durée. Les flèches en pointillés signifient que la relation est non significative. Une valeur négative indique une relation négative entre les deux variables, tandis qu'une valeur positive signifie une relation positive entre les deux variables. Plus cette valeur est proche de 1 et plus la relation positive est forte. Inversement, plus la valeur est proche de -1, plus la relation négative est importante.

Conclusions

En conclusion, la gestion à long terme des résidus de cultures ne semble impacter ni la flore présente sur l'essai ni le rendement en froment. Par contre, le labour s'est révélé être un levier agronomique important pour diminuer le stock semencier par l'enfouissement des graines. Comparativement aux modalités réduisant le travail du sol, le labour diminue la densité d'adventice ainsi que sa biomasse. Il s'est montré être un levier important de gestion des vulpins résistants permettant in fine d'obtenir des rendements supérieurs comparés aux modalités en travail du sol réduit.

1.2 La saison 2024 et ses particularités

F. Henriët

1.2.1 Automne-hiver 2023-2024

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) ! Arrachages 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.

1.2.2 Printemps 2024

Les trois mois du printemps 2024 présentèrent des caractéristiques identiques : mars, avril et mai furent chauds, humides et sombres. Le mois de mars, avec 18 jours de pluie (au lieu de 16) fut humide (79 mm/m² au lieu de 59), sombre (95h d'ensoleillement au lieu de 126) et très chaud (9,1 °C au lieu de 7,1). Les fenêtres de pulvérisation furent plutôt rares et le désherbage des céréales n'a pu commencer que lors de la seconde quinzaine de ce mois. Le mois d'avril fut très humide (81 mm/m² au lieu de 47 en 22 jours de pluie au lieu de 13), sombre (133h au lieu de 171) mais légèrement plus chaud que la normale (10,9 °C au lieu de 10,4). Cela a compliqué le désherbage des céréales qui n'avaient pu être traitées au mois de mars. Ces conditions ne facilitèrent pas non plus le recours au désherbage mécanique.

1.2.3 Automne 2024

L'automne 2024 présenta des températures légèrement supérieures à la normale (11,8 °C au lieu de 11,2) et un ensoleillement faible (260h au lieu de 333). Du point de vue des précipitations, le mois de septembre fut encore très humide (124 mm/m² au lieu de 65 en 18 jours de pluie au lieu de 14). Ce fut également le 12^e mois consécutif avec des précipitations supérieures à la normale. En octobre, les pluies furent conformes à la normale (68 mm/m² au lieu de 68 en 15 jours de pluie au lieu de 16). Novembre fut quant à lui excédentaire en précipitations (84 mm/m² au lieu de 76 en 17 jours de pluie au lieu de 18) mais ces dernières furent concentrées lors des deux dernières décades. La première décade de novembre fut donc particulièrement propice pour désherber les céréales.

1.3 Expérimentations, résultats et perspectives

F. Henriët

1.3.1 Lutte contre les graminées en froment d'hiver

Trois essais mis en place durant le printemps 2024 avaient pour objectif de comparer l'efficacité des herbicides antigraminées contre le vulpin. Le premier essai a été semé le 17 octobre 2023 à Cour-sur-Heure (entre Thuin et Walcourt), le second le 1^{er} octobre 2023 à Bioul (au sud de Profondeville), et le troisième, le 15 novembre 2023 à Pailhe (région de Havelange).

Le protocole prévoyait des traitements à deux stades de la culture : 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 1 reprend les dates d'application et la flore présente. Le Tableau 2 détaille la composition des produits utilisés. Enfin, la Figure 3 présente les résultats des comptages d'épis de vulpins effectués fin juin 2024.

Tableau 1 – Dates d'application des traitements et flore présente dans les essais.

Essai	Date d'application		Flore présente dans les témoins lors de la dernière application
	BBCH 25-29	BBCH 30-32	
Cour-sur-Heure	19/03/2024	14/04/2024	43 vulpins/m ² – BBCH 32-39
Bioul	20/03/2024	14/04/2024	34 vulpins/m ² – BBCH 39
Pailhe	12/04/2024	18/04/2024	28 vulpins/m ² – BBCH 29

Tableau 2 – Formulation et 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
FOXTROT	EW	69 g/L fenoxaprop + 34,5 g/L safener
SIGMA MAXX	OD	10 g/L mesosulfuron + 2 g/L iodosulfuron + 30 g/L safener

Résultats (Figure 3)

Le climat du printemps 2024 n'a, cette année encore, pas facilité la sortie des pulvérisateurs. Les traitements ont donc été effectués un peu plus tardivement qu'espéré. En fonction de l'essai, la première application a eu lieu du stade plein tallage au stade fin tallage (BBCH 25-29) et la seconde application a été réalisée du stade montaison au stade deuxième nœud (BBCH 30-32). Les efficacités observées dans les essais furent plutôt faibles dans l'essai de Cour-sur-Heure (80% d'efficacité moyenne) voire insatisfaisantes dans les essais de Pailhe (58% d'efficacité moyenne) et de Bioul (51% 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) insatisfaisante de 62%. Il fut toutefois possible d'améliorer légèrement l'efficacité de ce produit en lui ajoutant du CAPRI (+2%), de l'AXIAL (+4%) ou en portant la dose employée à 1.5 L/ha (+8%).

Considérant uniquement l'essai de Cour-sur-Heure, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) montrait une efficacité de 82%. Il était possible d'en améliorer l'efficacité en augmentant la dose (88%, +6%) ou en lui ajoutant un partenaire comme le CTU500SC (87%, +5%), l'AXIAL (87%, +5%) ou le CAPRI (94%, +12%). Dans cet essai, le CAPRI (64%) et l'AXIAL (41%) appliqués seuls restaient insuffisants.

Lors de la seconde application, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) montrait une efficacité moyenne (3 essais) inférieure (58%, -4%) à l'efficacité observée suite à la première application. Porter la dose à 1.5 L/ha permettait d'améliorer le résultat (65%, +7%).

Considérant uniquement l'essai de Cour-sur-Heure, le SIGMA MAXX (0.9 L/ha) montrait une efficacité inférieure (66%, -14%) à l'efficacité observée suite à la première application. Il était possible d'en améliorer l'efficacité en augmentant la dose ou en lui ajoutant un partenaire, mais sans atteindre l'efficacité obtenue suite à la première application (82%).

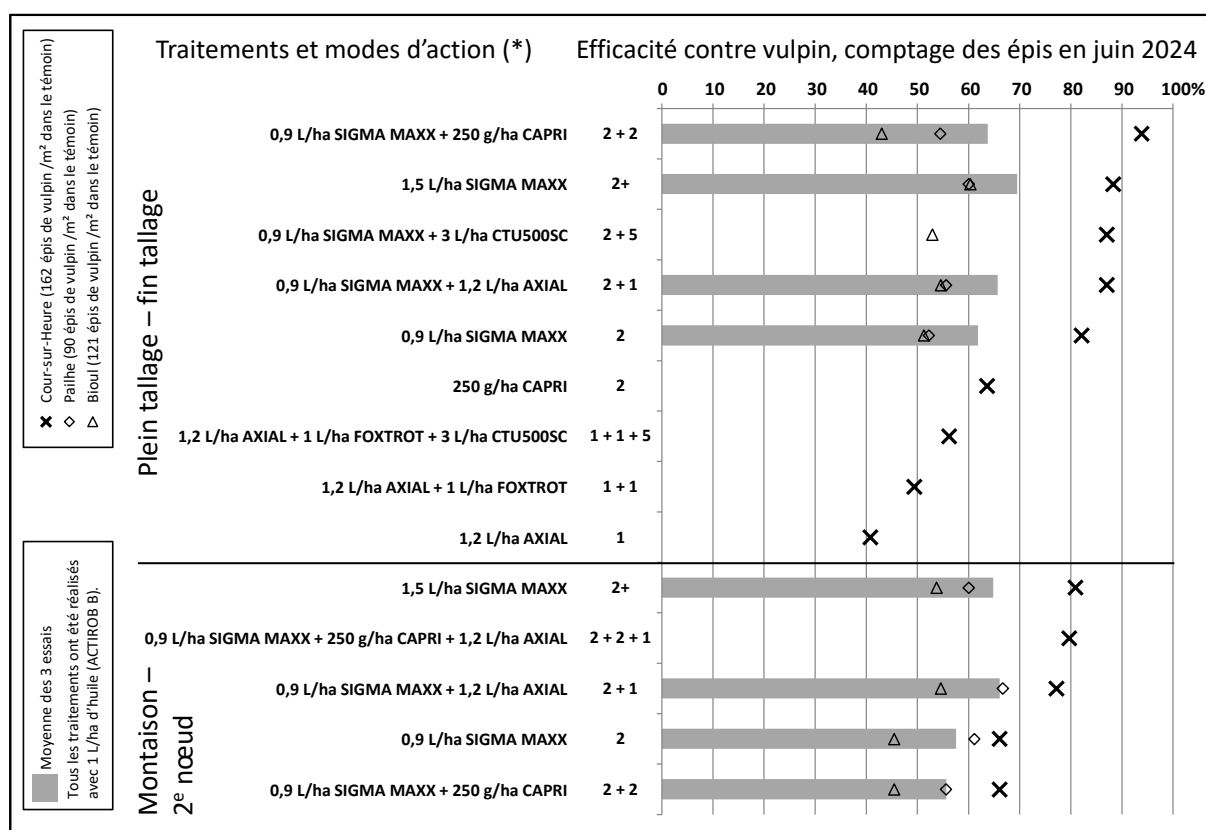


Figure 3 – Efficacité (%) calculée selon la formule : $[1 - (\text{nbre épis obs. dans traitement} / \text{nbre épis obs. témoin})] \times 100$. (*) Classification du Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), plus d'informations sur <https://www.hracglobal.com/>

Discussion - conclusions

- Les résultats obtenus dans les 3 essais furent plutôt mitigés. Les infestations étaient certes modérées (de 28 à 43 vulpins par mètres carrés) mais les vulpins étaient fort développés au moment de l'application (fin tallage lors de la première application ou dernière feuille lors de la seconde application). Adapter le traitement (dose ou partenaire) au stade atteint par la graminée adventice reste primordial. Il importe donc, une fois le traitement décidé, de ne pas reporter l'application.
- L'essai de Cour-sur-Heure démontre une fois de plus que le SIGMA MAXX reste le meilleur produit antigraminées à pénétration foliaire : le CAPRI et l'AXIAL appliqués seuls lui étaient inférieurs. L'AXIAL, même en mélange avec d'autres partenaires (FOXTROT et CTU500SC), restait moins efficace.
- L'essai de Cour-sur-Heure, 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 (AXIAL, CAPRI ou les deux).
- Contrairement à ce qui est observé dans les essais depuis 2 ans, postposer le traitement s'est révélé pénalisant. Il n'est donc 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.
- Le SIGMA MAXX à 0.9 L/ha 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.
- Actuellement, la tendance est de désherber les céréales, escourgeon comme froment, avant l'hiver. Cela offre plusieurs avantages, comme l'élimination précoce de la compétition exercée par les adventices sur la culture, l'allègement du temps de travail en sortie d'hiver et l'assurance d'une certaine efficacité. L'efficacité de ce type de traitements n'est toutefois pas garantie et leur mise en œuvre ne dispense pas d'aller vérifier le résultat en sortie d'hiver.

1.3.2 Lutte contre les dicotylées en froment d'hiver

Au printemps 2024, un essai visant à étudier divers traitements anticotylées a été implanté à Vezin (entre Namur et Andenne). Le protocole prévoyait une seule application au stade fin tallage (BBCH 29). L'application n'a cependant pu être réalisée qu'au stade premier nœud (BBCH 31).

Le Tableau 3 reprend les différentes adventices et leur stade de développement au moment de l'application. Le Tableau 4 détaille la composition des produits utilisés. Enfin, la Figure 4 présente les résultats des cotations visuelles effectuées 4 et 6 semaines après l'application.

Tableau 3 – Dates d'application et flore présente.

Essai	Application		Flore présente lors de l'application	
	Date	Stade culture	Espèce	Densité (pl/m²) ; stade
Vezin	18/04/2024	BBCH 31	Coquelicot Véronique à f. de l.	22 – BBCH 16-18 6 – BBCH 18

Tableau 4 – Composition des produits utilisés.

Produit	Formulat.	Composition
ACTIROB B (huile)	EC	812 g/L huile colza estérifiée
ALLIE	SG	20% metsulfuron
ARCHIPEL STAR	WG	4,5% mesosulfuron + 4,5% iodosulfuron + 3,75% thiencarbazone + 13,5% safener
BIATHLON DUO	WG	71,4% tritosulfuron + 5,4% florasulam
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
OMNERA LQM	OD	135 g/L fluroxypyr + 30 g/L thifensulfuron + 5 g/L metsulfuron
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
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 (Figure 4)

Quatre semaines après l'application, la plupart des traitements présentaient une efficacité intéressante (entre 73 et 83%) contre le coquelicot (22 plantes par mètre carré). Le SIGMA MAXX (70%), le GORDIUM STAR (68%) et le CAPRI (18%) étaient statistiquement en retrait.

Deux semaines plus tard, le PRIMUS (78%), le SIGMA MAXX (70%) et le CAPRI (20%) montraient des efficacités insatisfaisantes voire largement insuffisantes. Le ZYPAR restait en retrait (88%). Les autres traitements se révélaient proches de la perfection voire parfaits (entre 97 et 100%).

Contre la véronique à feuille de lierre (6 plantes par mètre carré), les meilleurs produits montraient, quatre semaines après l'application, des efficacités comprises entre 83 et 68%. Le ZYPAR (5%) était logiquement inefficace tandis que les produits suivants étaient moyennement efficaces (entre 33 et 58%) : PRIMUS, BIATHLON DUO, TREZAC et SIGMA MAXX.

II.1 Céréales d'hiver – Adventices

Ces résultats étaient globalement confirmés deux semaines plus tard. REXADE TRIO, OMNERA LQM, ALLIE, ARCHIPEL STAR, HUSSAR ULTRA, CAPRI DUO, BIATHLON DUO et GORDIUM STAR présentaient des efficacités élevées et similaires comprises entre 88 et 100%. Les autres traitements ne dépassaient pas 80% d'efficacité.

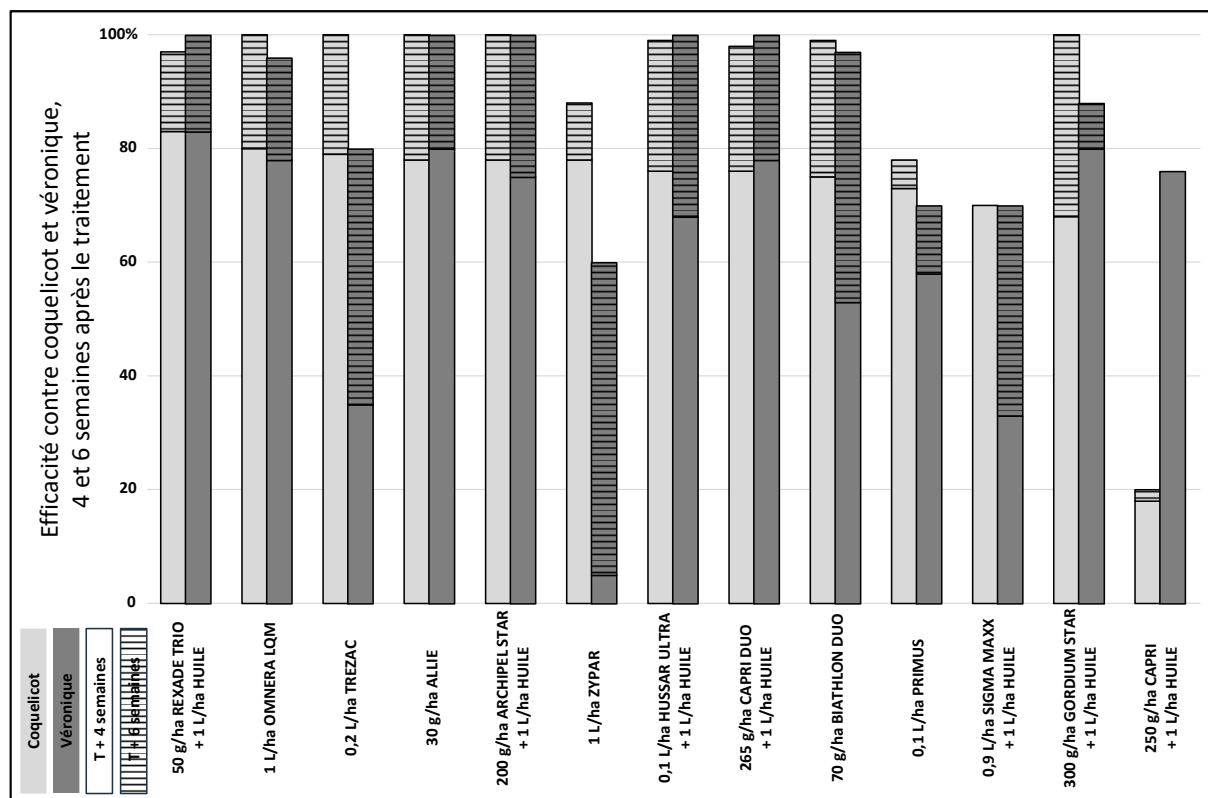


Figure 4 – Résultats des observations visuelles (efficacité en %) effectuées 4 et 6 semaines après l'application des traitements.

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).

Les produits mis sur le marché combinent souvent plusieurs substances actives. Ces combinaisons permettent évidemment d'élargir le spectre d'activité ou de renforcer l'action herbicide d'une substance active plus faible contre telle ou telle adventice.

Dans cet essai par exemple, le *florasulam* utilisé seul (PRIMUS) est moyen contre coquelicot. Son efficacité s'en trouve nettement améliorée lorsqu'il est associé au *tritosulfuron* (BIATHLON DUO), à l'*halauxifen* (ZYPAR), au *pyroxsulam* (CAPRI DUO) ou aux deux dernières substances citées (REXADE TRIO). Le *pyroxsulam* seul (CAPRI) et l'*iodosulfuron* à faible dose (SIGMA MAXX) ne sont pas suffisants.

1.4 Nouveautés

F. Henriët

PICO SOLO

Le PICO SOLO contient exclusivement du *picolinafen*. Ce dernier n'est pas un inconnu car il est déjà disponible en céréales dans les produits PONTOS et QUIRINUS. Dans ces produits, il est associé au *flufenacet*. Comme le *diflufenican* et le *beflubutamide*, le *picolinafen* est un herbicide de la famille chimique des Phenyl-ethers capable d'inhiber la Phytoene DeSaturase (PDSi – mode d'action 12), une enzyme impliquée dans la biosynthèse des caroténoïdes. Le *picolinafen* pénètre dans la plante par les feuilles ou les racines et est ensuite véhiculé par systémie ascendante. Principalement antidicotylédones, il est particulièrement efficace contre la violette, le lamier, les véroniques, le mouron, le myosotis, ... Il conviendra d'appliquer le *picolinafen* sur des adventices peu développées (maximum 4 à 6 feuilles).

Le PICO SOLO est un granulé à disperser dans l'eau (WG) contenant 75% de *picolinafen*. Autorisé en céréales d'hiver (froment, orge, épeautre, seigle et triticale), il peut être utilisé de la pré-émergence (BBCH 00), c'est-à-dire dès l'automne, au stade fin tallage (BBCH 29), mais à raison d'une seule application par culture et à la dose maximale de 133 g/ha.

XERTON

Grâce à la mise sur le marché du XERTON, il est désormais possible d'appliquer de l'*ethofumesate* en céréales. Bien connu des betteraviers (TRAMAT), l'*ethofumesate* est un herbicide inhibiteur de la synthèse des acides gras (mode d'action 15). Le XERTON, lorsqu'il est mélangé avec un produit de postémergence précoce, améliore le contrôle des graminées adventices comme le jouet du vent, le pâturin annuel et le vulpin. Il est également efficace contre certaines dicotylédones telles que les véroniques et le lamier pourpre. Appliqué avant le stade 2 feuilles (BBCH 12), il risque cependant de manquer de sélectivité.

Le XERTON est une suspension concentrée (SC) contenant 417 g/L d'*ethofumesate*. Autorisé uniquement en froment d'hiver, il peut être utilisé du stade 2 feuilles (BBCH 12) au stade 3 talles (BBCH 23), à raison d'une seule application par culture et à la dose maximale de 0,6 L/ha (250 g/ha d'*ethofumesate*). Attention, la quantité maximale d'*ethofumesate* qu'il est possible d'appliquer pendant une période de trois ans est de 1 kg/ha. Cela pourrait se révéler limitant dans des rotations incluant la culture de betteraves.

ALTIVATE

L'ALTIVATE est un granulé à disperser dans l'eau (WG) contenant 6% de *mesosulfuron* et 12% de safener. C'est la première fois que le *mesosulfuron* est formulé sans être associé à une autre substance active. Autorisé en céréales d'hiver, ALTIVATE peut être utilisé au printemps, du stade début tallage (BBCH 20) au stade deuxième nœud (BBCH 32), à raison d'une seule application par culture, en mélange avec une huile de colza estérifiée et à la dose maximale de 150 g/ha (seigle et triticale) ou 250 g/ha (froment).

1.5 Recommandations pratiques

F. Henriët

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 Céréales).

- **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 antigraminées 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 primaire 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 primaire indirecte 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, ...). La nuisibilité secondaire est, quant à elle, liée à 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 75 % 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 entraîner 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.

La **pendimethaline**, l'**isoxaben**, le **diflufenican**, le **beflubutamide** ou le **picolinafen** complètent idéalement le *chlortoluron* en élargissant son spectre antidicotylées aux VVL (mais pas au gaillet gratteron) et en renforçant son 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 5 en décrit les principales caractéristiques. Ces molécules présentent un spectre antigaminées qui leur est propre (consulter les pages jaunes de ce Livre Blanc Céréales). 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 presque 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 cotylédonnaire. 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, sulfonyles 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 postémergence des graminées. Toutefois, en postémergence (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 5 – 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	20-32 21-32 21-32 13-32 21-29 21-32 21-29 21-31 21-31 21-31 21-32 21-31 21-32	00-30	ALTIVATE ⁽¹⁰⁾ ARCHIPEL STAR ⁽⁴⁾ DALTRICE ⁽⁷⁾ INCELO ⁽⁵⁾ KALENKO ⁽⁶⁾ OBELISK ⁽⁷⁾ OTHELLO ⁽⁶⁾ SIGMA FLEX ⁽⁸⁾ SIGMA MAXX ⁽⁷⁾ SIGMA PLUS ⁽⁹⁾ SIGMA STAR ⁽⁴⁾ SIGMA SUPRA ⁽⁹⁾ ZEPPPOS ⁽⁷⁾	250 g/ha ⁽¹⁵⁾ 200 g/ha 500 g/ha ⁽¹⁶⁾ 330 g/ha 1 L/ha 500 g/ha ⁽¹⁶⁾ 2 L/ha 330 g/ha 1,5 L/ha 500 g/ha 330 g/ha 500 g/ha 500 g/ha ⁽¹⁶⁾
<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 12-32 21-31 12-32 12-32 21-32	11-29	BROADWAY ⁽¹¹⁾ CAPRI ⁽¹⁰⁾ CAPRI DUO ⁽¹¹⁾ CAPRI FORTE ⁽¹³⁾ CAPRI TWIN ⁽¹¹⁾ MANHATTAN ⁽¹²⁾ MANHATTAN FORTE ⁽¹³⁾ REXADE TRIO ⁽¹³⁾	220 g/ha 250 g/ha 265 g/ha 100 g/ha 220 g/ha 75 g/ha 100 g/ha 50 g/ha ⁽¹⁷⁾

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): <https://www.hracglobal.com/>

⁽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⁾ 150 g/ha en seigle et en triticales

⁽¹⁶⁾ 300 g/ha en céréales de printemps

⁽¹⁷⁾ 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. Il est disponible seul uniquement dans l'ALTIVATE. Dans le SIGMA FLEX, il est associé à la *propoxycarbazone*, 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 ZEPPPOS, l'OBELISK et le DALTRICE, ce qui élargit le spectre aux dicotylées classiques et renforce l'efficacité contre jouet du vent. L'OTHELLO et le KALENKO 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 antidi cotylées 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 antidi cotylées 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 antidi cotylées 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 produit 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 antidi cotylées sont utilisables tant en escourgeon qu'en froment d'hiver. De petites différences quant à leur usage peuvent cependant exister. Il conviendra toujours de se référer à l'étiquette des produits et aux pages jaunes de ce Livre Blanc Céréales pour s'assurer de les utiliser correctement et en toute sécurité.

Au printemps, les produits antidi cotylées s'utilisent, soit mélangés à un antigraminées 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 antidi cotylées doit avant tout tenir compte des adventices présentes (Tableau 6) et de leur stade de développement. En cas de mélange avec un antigraminées, 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 6 – 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, fluroxypyr, mecoprop-p</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	<i>amidosulfuron, florasulam, tritosulfuron</i>
	PPOI ⁽³⁾	14	<i>carfentrazone</i>
Mouron des oiseaux	Hormones	4	<i>dichlorprop-p, fluroxypyr, mecoprop-p</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	<i>iodosulfuron, florasulam, metsulfuron</i>
	PDSI ⁽⁴⁾	12	<i>diflufenican, beflubutamide, picolinafen</i>
Camomille	ALSI ⁽²⁾	2	<i>iodosulfuron, florasulam, metsulfuron</i>
Véroniques et violettes (pensées)	ALSI ⁽²⁾	2	<i>thiencarbazone</i>
	PDSI ⁽⁴⁾	12	<i>diflufenican, beflubutamide, picolinafen</i>
	PPOI ⁽³⁾	14	<i>bifenox, carfentrazone</i>
Lamiers	Hormones	4	<i>halauxifen</i>
	PDSI ⁽⁴⁾	12	<i>diflufenican, beflubutamide, picolinafen</i>
	PPOI ⁽³⁾	14	<i>bifenox, carfentrazone</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	<i>metsulfuron, thiencarbazone</i>
Coquelicot	Hormones	4	<i>halauxifen, 2,4-D, aminopyralid</i>
	ALSI ⁽²⁾	2	<i>florasulam, metsulfuron</i>

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): <https://www.hracglobal.com/>

⁽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: <https://www.weedscience.org/Home>). 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.