

Gestion des adventices dans la rotation betteravière

Le succès de la gestion agronomique des adventices repose sur la mise en œuvre de pratiques préventives, seules ou combinées, raisonnées à l'échelle de la parcelle en fonction de la connaissance de la biologie des espèces et de l'historique du salissement, du matériel disponible sur l'exploitation et du contexte pédoclimatique local. Ces principes, élaborés avec l'ITB, Arvalis Institut du végétal, Terres Inovia, l'ACTA et le ministère de l'Agriculture, ont été synthétisés dans une note commune intitulée « Note nationale : Gestion des adventices dans les rotations « grandes cultures » par des méthodes alternatives » diffusée en avril 2015 avec les BSV (Bulletins de Santé du Végétal). Les principes les plus pertinents pour la culture de betterave sont évoqués ci-après.

LES PRINCIPES DE LA LUTTE AGRONOMIQUE

Diversifier les cultures dans la rotation

Les adventices ne sont jamais présentes par hasard, elles sont le reflet du milieu où elles se développent et de l'historique des pratiques. Outre les facteurs liés à la nature du sol (pH, humidité, texture), la succession de cultures est prépondérante dans la composition de la flore adventice. Un grand nombre d'espèces est inféodé à un type de cultures précis par leur époque préférentielle de levée : automnale, hivernale, printanière ou estivale. A titre d'exemple, les renouées et les chénopodes infestent les cultures de printemps, comme la betterave, tandis que le datura et les panics s'observent essentiellement en maïs ou tournesol.

D'autre part, le vulpin des champs et le gaillet gratteron colonisent fréquemment les céréales et le colza d'hiver ; les levées de géraniums sont simultanées à la levée du colza. Cette adaptation de la flore adventice aux cycles des cultures peut être gênée, voire rompue, si on diversifie les cultures dans la rotation. La diversité des cultures de la rotation favorise une flore adventice disparate et peu abondante, à l'inverse des rotations courtes concentrées sur peu d'espèces différentes (ex : blé-betterave-blé, monoculture de maïs ou de blé...). Elle sera d'autant plus efficace que la persistance du stock semencier de l'adventice visée est faible et que son époque préférentielle de levée est courte.

Par ailleurs, la diversification des cultures de la rotation élargit la palette d'herbicides et rend plus facile le contrôle des adventices. Le choix des cultures de la rotation doit donc aussi tenir compte des gammes herbicides appropriées à chacune de ces cultures, surtout lorsque des adventices résistantes à certains herbicides sont déclarées.

Travail du sol : Le labour

Le labour (photo 1) enfouit une grande majorité des graines de l'année et élimine simultanément les repousses et les jeunes adventices. Cette pratique limite considérablement les levées dans la culture qui suit. Les graines en profondeur perdent leur viabilité au cours du temps, les graminées beaucoup plus rapidement que les dicotylédones.

En revanche, le labour remonte, depuis les horizons profonds, une fraction du stock de graines et favorise le « réveil » d'un certain nombre d'espèces. Après le labour il faut donc laisser passer suffisamment de temps pour que



les graines enfouies dépérissent. Un bon compromis est de labourer occasionnellement, une fois tous les 3 ou 4 ans. Après un échec de désherbage ou avant une culture potentiellement difficile à désherber, il faudra orienter le raisonnement sur les principales espèces problématiques : s'il s'agit d'espèces dont les semences perdent très rapidement leur viabilité dans le sol (graminées sauf folles avoines, nombreuses composées...), le labour sera très efficace à lui seul et pourra être réalisé dès la récolte. Pour renforcer la maîtrise, il sera éventuellement possible de modifier la succession de cultures si les espèces sont liées à un type de culture spécifique.

Dans le cas d'espèces dont les semences sont persistantes, il faudra éviter de les enfouir après la récolte et modifier la succession de cultures à venir. En laissant les semences dans les horizons superficiels et en modifiant la rotation simultanément, nous esquivons la présence des adventices dans les cultures et nous augmentons grandement l'efficacité des déchaumages d'interculture en favorisant la levée de dormance des semences alors exposées aux variations de température, humidité, taux d'oxygène, prédation... Idéalement, le labour ne devrait pas être réalisé avant d'avoir suffisamment épuisé le stock (2 ou 3 cultures). Les systèmes en « non-labour continu » accentuent le risque de salissement des parcelles car ils concentrent les graines en surface, zone plus favorable aux germinations et levées. De plus, la présence de résidus couvrant le sol réduit l'efficacité des herbicides racinaires. Dans ces systèmes, la maîtrise des adventices nécessite une vigilance sans faille, et les échecs sont généralement plus lourds de conséquences.

Travail du sol : faux-semis

Le faux-semis consiste à faire lever les adventices qui devaient naturellement se développer dans la culture à venir et qui seront détruites au plus près du semis (au maximum 1 mois avant le semis) soit par un travail du sol très superficiel (outil à dents ou herse étrille), soit par l'application d'un herbicide foliaire non sélectif. Chaque passage d'outil doit être moins profond ou équivalent au précédent afin d'éviter de remonter les graines. La réussite de ces opérations est intimement liée aux conditions météorologiques. Avant culture d'été, les faux-semis se justifient pleinement car ils réduisent fortement les populations d'adventices dans la culture.

Attention !

- Le semis en combiné peut parfois provoquer des levées supplémentaires par rapport à un semis classique.
- Les passages répétés d'outils légers superficiels (herse étrille) peuvent favoriser la formation d'une croûte de battance par un affinage excessif. Dans les sols fragiles (sols limoneux) préférer un déchaumeur à faible profondeur et finir avec un seul passage de herse étrille s'il y a lieu. Avant culture d'hiver, les faux-semis sont utiles pour réduire les fortes infestations de graminées (sauf folles avoines) en l'absence de labour. Cependant, l'affinage du sol peut augmenter le temps de ressuage et retarder d'autant la date de semis et ainsi nuire à la qualité d'implantation de la culture. Dans ce cas il est possible de simplement reporter la date de semis sans travailler le sol. Toutefois, la couverture permanente du sol en zone vulnérable (plan maîtrise nitrates) rend difficile, moyennant une dérogation, la mise en œuvre du déchaumage comme outil de désherbage ou les faux-semis.

Règles de bon sens

A ces pratiques agronomiques, doivent s'ajouter quelques règles de bon sens pour limiter l'importation des graines d'adventices dans les parcelles :

- Nettoyer les outils de travail du sol, moissonneuses-batteuses, pneus, etc. Soyez vigilant sur ce point lors des travaux d'entraide entre agriculteurs ou lors des chantiers réalisés par les entreprises de travaux agricoles.
- Eviter la montée à graines des adventices aux abords de la parcelle.
- Arracher ou biner manuellement les plantes adventices constituant des foyers potentiellement problématiques.

PRÉVENTION ET GESTION DE LA RÉSISTANCE

Comme dans d'autres pays, les producteurs français sont confrontés aux problèmes de résistances. La résistance est un phénomène naturel et spontané qui peut toucher un individu au sein d'une population. C'est l'application répétée, voire systématique, d'un même mode d'action qui va sélectionner cet individu résistant au détriment des individus sensibles. La population résistante se développe grâce à la pression de sélection, exercée par l'herbicide concerné, sur la population sensible. La fréquence du recours à un même mode d'action, sur la rotation, est donc un indicateur de risque. Ce risque subsiste même sur certaines flores malgré l'alternance de culture d'hiver et de culture d'été, c'est le cas du risque de développement de résistance sur ammi élevé ou moutarde dans une rotation tournesol blé. Cette flore est en effet commune aux deux cultures. Elle est susceptible de recevoir systématiquement le même mode d'action, si celui-ci est utilisé sur blé et tournesol. D'autres facteurs entrent en jeu. La modulation de dose peut aggraver le risque mais aussi tous les facteurs qui engendrent de fortes densités d'adventices: le semis direct mal maîtrisé (perte d'action des herbicides racinaires et non-enfouissement des graines), l'absence de faux-semis (absence de déstockage du stock grainier) et les rotations courtes (sélection de flore).

Dans la gestion des résistances, l'évaluation du risque à la parcelle est une première étape. Terres Inovia, Arvalis-Institut du végétal, l'ITB et l'ACTA mettent à disposition l'outil en ligne R-sim (www.r-sim.fr/). La saisie de la

rotation, du détail des herbicides employés ainsi que des pratiques agronomiques permettent à l'utilisateur de juger ses pratiques et peut l'alerter sur le risque de développement de populations résistantes.

Prévenir les risques impose une alternance rigoureuse des modes d'action

Prévenir les risques impose une alternance rigoureuse des modes d'action en s'appuyant sur des programmes ou des associations de modes d'action. Les modes d'action ne sont pas toujours accessibles en termes d'informations. Ce sont les lettres des groupes herbicides définis par l'HRAC. L'alternance des modes d'action implique donc une connaissance des substances actives et des groupes auxquels les rattacher. Le tableau 2 donne un aperçu de ces modes d'actions disponibles pour contrôler la flore adventice betteravière.

Cette classification est destinée à identifier les substances de mode d'action voisin permettant, lors de la conception de programmes de désherbage, d'alterner des modes d'action biochimique différents afin de limiter les éventuelles apparitions de résistance des adventices ou pour en gérer au mieux les conséquences.

Alterner les modes d'action biochimique est le principe de base de l'utilisation des herbicides. Cette technique a pour objectif de limiter et retarder les phénomènes de résistances au sein de la rotation mais également au sein de la culture. Cette technique aura pour bénéfice de limiter la pression de sélection exercée par les produits et éviter la sélection d'individus résistants liée à l'utilisation systématique du même herbicide ou du même mode d'action.

La betterave : une culture « nettoyante »

Avec environ 400 000 haensemencés chaque année, la betterave sucrière n'occupe que de faibles surfaces à l'échelle nationale : 1,5 % de la SAU nationale et 11 % de la SAU des exploitations betteravières (enquête SITE-ITB). La culture de betterave intervient comme un élément de diversité dans les successions de cultures très variées selon les régions (cf. tableau 3). La sole betteravière (surface occupée par la betterave au moins une fois tous les 7 ans) voit se succéder, au niveau national, de nombreuses cultures. Il faut considérer que le minimum agronomique est la rotation triennale, c'est-à-dire au plus une betterave tous les 3 ans (= 2 ans entre 2 betteraves). En France, 4 % des surfaces ne sont pas à ce minimum. Pour exemple, la rotation biennale comportant une betterave dans le département de l'Aisne est très importante (33 %). Cela

2

Principaux modes d'action HRAC (Herbicide Résistance Action Committee), avec les familles chimiques rattachées et exemples de spécialités commerciales

SUBSTANCES ACTIVES (produit commercial)	FAMILLES	MODE D'ACTION	GROUPE HRAC
Fluazifop-P-butyl (Fusilade Max)	Aryloxyphénol-propionates « Fop »	Inhibiteurs des ACCases	A
Propaquizafop (Agil)			
Quizalofop-P-ethyl (Pilot)			
Clethodime (Centurion240EC)	Cyclohexanediones « Dimes »		
Cycloxydime (Stratos Ultra)			
Triflousulfuron-méthyl (Safari)	Sulfonylurées	Inhibiteurs ALS	B
Métamitron (Goltix70UD)	Triazinones	Inhibition photosynthèse au niveau du photosystème II	C1
Lénacile (Venzar)	Uraciles		
Chloridazone (Better DF)	Pyridazinones		
Desmediphame (BeetUpCompact)	Phényl-carbamates		
Phenmediphame (FasnetSC)			
Clomazone (Centium36CS)	Isoxazolidinones	Inhibition de la biosynthèse des caroténoïdes	F3
Glyphosate (Buggy360 Power)	Glycines	Inhibition de la phosphénolpyruvate shykimate synthetase (EPSP)	G
Glufosinate-ammonium (BastaF1)	Acides phosphoriques	Inhibition de glutamine synthetase	H
Dimethenamid-P (Isard)	Chloroacétamides	Inhibition de la division cellulaire	K3
S-metolachlore (Mercantor Gold)			
Triallate (Avadex480)	Thiocarbamates	Inhibition de la synthèse des lipides	N
Ethofumesate (BoxerSC500)	Benzofurane		
Quinmérac (Zepplin)	Acides quinoléine carboxalique	Inhibition de la synthèse des auxines	O
Clopyralid (LontrelSG)			

3	Principales cultures des rotations selon les régions betteravières
ALSACE	Betteraves, blé, maïs
CHAMPAGNE - ARDENNE	Betteraves, blé, colza, orge, luzerne
LIMAGNE	Betteraves, blé, tournesol, colza, maïs
NORD - PAS-DE-CALAIS	Betteraves, blé, pommes de terre, pois, endives, lin, orge, colza
NORMANDIE	Betteraves, blé, lin, maïs, pois, orge, pommes de terre, colza
PICARDIE	Betteraves, blé, colza, féverolles, orge, maïs, lin, pois
SUD PARIS	Betteraves, orge, blé, maïs, colza

représente un facteur important de risque pour l'exposition aux adventices. Il semblerait que la situation se soit empirée depuis 2008. Cela est certainement dû à la finalisation tardive du choix des assolements du fait d'évènements extérieurs (exemple : cours des céréales, réglementation européenne...).

L'analyse de l'impact de la betterave dans la rotation, et notamment sur la gestion des adventices, doit prendre en compte certains éléments importants.

- Certes, son désherbage est complexe mais c'est une culture qui est considérée comme « *nettoyante* », sans repousses derrière l'arrachage. Depuis 40 ans, le désherbage des betteraves est bâti sur l'utilisation de programme de désherbage fractionnant les apports herbicides et mélangeant les modes d'actions à chaque passage. Cette méthode permet de raisonner l'utilisation des herbicides en fonction

des levées d'adventices et de se prémunir de risque de sélection d'adventices résistantes. D'autre part, 70 % des parcelles de betteraves reçoivent, avant couverture, un passage de bineuse qui a pour effet bénéfique de contrôler les adventices qui seraient passées au travers des passages herbicides de post-émergence. Cette technique permet de disposer d'un moyen complémentaire pour l'obtention d'un désherbage de grande qualité et efficace pour contrôler la totalité de la flore adventices dicotylédones. De plus, une fois récoltées, 90 % des parcelles sont labourées, ce qui a donc un effet bénéfique à la bonne gestion de la flore adventice betteravière (cf. paragraphe sur le labour).

- Cependant, dans 96 % des cas, la culture du précédent en betterave est une céréale (blé ou orge), et dans 94 % des cas c'est également une céréale (blé, orge de printemps) qui suit la culture de betterave.

Même si la culture de betterave a longuement été considérée comme une culture « *nettoyante* » pour l'ensemble des adventices (dicotylédones et graminées), on rencontre aujourd'hui des difficultés pour contrôler la flore graminées dans les betteraves (notamment les vulpins et le ray grass). On dénombre actuellement, dans plusieurs parcelles, des cas de résistance des graminées aux herbicides de la famille des *Fop* qui sont confirmés. Ces cas sont présents pour les vulpins, ray-grass, folle avoine et agrostis, sur cultures printanières.

C'est l'association des techniques agronomiques, chimiques et mécaniques qui doivent permettre un résultat final de la qualité du désherbage des parcelles de 100 %. Ceci, afin d'éviter toute prolifération d'individus résistants.

Outils et informations d'aide à la décision en ligne sur le désherbage

BETSY est l'assistant désherbage de l'ITB qui permet de choisir le traitement herbicide de post-émergence le mieux adapté, sur la base de préconisations régionalisées, et de consulter des fiches illustrées décrivant les produits de traitements.

www.itbfr.org



Infloweb s'intéresse aux principales mauvaises herbes rencontrées dans les grandes cultures françaises. Le site fournit des connaissances de base indispensables pour aider au raisonnement des stratégies de désherbage compatibles avec les objectifs de la profession agricole. Infloweb est le fruit d'une collaboration entre partenaires : Terres Inovia, ACTA, Agrosup Dijon, Arvalis Institut du végétal, FNAMS, INRA, ITAB, ITB.

www.infloweb.fr



R-sim est un outil simple qui vous permet de simuler le risque d'apparition de populations résistantes, pour les herbicides des groupes A et B, à partir de vos programmes de désherbage et de vos pratiques agronomiques. Vous pouvez ensuite modifier votre saisie et visualiser l'impact de ces modifications sur le niveau de risque. R-sim est le fruit d'une collaboration entre partenaires : Terres Inovia, Arvalis Institut du végétal, ITB, ACTA.

www.r-sim.fr



Exemple d'une bonne gestion des graminées en culture de betteraves

En situation de contrôle difficile des graminées, ou en situation avérée de résistance, utiliser :

- Avant le semis de **Avadex 480** (Triallate) à 3l/ha en incorporation avec la dernière préparation de sol.
- Après le semis avec du **Mercantor Gold** (S-métolachlor) à 0,6 l/ha sur un sol d'au moins 30 % d'argile.
- Un traitement en végétation, de post-levée, avec d'autres produits graminicides de la famille des *Fop* ou des *Dim*, ex : **Centurion 240EC** (Cléthodime) à 0,5 l/ha. De cette façon, pour contrôler les graminées présentes dans une parcelle, il est fait usage de trois spécialités différentes ayant chacune un mode d'action différent les uns des autres : **Avadex 480** (Triallate, groupe HRAC N), **Mercantor Gold** (S-métolachlor, groupe HRAC K3) et le **Centurion 240EC** (Cléthodime, groupe HRAC A).

En cas d'utilisation d'**Avadex 480** en terres de limon battant, et/ou comportant peu de matières organiques (< 1,5 % MO) et peu d'argile (< 12 %), attention à bien adapter vos premières applications de post-émergence en retirant le lénacile (ex : Venzar) au programme herbicide pour éviter toutes apparitions de symptômes de phytotoxicité. En effet, ces terres sont très sen-

sibles à l'égard des produits à action racinaire et ces effets peuvent être accentués en conditions froides et humides !

Respect des doses

Respecter les doses des herbicides et des adjuvants est primordial pour optimiser l'efficacité du traitement. Il est essentiel de respecter la dose efficace recommandée selon les adventices et leur stade de développement. Pour la dose d'huile, il est impératif d'ajouter au graminicide de végétation 1l/ha d'huile végétale. Veillez à respecter les doses d'homologation de chaque produit.

Diminuer la dose d'un produit herbicide équivaut à diminuer son efficacité, mais augmente la probabilité d'apparition de plante résistante au sein de la parcelle.

Respect des conditions d'applications

- L'hygrométrie est un facteur important dans la capacité de l'adventice à absorber et diffuser l'herbicide. Les traitements de printemps doivent se réaliser le matin avec une

hygrométrie d'au moins 60 % d'humidité, et en absence de vent.

- Pour une meilleure efficacité, le sol doit être humide sur les premiers centimètres. Cela favorise la pénétration des substances actives.
- Assurer le bon réglage du pulvérisateur, et le bon type de buse (cette dernière étant l'élément essentiel du pulvérisateur). Le choix du type de buse, de son diamètre et son entretien vont influencer fortement sur la qualité de la pulvérisation (volume de bouillie, pression...)
- Veillez à appliquer les traitements selon le bon stade de développement des adventices. Les graminicides à action foliaire seront d'autant plus efficaces que les adventices ciblées sont en croissance. Sur les vulpins, ray-grass, folle avoine, panic, sétaire et digitale, appliquer le produit au stade 3 feuilles, début tallage.

L'application séparée des graminicides est préférable pour obtenir une bonne efficacité. Eviter, en particulier, le mélange avec les herbicides racinaires car ceux-ci peuvent diminuer fortement l'efficacité des graminicides, notamment les spécialités à base de métamitron et de clomazone.

LES PRINCIPES DE LA LUTTE MÉCANIQUE

Les techniques de désherbage mécanique présentent une alternative ou un complément crédible aux herbicides. Quel que soit le type d'intervention envisagé (bineuse, herse étrille, houe rotative), la lutte mécanique se prépare dès la préparation de semis des cultures. Les mesures agronomiques visant à prévenir les infestations d'adventices dans les parcelles sont d'une importance capitale pour conduire au succès du désherbage mécanique curatif.

Le type d'adventice conditionne l'efficacité : les graminées sont moins sensibles aux outils que les dicotylédones. Les vivaces sont particulièrement difficiles à éradiquer par les seuls outils mécaniques. Au sein de la famille des dicotylédones, il y a des différences de tolérance des adventices à l'action des outils, liées à la morphologie des plantes et leur capacité à s'enraciner puissamment dans le sol.

Le stade des adventices au moment de l'intervention mécanique conditionne les performances du désherbage mécanique.

Les réglages d'outils sont essentiels pour préserver les cultures et détruire un maximum d'adventices. Pour chaque parcelle à désherber, il est conseillé de tester préalablement les outils sur une distance courte mais suffisante pour que la vitesse de travail soit atteinte. En matière d'équipement, les constructeurs proposent des types de dents et de socs permettant des combinaisons variées.

Les conditions pédoclimatiques sont déterminantes : absence de pluie le jour de l'intervention et temps séchant pendant 3 à 5 jours suivant l'intervention. Les plages d'intervention

doivent être décidées de manière à épargner les cultures et à maximiser les chances de destruction des mauvaises herbes. Les recommandations suivantes précisent les interventions en fonction du stade de développement de la culture (fig. 4).

Deux types de stratégies de désherbage mécanique sont possibles en culture de betteraves :

- Réaliser le désherbage avec une rampe de localisation (cf. figure 5) d'herbicide (voir une désherbineuse) qui ne traitera qu'entre 33 et 50 % de la surface de la parcelle. Les buses de la rampe pulvérisent l'herbicide uniquement sur le rang. Ce désherbage doit être complété par plusieurs binages sur l'inter-rang.
- Combiner le désherbage chimique et le désherbage mécanique (cf. figure 6). L'objectif est de réaliser 2 à 3 traitements herbicides traditionnels en plein afin d'arriver au stade de 4 feuilles vraies des betteraves afin de créer un décalage de végétation entre les betteraves et les adventices. Puis intervenir avec une bineuse traditionnelle betterave équipée de moulinets sur le rang, une houe rotative ou une herse étrille avec réglages des dents par ressort indépendant de la pièce travaillante. Le désherbage mécanique sur le rang peut être effectué uniquement lorsque les betteraves peuvent résister aux passages des machines, c'est-à-dire lorsqu'elles ont atteint le stade 4 feuilles vraies.

Les passages mécaniques exigent un bon nivellement et un sol ferme, l'efficacité est largement tributaire des conditions météorologiques. Il est nécessaire d'avoir un minimum de temps sec après le passage mécanique. Les plages d'horaires d'intervention pour les passages mécaniques sont toutefois moins contraignantes que pour les traitements herbicides : si les conditions de la journée sont favorables (sol sec, absence de pluie), l'intervention peut se faire à n'importe quelle heure contrairement aux pulvérisations.

L'homogénéité du sol et de la population de betteraves permettront une meilleure efficacité de ces machines. Le travail de ces matériels sera plus difficile en cas de levées échelonnées, de dégâts sur betteraves dus à des parasites ou de terres à cailloux. Tous les matériels de désherbage mécanique sur le rang pénètrent mal sur des sols durs.

4 Recommandations d'utilisation des outils mécaniques en culture de betteraves et possibilités d'interventions mécaniques suivant les types de sol et les conditions météo (en nombre de jours)

	Bineuse simple	Bineuse avec moulinets	Houe rotative	Herse étrille avec réglages des dents par ressort indépendant de la pièce travaillante
Stade limite précoce des betteraves	2 feuilles vraies	4 feuilles vraies	4 feuilles vraies	4 feuilles vraies
Stade limite final des betteraves	80 % de couverture	10 feuilles	10 feuilles	10 feuilles
Stade optimum d'intervention sur les adventices	Avant 4 feuilles pour les dicotylédones			
Avant 2 feuilles pour les graminées	Point vert-cotylédons	Point vert-cotylédons	Point vert-cotylédons	
Efficacité sur dicotylédones	Bonne sur l'inter-rang	Bonne	Bonne	Bonne
Efficacité sur graminées	Bonne sur l'inter-rang	Faible sur le rang	Faible	Faible
Vitesse de travail	6 à 8 km/h avec autodirigé 6 à 12 km/h avec système de guidage	6 à 8 km/h avec autodirigé 6 à 12 km/h avec système de guidage	15-20 km/h	4 à 6 km/h
Type de sol	Tous types de sol	Tous types de sol	Tous types de sol sauf craie, cranette	Tous types de sol

Type de sol	Temps de ressuyage en heures après une pluie supérieure à 15 mm	Temps de ressuyage en heures après une pluie inférieure à 15 mm	Nombre de jours sans pluie après le passage de l'outil
Limon argileux	4	3	Avant le 20 mai : 3 jours
Limon battant	5	4	
Craie	2	1	
Argilo-calcaire	3	2	Après le 20 mai : 2 jours
Limon sableux	2	1	

5 Bineuse avec moulinets



6 Rampe de localisation

