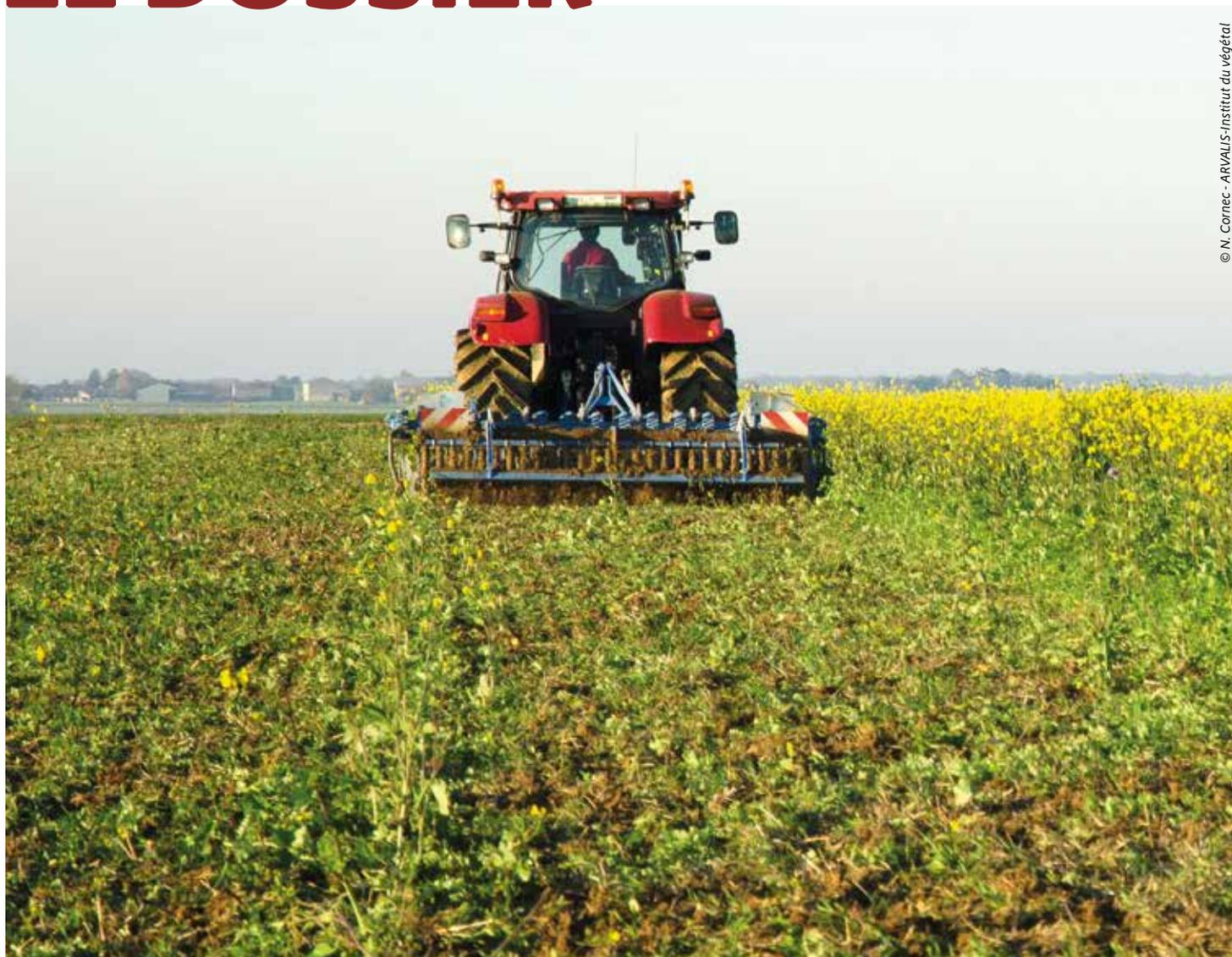


LE DOSSIER



© N. Cornec - ARVALIS-Institut du végétal

GLYPHOSATE

ÉVITER LA SORTIE DE ROUTE

Le glyphosate et ses alternatives : depuis plus de trois ans, c'est un sujet à rebondissements lancé après l'annonce du gouvernement français de s'affranchir de cette substance et véritablement engagé après le premier rapport de l'INRAE en 2017. Les instituts techniques de grandes cultures - ACTA, Arvalis, ITB, Terres Inovia et la FNAMS - se sont emparés de cette problématique pour évaluer les conséquences d'une décision de « sortie du glyphosate » qui s'annonçait brutale.

Il a fallu procéder par étapes en évitant les embûches : mieux connaître les pratiques, identifier les usages critiques sans alternatives et répondre aux auditions des autorités, décoder les décisions de l'ANSES, imaginer les itinéraires adaptés à ces décisions, tenir compte des usages maintenus et de ceux qui disparaissent. Dans certains cas, des solutions restent encore à trouver pour limiter les impacts économiques ou organisationnels.

Limitation des usages 40

Les systèmes sans labour ont besoin d'alternatives

Nouvelle réglementation 46

Ce qui a changé

Gestion des adventices annuelles 49

Des alternatives aux efficacités variables

L'interculture sans glyphosate en pratique 56

Des solutions proposées au cas par cas



LIMITATION DES USAGES

LES SYSTÈMES SANS LABOUR ont besoin d'alternatives

Ludovic Bonin - l.bonin@arvalis.fr



Florent Duyme - f.duyme@arvalis.fr



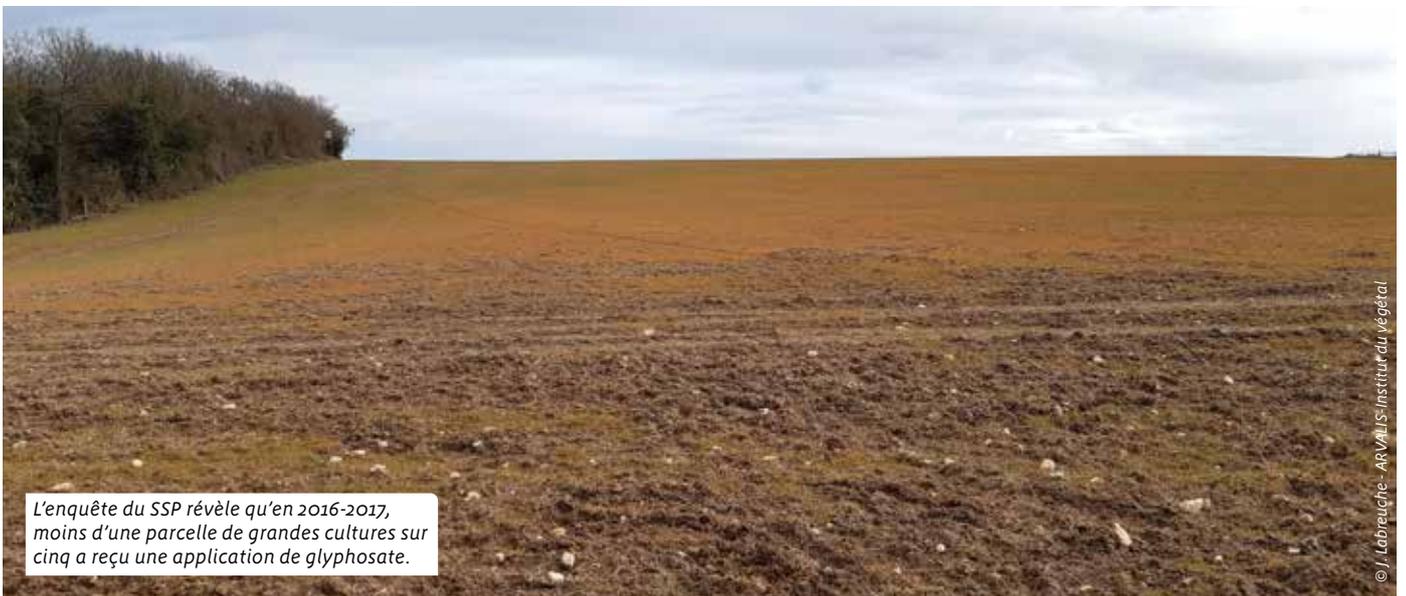
Adélaïde Wissocq - a.wissocq@arvalis.fr

Lionel Jouy - l.jouy@arvalis.fr



Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalis.fr

Le glyphosate a été appliqué sur moins de vingt pour cent des surfaces de grandes cultures lors de la campagne 2016-2017. Son usage s'avère très dépendant des successions de cultures et de la stratégie de travail du sol. Les résultats d'une enquête inter-instituts montrent que plus des trois-quarts des agriculteurs qui l'emploient ne sauraient pas comment gérer les adventices sans cet herbicide.



© J. Labreuche - ARVALIS-Institut du végétal

L'enquête du SSP révèle qu'en 2016-2017, moins d'une parcelle de grandes cultures sur cinq a reçu une application de glyphosate.

Les enjeux liés à l'utilisation du glyphosate sont très importants et demandent aux pouvoirs publics et aux acteurs des filières agricoles d'avoir une bonne connaissance des pratiques agricoles. Deux enquêtes récentes ont rassemblé des informations précieuses. La première, réalisée par le Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agricul-

ture, a porté sur les pratiques réalisées entre la récolte du précédent (en 2016) et la récolte de la culture enquêtée en 2017 (encadré p.44).

Une seconde enquête a été réalisée durant l'été 2019 par les instituts techniques agricoles ACTA, Arvalis, FNAMS, ITB et Terres Inovia (encadré p.44). Elle avait pour objectif de connaître quel usage est fait du glyphosate en grandes cultures, et de recueillir l'avis des pro-

ducteurs sur ce sujet, qu'ils en utilisent ou non. Ces deux enquêtes sont complémentaires, par leurs représentativités et les données recueillies.

Le glyphosate est utilisé avant tout en interculture, sur une surface limitée

L'enquête 2017 du SSP précise que 17,5 % des surfaces de grandes cultures ont été traitées



La gestion des vivaces repose en partie sur leur destruction pendant l'interculture avec des herbicides non sélectifs.

© J. Courreau - ARVALIS-Institut du végétal

au moins une fois pendant la campagne 2016-2017 avec du glyphosate. 16 % sont traitées pendant l'interculture jusqu'au jour du semis, et le reste (1,5 %), en post-semis avant la levée. Les traitements en végétation ou avant récolte sont rares (0,2 %). Pour les parcelles qui ont reçu une application en interculture ou sur la culture, la dose moyenne d'utilisation pour la campagne est de 917 g/ha. Cette dose varie assez peu en fonction des pratiques culturales, au contraire de la fréquence d'utilisation. Le traitement par tâche est peu répandu et ne concerne que 3,5 % des parcelles.

L'enquête inter-instituts de 2019 n'avait pas pour objectif de déterminer le taux d'utilisateurs ; les non utilisateurs sont d'ailleurs peu représentés (5 %). Pour les 95 % de répondants utilisateurs, l'usage du glyphosate est raisonné et concerne, dans la plupart des cas, une part limitée de l'exploitation : 55 % l'appliquent sur moins d'un tiers de leur surface chaque année (figure 1).

Que visent les applications ?

L'enquête 2017 du SSP met en évidence que la cible « plantes annuelles » reçoit la plus grande part du volume de glyphosate appliqué. Ainsi, la gestion des repousses du précédent concerne 53 % des volumes de glyphosate utilisés au total, et celles des adventices annuelles, 41 % (graminées ou dicotylédones). Les couverts représentent, quant à eux, 17 % de cet usage. L'utilisation du glyphosate sur les vivaces et les bisannuelles ne représente

que 12 % des volumes utilisés de cette matière active.

Paradoxalement, l'usage le plus cité, par plus de 70 % des répondants à l'enquête inter-instituts de 2019, concerne les vivaces. Ces agriculteurs utilisent du glyphosate contre les adventices vivaces maïs pas forcément tous les ans, ni sur toutes les parcelles. Dans cette enquête, les autres usages principaux cités sont la destruction des repousses ou des adventices annuelles en interculture (courte ou longue) et la gestion des plantes invasives. Les doses⁽⁴⁾ sont également variables, ce qui montre un raisonnement en fonction de la cible visée par les applications de glyphosate. Par exemple, en interculture courte d'été, les doses sont plutôt limitées : 73 % des utilisateurs appliquent entre 360 et 1040 g/ha.

Quelles situations amènent à utiliser du glyphosate ?

D'après l'enquête du SSP, les trois facteurs déterminants dans la fréquence d'utilisation du glyphosate sont la culture implantée, le précédent cultural et la technique d'implantation. La région, le type de sol et la rotation culturale ne semblent pas avoir d'influence directe sur l'usage du glyphosate ; ils peuvent cependant en avoir indirectement puisqu'ils déterminent les trois facteurs précédents.

La culture à semer impacte en partie l'usage de glyphosate, surtout en non labour (figure 2). D'après l'enquête du SSP, les intercultures précédant une culture de printemps font l'objet

de plus de traitements que celles devant une culture d'automne, notamment en cas d'implantation sans labour. En cas de retournement du sol, l'usage est plus faible et les écarts entre cultures sont minimes. Les cultures de printemps semées précocement au printemps (betteraves, orge...) font l'objet de plus de traitement que celles semées plus tard. L'implantation des prairies temporaires fait très rarement appel au glyphosate alors que leur destruction, assez difficile, y recourt plus souvent.

Le précédent cultural de la culture à implanter joue un rôle déterminant. Les précédents prairie, céréale à paille et colza favorisent le plus l'usage d'herbicides totaux en interculture. Le maïs et le tournesol y ont moins recours, et les betteraves et pommes de terre, peu. Derrière l'impact du précédent cultural se cachent deux notions. Le précédent laisse un sol plus ou moins exempt de repousses ou d'adventices encore viables à la récolte ; avec la culture suivante, il conditionne aussi la durée de l'interculture. Ainsi, une betterave ou une pomme de terre suivie d'un blé d'hiver fait l'objet de

SURFACES RECEVANT DU GLYPHOSATE : la majorité des utilisateurs l'applique sur moins d'un tiers de la SAU

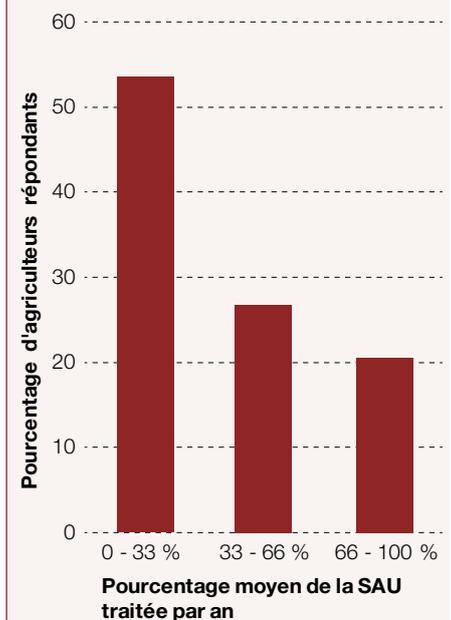


Figure 1

Répartition de la proportion annuelle moyenne de la surface agricole utile (SAU) recevant du glyphosate. Source : enquête inter-instituts 2019, 6362 réponses.

EFFET DE LA CULTURE : l'interculture plus longue avant une culture de printemps favorise l'usage du glyphosate

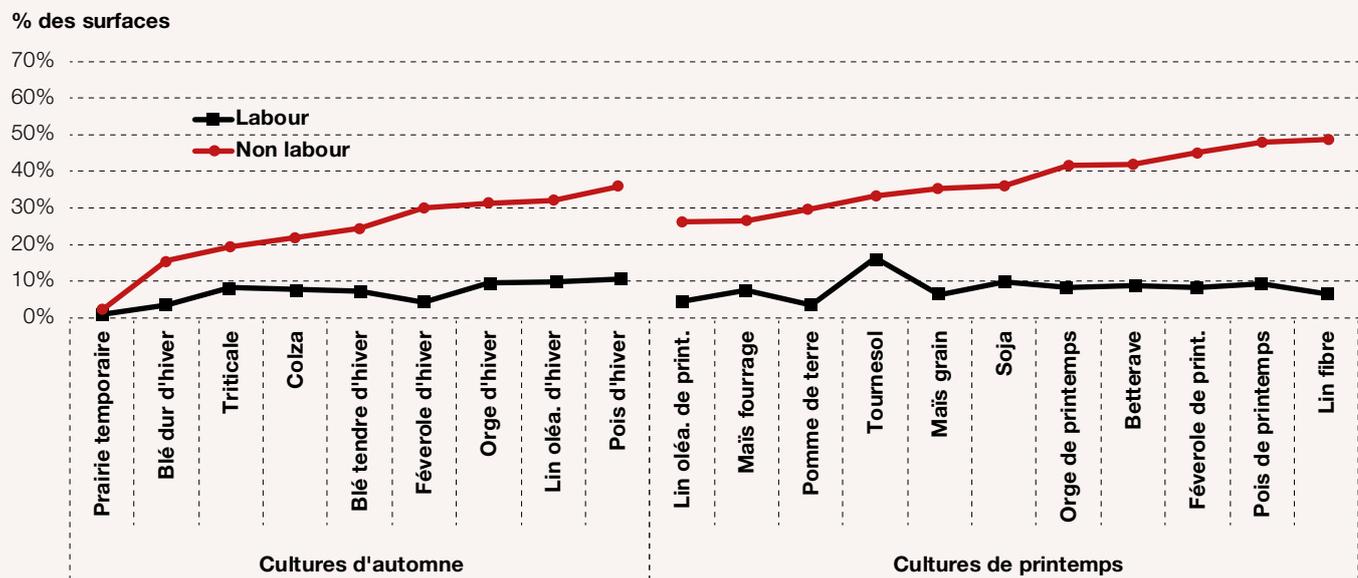


Figure 2

Proportion des surfaces traitées avec du glyphosate pendant l'interculture selon la culture semée et son mode d'implantation.

Source : SSP - Enquête « Pratiques culturales en grandes cultures » 2017.

très peu d'applications de glyphosate, quel que soit le travail du sol, dans la mesure où ces précédents laissent peu d'adventices et où l'interculture, très courte, ne laisse pas le temps au sol de se resaler. C'est aussi le cas d'un maïs grain lorsque celui-ci est suivi d'un blé. Cependant, s'il est suivi d'un autre maïs, la plus longue interculture laisse le temps aux adventices de lever et se développer, et les applications de glyphosate deviennent presque aussi fréquentes que pour un précédent céréale à paille.

La technique de travail du sol influence fortement l'utilisation de glyphosate

En comparant les techniques pour les mêmes couples « précédent-culture », l'enquête 2017 du SSP montre que la fréquence d'usage du glyphosate est différente entre trois grands groupes de pratiques (figure 3 p.44). Les parcelles labourées lors de la campagne 2016-2017 ont reçu assez rarement un traitement. En revanche, le semis direct fait l'objet d'applications beaucoup plus fréquentes. Le strip-till, suffisamment représenté sur maïs essentiellement, est assez comparable au semis direct sur cette culture. La fréquence d'usage du glyphosate est intermédiaire pour les autres techniques sans labour, avec un travail superficiel ou plus profond sur la totalité de la surface du sol.

L'enquête inter-instituts de 2019 confirme l'impact du travail du sol sur l'usage du glyphosate. En système avec labour, les répondants sont plutôt des utilisateurs ponctuels de glyphosate (une année sur trois), et sur des surfaces limitées (moins de la moitié de l'exploitation). À l'inverse, les répondants pratiquant le non labour l'utilisent tous les ans et toute la SAU est traitée. Schématiquement, les exploitations de taille assez importante sont plutôt utilisatrices de glyphosate sur toute la surface, tandis que les exploitations en système labouré, moins utilisatrices de glyphosate avec des applications sur une partie de l'exploitation, sont de taille plus modeste.

Beaucoup d'agriculteurs n'ont pas identifié d'alternatives

L'enquête inter-instituts de 2019 a également demandé aux agriculteurs à l'été 2020 s'ils avaient déterminé des alternatives crédibles à l'utilisation du glyphosate. Or 78 % des répondants ignorent encore comment ils feraient s'ils devaient se passer de glyphosate (s'il était totalement interdit). Néanmoins, sur les 7 677 répondants, 352 (4,6 %) n'utilisent plus de glyphosate et ont opéré un changement de leur système de culture : agriculture bio, allongement de rotation, retour à plus de travail du sol, etc.

En cas d'interdiction totale à court ou moyen terme, les inquiétudes mentionnées par les



Le travail du sol est le principal levier de substitution à l'usage du glyphosate.

© J. Labrousche - ARVALIS - Institut du végétal

L'ENQUÊTE INTER-INSTITUTS DE 2019 CIBLAIT LE GLYPHOSATE

Le questionnaire a été accessible sur internet durant l'été 2019. Conçu par plusieurs instituts techniques agricoles des grandes cultures, il a recueilli l'avis et les pratiques des agriculteurs, utilisateurs ou non de glyphosate. L'enquête ne portait pas sur une campagne en particulier mais plutôt sur la pratique moyenne des dernières années. Elle a recueilli 10 183 réponses, dont 7677 réponses exploitables, ce qui est plutôt important pour une enquête internet et montre la volonté des producteurs de partager leurs pratiques. Les exploitations enquêtées ont, en moyenne, une surface de 176 ha, principalement en grandes cultures céréalières et, notamment, en cultures d'hiver. Par suite, l'enquête n'est pas forcément représentative de toute la population agricole, mais sa force réside dans les réponses qualitatives obtenues et dans le très grand nombre de répondants utilisant du glyphosate.

agriculteurs dans cette enquête, importantes, concernent la viabilité des exploitations et des systèmes de culture tels qu'ils sont menés aujourd'hui. C'est le cas de l'agriculture de conservation, vertueuse sur de nombreux sujets tels que l'érosion mais étroitement dépendante de l'utilisation du glyphosate. Ces systèmes, sans glyphosate, devraient réintensifier le travail du sol, avec des conséquences importantes, à la fois économiques (investissements), agronomiques (érosion, matière organique...), environnementales (consommation de carburants fossiles, bilan Carbone...) et organisationnelles (capacité à travailler toute la surface, main-d'œuvre, jours disponibles). L'enquête du SSP montre d'ailleurs une évolution des pratiques de gestion des sols, avec notamment une réduction progressive du travail du sol : le non labour représentait en 2017, 48 % des surfaces de grandes cultures,

contre 35 % en 2011 ; ces surfaces non retournées concernent majoritairement les cultures d'automne. Alors qu'en 2011, les sols argilo-calcaires étaient nettement moins labourés que les autres, on ne retrouve plus vraiment d'écart avec les autres types de sols en 2017. C'est dans ces derniers que la progression du non labour s'est opérée.

Environ 70 % des répondants de l'enquête inter-instituts de 2019 estiment qu'ils devraient se rééquiper en matériel de travail du sol, cette proportion étant plus forte chez ceux qui ne labourent plus. Les inquiétudes portent aussi sur de possibles recrudescences de vivaces et d'adventices annuelles. Finalement, selon les agriculteurs, la balance bénéfique/risque d'un tel retrait, total ou partiel, n'a pas été clairement établie. ■

(1) Plus d'informations sur les résultats de cette enquête sur <http://arvalis.info/219>



Les changements de pratiques qui pourraient être induits en cas d'interdiction du glyphosate auront de nombreuses répercussions économiques, agronomiques et environnementales.

© J. Labreuche - ARVALIS-Institut du végétal

UNE ENQUÊTE SUR LES PRATIQUES CULTURALES EN GRANDES CULTURES EN 2017

Les enquêtes du SSP sont réalisées tous les 5 à 6 ans. Celle de 2017 a recueilli des informations sur la campagne 2016-2017 sur près de 27 600 parcelles de grandes cultures (céréales, oléoprotéagineux, cultures industrielles...) et de prairies. Arvalis, qui dispose d'un accès aux résultats de cette enquête, a analysé les itinéraires techniques selon différents paramètres agronomiques : culture de la campagne 2016-2017 et des cinq précédentes, type de sol, grande région, travail du sol de l'année et présence ou absence de retournement du sol les cinq campagnes précédentes, etc.

INFLUENCE DU TRAVAIL DU SOL : les techniques de non labour ont davantage besoin d'un désherbant total

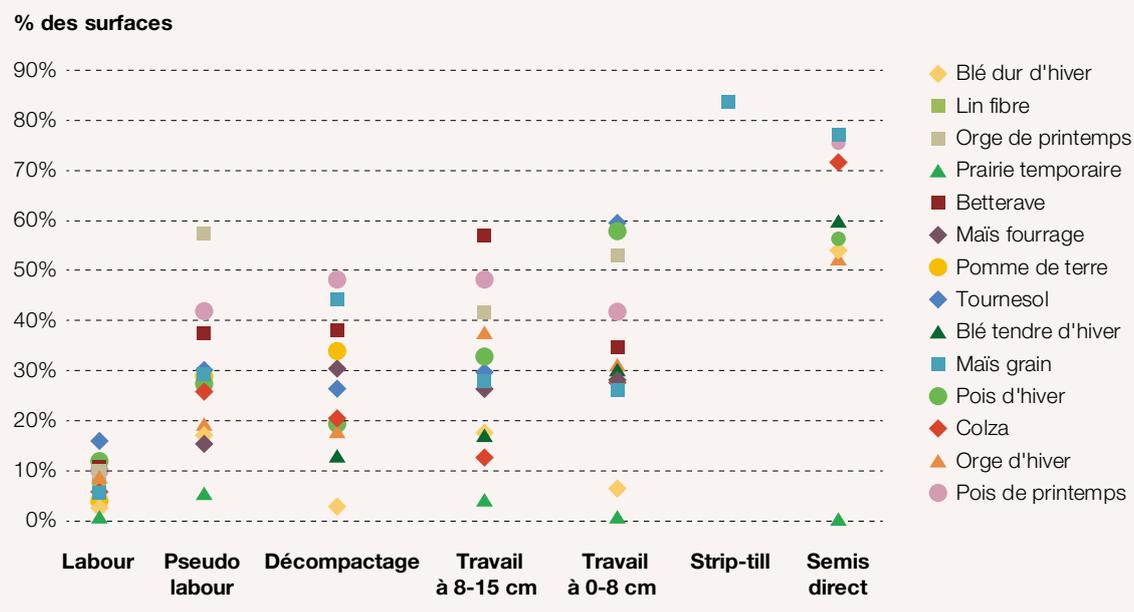


Figure 3

Proportion de surfaces traitées avec du glyphosate pendant l'interculture, selon le mode d'implantation de la culture semée et la nature de cette dernière.

Source : SSP - Enquête Pratiques culturales en grandes cultures 2017.

NOUVELLE RÉGLEMENTATION

CE QUI A CHANGÉ



© J. Labreuche - ARVALIS - Institut du végétal

Les usages du glyphosate restant autorisés en grandes cultures concernent principalement les techniques sans labour et la gestion des adventices réglementées.

Benjamin Perriot - b.perriot@arvalis.fr

◆ Franck Duroueix - f.duroueix@terresinovia.fr

◆ Rémy Duval - duval@itbfr.org

Ludovic Bonin - l.bonin@arvalis.fr

◆ Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalis.fr

◆ Avec la collaboration de Lise Gautellier Vizios (Arvalis)

Dans un rapport publié le 9 octobre 2020, l'ANSES a dévoilé les résultats de son évaluation comparative des alternatives au glyphosate en interculture. Il en ressort que le glyphosate restera autorisé dans certaines situations. Cependant des impasses ou difficultés subsistent. Décryptage.

Dans le cadre de l'évaluation ou de la réévaluation de produits commerciaux à base de glyphosate, l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a conduit une évaluation comparative, prévue par l'article 50.2 du règlement 1107/2009, afin d'étudier s'il existe des alternatives non chimiques d'usage courant et sans inconvénients pratiques ou économiques majeurs. L'analyse économique des alternatives a été confiée à l'INRAE. Une fois cette étape franchie, qui a permis d'identifier les usages maintenus *a priori*, faute

d'alternatives, l'ANSES est amenée à étudier chaque dossier que lui soumettent les firmes pour établir les autorisations de mise en marché (AMM) de chaque spécialité.

Un seul usage du glyphosate a fait l'objet de l'évaluation comparative : les traitements généraux pour le désherbage, la gestion de l'interculture et des jachères et la destruction de culture (tableau 1 p.48). Pour cet usage, le glyphosate reste ainsi autorisé en non labour, avant les cultures d'hiver et de printemps, à la dose maximale de 1080 g/ha, ainsi qu'après un labour d'été ou de début d'automne avant une culture de printemps en sols hydromorphes uniquement, toujours à la dose maximale de 1080 g/ha. Le nombre maximum d'applications sera précisé dans l'AMM des spécialités. Enfin, dans le cadre de la lutte réglementée obligatoire (présence d'ambrosie, etc.) et dans quelques cas de lutte contre des organismes nuisibles réglementés (présence de bactéries de quarantaine ou de nématodes sur repousses de pomme de terre, par exemple), le glyphosate est autorisé à la dose de 2880 g/ha

par campagne. Les modalités pratiques de la lutte réglementée ne sont, cependant, pas encore bien définies.

Une réglementation similaire pour les annuelles, les invasives et les vivaces

Les nouveaux usages autorisés par l'ANSES dépendent de la technique de travail du sol, de la culture suivante et du type de sol. Si cette nomenclature répond à une certaine logique pour la gestion des annuelles, elle sera limitante sur les vivaces puisque le labour est loin d'être un moyen de gestion très efficace de celles-ci. Toutefois, l'application par taches, en respectant la dose maximale moyenne de 1080 g par hectare, est possible et peut gérer de nombreuses situations où l'infestation n'est pas généralisée. Le maintien des autres usages de ces produits à base de glyphosate dans les AMM dépendra des dossiers soumis à l'évaluation par les firmes.

Pour les herbicides à base de glyphosate dont l'AMM est retirée, un délai de grâce de six mois pour la vente, et de douze mois pour les utilisations, s'applique à compter du retrait. Pour les nouvelles AMM (les premières ont été délivrées dès le 30 septembre 2020), les nouvelles conditions d'usage s'appliquent désormais (tableau 1 p.48). Par exemple, les applications de printemps d'un nouveau produit sur labour reverdi sont interdites dès la publication de l'AMM, sauf sur labour précoce en sol hydromorphe.

En revanche, pour les produits faisant l'objet d'un renouvellement d'AMM, la firme dispose d'un délai de grâce de six mois à compter de la date de ce renouvellement pour mettre en conformité les étiquettes avec la nouvelle réglementation. Durant ce délai, pour les produits déjà en stock, ce sont les conditions de l'ancienne étiquette qui s'appliquent. Enfin, pour les produits en cours de renouvel-

« Lorsqu'il est autorisé en interculture, réserver le glyphosate aux cas les plus difficiles. »



PRÉCISION DE SEMIS

FACILITÉ DE RÉGLAGE

Large gamme de châssis de 37,5 cm à 80 cm disponible en écartement variable.

ENREGISTREZ-VOUS VITE SUR MY.KVERNELAND.COM



ÉLÉMENT SEMEUR HD-II



Entraînement électrique 100% ISOBUS

Gamme Semoirs de Précision
Kverneland Optima



1080 g/ha

C'EST LA DOSE MAXIMALE DE GLYPHOSATE AUTORISÉE PAR AN (HORS LUTTE OBLIGATOIRE).



Appliquer du glyphosate sur les adventices non enfouies ou ayant relevé sur labour sera bientôt interdit, sauf en cas de labour précoce sur sol hydromorphe avant culture de printemps.

lement, ce sont bien les conditions mentionnées par leur étiquette qui s'appliquent et ce, jusqu'à la sortie de la nouvelle AMM.

Des difficultés sont anticipées dans la gestion des vivaces et des plantes invasives non réglementées

En présence de vivaces ou de plantes invasives avant l'implantation d'une culture d'hiver ou de printemps, deux impasses sont identifiées. Dans les situations labourées, le glyphosate

sera en général interdit (hors labour d'été ou de début d'automne en sols hydromorphes avant cultures de printemps). Or, l'efficacité du labour est loin d'être totale sur ces cibles. D'autres leviers sont à imaginer : gérer certaines vivaces dicotylédones avec du 2,4D ou avec des herbicides-relais en cultures, effectuer un ou des déchaumages au cours de l'interculture, etc...

Lorsque le glyphosate est autorisé (en non labour ou en labour d'été ou de début d'automne en sols hydromorphes, avant une culture de printemps), une application de glyphosate à la dose de 1080 g/ha peut être limitante pour les graminées vivaces de type chiendent, sorgho d'Alep à forte densité, etc., même si l'application par taches en respectant la dose maximale moyenne de 1080 g pour un hectare est possible.

Concernant les adventices annuelles, les besoins d'utilisation de glyphosate sur les parcelles labourées sont en général limités. Il peut y avoir cependant des exceptions, notamment au printemps, si le labour a mal enfoui certaines

adventices (comme de grosses graminées) ou s'il y a eu des relevées d'adventices en hiver ou au printemps sur des labours d'été ou d'hiver.

Les nouvelles AMM n'autoriseront plus la destruction chimique des adventices dans ce cas (sauf en cas de labour d'été ou de début d'automne, en sol hydromorphe et avant une culture de printemps). La gestion mécanique des adventices peut être délicate, notamment s'il s'agit de graminées tallées en climat peu séchant dans le cas d'un semis précoce de cultures de printemps ou d'un semis plus tardif avec un climat assez humide.

En non labour, la dose totale de glyphosate est plafonnée à 1080 g/ha/an. Si l'AMM n'autorise qu'une seule application par campagne et si le couvert n'est pas détruit au dernier moment avant le semis, il faudra privilégier une destruction mécanique du couvert d'interculture et réserver si nécessaire le glyphosate au désherbage avant le semis de la culture de printemps, où les cibles seront plus difficiles à gérer par une destruction mécanique, notamment en présence de graminées. ■

NOUVELLES CONDITIONS D'USAGE EN INTERCULTURE : les usages retirés concernent surtout les situations avec labour

CULTURE À IMPLANTER	Automne		Printemps			
	Labour	Non labour (toutes techniques sans retournement du sol)	Labour		Non labour (toutes techniques sans retournement du sol)	
TRAVAIL DU SOL						
DATES DE LABOUR	Toutes	---	Fin d'automne à printemps	Été ou début d'automne	Été ou début d'automne	---
TYPES DE SOL	Tous	Tous	Tous	Non hydromorphe	Hydromorphe	Tous
CIBLES ANNUELLES (dont couverts)	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage retiré	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)
CIBLES VIVACES	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage retiré	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)
CIBLES INVASIVES	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage retiré	Usage retiré	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)	Usage maintenu (maximum 1080 g/ha par an)
CIBLES DE LUTTE OBLIGATOIRE	Usage maintenu (maximum 2880 g/ha/an) : lutte obligatoire réglementée contre certaines adventices (ambrosies...) ou destruction de repousses de culture en cas de lutte contre des organismes nuisibles réglementés (ex : sur repousses de pommes de terre)					

Tableau 1

Maintien ou retrait des usages du glyphosate pour l'usage « Traitements généraux-Désherbage-Interculture, jachères et destruction de culture » dans les nouvelles AMM. En grandes cultures, ces usages recouvrent la destruction de couverts végétaux d'interculture, de repousses de cultures, d'adventices vivaces, annuelles ou ligneuses, en vue de semer ou d'implanter une nouvelle culture en limitant la concurrence avec les adventices.

GESTION DES ADVENTICES ANNUELLES

DES ALTERNATIVES aux efficacités variables

Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalis.fr



Fanny Vuillemin - f.vuillemin@terresinovia.fr



Sophie Dubois - s.dubois@arvalis.fr

Lise Gautellier Vizioz - l.gautelliervizioz@arvalis.fr



Avec la collaboration de Ludovic Bonin et Damien Brun (Arvalis), et d'Alain Rodriguez (ACTA)



Le système racinaire fasciculé des graminées complexifie leur destruction par dessèchement.

© J. Labreuche - ARVALIS - Institut du végétal

La gestion des adventices sera parfois complexifiée par les nouvelles AMM des produits incluant du glyphosate. Les restrictions de l'usage du glyphosate exigent, en effet, le recours à des alternatives mécaniques, chimiques ou agronomiques. Cependant, ces alternatives présentent toutes des limites qu'il convient de bien connaître.

Les nouvelles autorisations de mise sur le marché (AMM) des produits incluant du glyphosate auront des conséquences variables selon les cibles visées (types d'adventices ou de couverts, stades des plantes...), les situations pédoclimatiques et les systèmes d'exploitation. Pour accompagner au mieux les agriculteurs dans cette transition, les instituts techniques Arvalis et Terres Inovia évaluent l'efficacité et la robustesse des pratiques alternatives dans chacun des usages agronomiques.

Un premier article de synthèse a été publié en 2019⁽¹⁾ où l'ensemble des pratiques avaient été répertoriées et classifiées selon quatre catégories : les mesures prophylactiques, les méthodes culturales, les méthodes physiques

et les méthodes biologiques. Les premiers résultats obtenus sur le désherbage électrique ont également été décrits ultérieurement⁽²⁾. Cet article est consacré uniquement aux pratiques les plus courantes. L'efficacité des principales alternatives est discutée selon les cibles visées et les conditions climatiques (*tableau 1 p.50*). Les différentes opérations décrites ne sont pas applicables dans toutes les conditions ; leur faisabilité dépend du type de sol et de son humidité, de l'occurrence ou non de gelées, etc. Parmi les méthodes citées, c'est le travail du sol qui donne globalement les meilleurs niveaux de destruction. Le résultat dépend du matériel, du climat et de la flore à détruire. Ainsi, les graminées sont les plus difficiles à détruire ; en dehors du labour, elles sont peu sensibles à la plupart des techniques alternatives au

QUELLE EST L'EFFICACITÉ DES LEVIERS MÉCANIQUES SANS TRAVAIL DU SOL ?

Le roulage sur gel permet de casser les tiges des espèces dressées peu lignifiées. Il est surtout utilisé pour détruire certains couverts (féverole, phacélie ou moutarde). Son action est très limitée sur les adventices : les dicotylédones sont peu développées à cette époque et la plupart sont couchées ; et les graminées y sont souvent peu sensibles. Cette technique est peu fiable car soumise à la survenue de gelées - très variable dans la plupart des régions.

Concernant la fauche ou le broyage, leur intérêt est soit de faciliter un travail du sol ultérieur (labour, déchaumeurs à dents), soit de limiter la grenaison des couverts sans travailler le sol. Cette technique n'a pas toujours d'effet probant sur la limitation du salissement des parcelles.

Les rouleaux hacheurs ont un mode d'action sur les couverts assez proche de celui des broyeurs. Le pâturage des parcelles concerne surtout les exploitations en polyculture élevage. Son efficacité est très proche de celle d'une fauche ou d'un broyage. La vigilance envers les adventices toxiques (datura stramoine, morelle noire, galéga officinal...) doit être accrue.

glyphosate. Quant au travail superficiel, son efficacité est très dépendante du climat sur ce type de cible : les conditions doivent être impérativement sèches.

Le nombre et le spectre des herbicides autorisés pour l'interculture est encore très limité

Les perspectives d'offre de substances actives pour remplacer le glyphosate sont minces à court terme, notamment si l'on vise une efficacité sur les graminées. En effet, actuellement, les deux seules substances actives de synthèse homologuées pour l'interculture - le 2.4 D et le Dicamba - ont uniquement un spectre anti-dicotylédones.

Le seul bioherbicide actuellement autorisé

EFFICACITÉ DES LEVIERS ALTERNATIFS : vivaces et graminées risquent de poser problème

	MÉTHODES CHIMIQUES			MÉTHODES PHYSIQUES								AUTRES MÉTHODES			
	Glyphosate	Herbicides avec AMM actuelle	Méthode chimique Biocontrôle	Labour	Travail du sol superficiel sur 0-8 cm (3) Temps séchant	Travail du sol superficiel 0-8 cm (3) Temps peu séchant	Travail du sol superficiel sur 0-8 cm (3) Temps humide	Travail du sol superficiel sur 8-15 cm (3) Temps séchant	Travail du sol superficiel sur 8-15 cm (3) Temps peu séchant	Travail du sol superficiel sur 8-15 cm (3) Temps humide	Broyage, Rolo faca, Rouleau hacheur	Rouleau lourd sur gel (T° < -3°C)	Gel	Désherbage électrique	Pâturage
Vivaces dicotylédones (partie souterraine incluse)															
Vivaces graminées (partie souterraine incluse)															
Graminées (stade 1-3 feuilles)			(1)										< -15°C		
Graminées (stade tallage ou montaison)			(1)										< -15°C		
Graminées (stade fin montaison, épisaison)			(1)												
Dicotylédones (stades cotylédons à 2-3 feuilles)		(2)	(1)												
Dicotylédones (stades > 3 feuilles)		(2)	(1)												
Gaillet et geranium (stades > 3 feuilles)		(2)	(1)										< -15°C		
Couverts dicots : radis fourrager			(1)										-8 à -13°C		
Couverts dicots : vesce ou féverole fleuries			(1)										-5 à -10°C		
Couverts dicots : moutarde ou phacélie développées			(1)										-5 à -10°C		
Couverts dicots : niger, tournesol, sarrasin			(1)										0 à -4°C		
Couvert permanent (luzerne, trèfle blanc...)															
Destruction des prairies ou jachères															
Régulation des jachères			(1)												

Tableau 1

Efficacité de différentes techniques de destruction des couverts végétaux et des adventices. (1) Contrainte économique (>300 €/ha) et logistique (16 l/ha). (2) Seule l'addition de plusieurs substances actives permettrait de retrouver un spectre large mais inférieur au glyphosate. (3) Travail superficiel sur 100% de la surface du sol.

en grandes cultures est l'acide pélargonique (Beloukha), lui aussi efficace essentiellement sur dicotylédones. Son action de contact est rapide mais brève : les symptômes sont visibles généralement seulement quelques heures après application, puis les efficacités observées décroissent au fil du temps. En effet, l'effet contact implique que si les apex ne sont pas touchés, les adventices traitées sont capables de continuer leur croissance. Ce type de produit nécessite donc plusieurs passages, pour une efficacité finalement plus limitée que celle du glyphosate et un coût très largement supérieur.

Le travail du sol, principal outil de gestion des annuelles

On distinguera le travail du sol profond (retournement du sol à l'aide d'une charrue et enfouissement des adventices) des opérations plus superficielles (déracinement des adventices, voire enfouissement des plantules). L'enfouissement des adventices et des couverts avec une charrue assure en général leur destruction totale. Les couverts végétaux développés et hauts ont cependant souvent besoin d'être broyés au préalable. Néanmoins, la destruction des adventices par ce moyen est plus difficile dans certains sols se retournant mal, comme les sols pierreux superficiels ou argileux plastiques.

Il est également possible que les labours réalisés entre l'été et le début d'hiver puissent « reverdir ». Il faudra alors détruire ces nouvelles adventices en sortie d'hiver ou avant semis, en profitant de la préparation du lit de semences. Toutefois, cela peut être délicat avec des graminées tallées et un climat peu séchant.

Le réglage de la profondeur de travail est un levier crucial pour bien déraciner les adventices.

De même, cette opération peut dessécher le lit de semence ou, en sols argileux, remonter des mottes et causer des problèmes de levée de la culture.

Pour détruire les adventices efficacement par un travail superficiel du sol, il est nécessaire de travailler 100 % de la surface, pour que toutes les adventices soient déracinées. L'atteinte de cet objectif dépend du choix du matériel. Les outils à dents équipées de socs larges, travaillant bien à plat et se chevauchant entre eux, sont plus adaptés que les outils à dents équipées de socs étroits ou que les outils à disques (tableau 2).

Il faut aussi prendre en compte la profondeur de travail réalisée, puisqu'un outil créant un profil irrégulier peut cependant donner satisfaction s'il travaille suffisamment profond. Il en est de même avec des adventices développées bien ancrées dans le sol : le réglage de la profondeur de travail est un levier pour aller déraciner ces plantes. Pour « scalper » 100 % des adventices, il est indispensable de réaliser un mini-profil au champ pour valider que la

ALTERNATIVES MÉCANIQUES : travailler le sol superficiellement nécessite des matériels spécifiques

	Destruction des repousses et adventices selon la profondeur de travail
 Aptitude bonne	
 Aptitude moyenne	
 Aptitude faible	
Herse de déchaumage	1-3 cm
Bêches roulantes	3-5 cm
Déchaumeurs à disques indépendants	3-5 cm (A)
	6-10 cm
Vibrodéchaumeurs	3-5 cm (D)
Déchaumeur à trains de disques	6-10 cm
Cultivateurs à 2 rangées de dents et disques de nivellement	6-10 cm
	10-20 cm
Cultivateurs à 3 rangées de dents et disques de nivellement	6-10 cm
	10-20 cm

Tableau 2

Aptitude de différentes catégories de matériels de déchaumage à la destruction de repousses et d'adventices, en conditions estivales (séchantes). (A) À nuancer selon les angles d'attaques et d'entrure. (D) Nécessité d'intervenir sur des adventices ou repousses peu développées.



La destruction mécanique des adventices s'effectue essentiellement par dessèchement : elles doivent donc être laissées en surface, leurs racines à l'air.

profondeur de travail de l'outil est adaptée et que le travail réalisé est satisfaisant.

De nombreux points de détail au niveau des pièces travaillantes des matériels ont leur importance, comme la rigidité des dents ou le recouvrement entre socs pour les cultivateurs ou les vibro-déchaumeurs. Pour les outils à disques, le diamètre des disques et leurs angles d'attaque et d'entrure impactent leur capacité à faire un travail homogène. Les équipements du déchaumeur sont aussi à regarder de près. La destruction des adventices se faisant essentiellement par dessèchement, il est souhaitable de laisser les adventices en surface, les racines à l'air dans ou sur un sol non rappuyé. La présence d'une herse à l'arrière est alors un atout, au contraire d'un rouleau lourd qui sera



La mise en évidence du fond de travail de l'outil de travail du sol détermine très rapidement si l'objectif de déracinement des plantes est atteint (à droite) ou pas (à gauche)

plus adapté aux faux-semis, pour faire lever de nouvelles adventices. En l'absence de rouleau, le contrôle de profondeur doit se faire par des roues positionnées à l'intérieur du châssis, et dont les traces seront reprises par des dents. Bien évidemment, la destruction des adventices n'est qu'un objectif parmi d'autres pendant l'interculture. Le choix des matériels doit aussi prendre en compte ces autres considérations : la gestion des pailles, le contrôle des limaces, la préparation du lit de semences, les faux-semis...

Obtenir un lit de semences propre après un couvert végétal

Plus le couvert produit de la biomasse et plus il couvre le sol rapidement, moins la biomasse des adventices et des repousses du précédent est importante : c'est ce que confirme une synthèse de 765 données d'essais menés par Arvalis et plusieurs partenaires des projets RAID et VANCOUVER (CREABio, Terres Inovia, Océalia, Vivadour, lycée agricole de Fondettes et chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire). La compétition pour la lumière semble être le

principal mécanisme en jeu.

La moutarde blanche et le sorgho sont ainsi capables de réprimer fortement la croissance des adventices. Les légumineuses annuelles sont parmi les moins efficaces, en raison de leur plus faible vitesse de couverture du sol. Les associations d'espèces ont donné des résultats très variables selon les espèces qui les composaient et leur densité de semis. Les mélanges comprenant des espèces à couverture du sol rapide et semées à la bonne densité se sont révélés aussi performants que les meilleures espèces pures. Cette synthèse a également montré que si les couverts développés restreignent la biomasse des adventices et des repousses, ils ne limitent que rarement le nombre de ces plantes. La masse de chaque adventice est nettement réduite, ce qui limite d'autant son potentiel de production de semences et la rend plus sensible à des moyens de destruction comme un travail du sol superficiel. Cependant, il est probable que certaines de ces adventices pourront « repartir » si le couvert est seulement broyé ou couché. C'est pourquoi il est impossible de réaliser un semis direct sous couvert en l'absence de glyphosate, la plupart des couverts n'étant pas assez étouffants pour faire totalement disparaître la flore adventice.

Si le glyphosate ne peut être utilisé pour détruire les couverts, il est important de choisir les espèces de ce dernier en conséquence. En l'absence de labour, certaines espèces annuelles comme les céréales, le trèfle incarnat, la navette ou le radis fourrager peuvent être difficiles à détruire par broyage ou par travail superficiel du sol (tableau 3).

Adapter la rotation culturale

Si l'usage du glyphosate est restreint et que l'on souhaite limiter autant que possible le travail du sol, la rotation culturale est un levier d'action essentiel, tout d'abord, pour la gestion des

COUVERTS : adapter le mode de destruction aux espèces semées

	Gel	Rouleau lourd sur gel	Broyeur, Rolo faca, Rouleau hacheur	Charrue	Outil de déchaumage	Glyphosate	Glyphosate + 2,4D
Moutardes blanche et brune	-5 à -10°C						
Radis fourrager							
Radis chinois							
Colza, Navette							
Niger	0 à -2°C						
Tournesol	-2 à -4°C						
Sarrasin	-3 à -5°C						
Phacélie	-5 à -13°C						
Moha	-2 à -4°C						
Sorgho fourrager	-2 à -4°C						
Seigle, Seigle forestier, RGI							
Avoine d'hiver, Triticale							
Avoine de print., Avoine rude							
Vesces de printemps	-5 à -10°C						
Féverole et pois de printemps	-8 à -10°C						
Trèfle Alexandrie	-7°C						
Trèfle incarnat							

Tableau 3

Sensibilité des espèces de couverts à différents modes de destruction.



Un couvert sensible à la destruction mécanique est une alternative à l'utilisation de glyphosate facile à mettre en œuvre.

© J. Labrie - ARVALIS-Institut du végétal

graminées adventices. Celles-ci sont, en effet, complexes à détruire sans retournement du sol, notamment pendant l'automne et l'hiver. Modifier la rotation ou l'enchaînement des cultures peut aussi être un levier pour sécuriser les implantations en évitant le salissement au moment du semis.

Avant de décider de modifier la rotation, il convient d'analyser les possibilités de gestion de cette flore adventice si le sol n'est pas labouré et si le glyphosate n'est pas souhaité. On identifiera les intercultures les plus infestées d'adventices et suivies d'une période de semis en saison peu séchante comme les semis tardifs d'automne ou de sortie d'hiver, à nuancer selon le climat local (voir *En savoir plus*).

Par exemple, les semis précoces en sortie d'hiver d'orge ou pois de printemps derrière un précédent blé peuvent être très compliqués à gérer. Envisager un autre précédent peut être une solution, par exemple maïs grain, tournesol, sorgho grain ou betteraves. Ils laissent souvent des sols moins infestés en graminées qu'un précédent blé. Cela facilite les choses avant des cultures qui ne bénéficieront quasiment jamais d'un temps suffisamment séchant avant leur semis pour détruire des graminées tallées. Une autre option pourrait être de positionner le

labour, s'il revient de temps en temps dans la rotation, avant ces cultures semées très tôt en sortie d'hiver.

Concernant les céréales d'hiver, les stratégies de gestion des adventices peuvent différer en fonction du précédent et de la date de semis. Les semis précoces peuvent bénéficier de conditions relativement sèches avant leur semis, quitte à anticiper la destruction des adventices développées. Les semis tardifs n'auront pas cette chance mais certains précédents restent cependant des opportunités de semer sur des sols « propres » (betteraves, pommes de terre, fréquemment maïs grain...). Le blé de colza et, surtout, le semis du colza bénéficient de conditions favorables à la destruction ; il faut cependant être très prudent pour préserver la fraîcheur du lit de semences du colza. ■

(1) Voir l'article « Glyphosate : peut-on s'en passer et avec quelles conséquences ? », Perspectives Agricoles n°468, juillet 2019, p.41.

(2) Voir l'article « Le désherbage électrique : une efficacité dépendant de nombreux facteurs », Perspectives Agricoles n°476, p. 58.

EN SAVOIR PLUS

Davantage de stratégies ont été analysées. Retrouvez ces résultats sur <http://arvalis.info/21g>

ZOOM

DESTRUCTION MÉCANIQUE DES ADVENTICES : leur nature et leur stade jouent un rôle important

Arvalis et Terres Inovia ont étudié les alternatives mécaniques au glyphosate, notamment lors des trois dernières campagnes, et ont caractérisé le pourcentage de destruction des adventices selon l'outil utilisé et sa profondeur de travail, les données météo, les espèces adventices à détruire et leur stade de développement.

Pour caractériser le climat, un indicateur climatique précisant le niveau de dessèchement du sol est calculé, en faisant un bilan hydrique sur cinq jours ; lorsqu'il est négatif, le temps est « séchant ». Proche de la neutralité, il correspond souvent à une pluviométrie nulle ou très faible avec peu d'évapotrans-

piration (pas de pluie mais temps peu séchant). Positif, il correspond à des cas où il a plu le jour du passage de l'outil de travail du sol ou les quelques jours suivants.

La destruction des adventices par un travail du sol superficiel varie selon leur espèce, leur stade et cet indicateur climatique (*figure 1 p.54*).

Les graminées (adventices ou repousses de céréales) sont plus difficiles à détruire que les dicotylédones. Les graminées jeunes sont assez faciles à détruire, quelle que soit la météo. Par contre, les graminées sont difficiles à détruire en conditions humides dès le début de leur tallage, avec des résultats aléatoires. Leur système racinaire assez dense reste souvent attaché aux plantes « scalpées », et la terre qui y adhère rend difficile le dessèchement de la plante dès que le temps est peu séchant, même en l'absence de pluie. À ce jour, nous n'avons pas identifié de sensibilité différente à la destruction mécanique entre espèces de graminées.

Quelle que soit la météo, les dicotylédones annuelles sont faciles à enfouir du stade jeune plantule au stade « 3-6 feuilles » ou rosette. En revanche, il existe des différences de comportement entre espèces de dicotylédones passé le stade « 3 feuilles ». Le gaillet gratteron, la matricaire et le géranium se sont ainsi montrés aussi durs à détruire que des graminées, contrairement à de nombreuses autres dicotylédones comme les repousses de colza, le laiteron rude ou le séneçon commun.

Inutile de travailler le sol très profondément

Les profondeurs de travail des matériels ont été de moins de 5 cm, entre 5 et 10 cm, et jusqu'à 15, voire 18 cm. Bien évidemment, chaque matériel avait sa propre plage de travail optimale.

Globalement, approfondir le travail du sol n'a pas apporté d'efficacité supérieure. En effet, en travaillant plus profond, un outil a tendance à créer plus de mottes, ce qui limite la mise à nu des racines. Par ailleurs, cela tend à enfouir partiellement des adventices plutôt que de les laisser en surface, ce qui limite alors les chances de les voir se dessécher.

Le réglage du matériel doit donc viser à travailler assez profond pour bien déraciner l'ensemble des plantes présentes sur 100 % de la surface du sol, mais pas trop pour faire un travail le moins grossier possible et laisser les adventices en surface. Toutefois, pour gérer des adventices comme des ambrosies qui seraient présentes dans les ornières faites par le pulvérisateur, il peut être nécessaire de travailler à cet endroit-là le sol plus profond, avec un matériel ou un réglage spécifique.

Les comparaisons d'itinéraires techniques réalisées par Arvalis et Terres



Inovia montrent la difficulté de généraliser les conclusions d'un essai, tant elles sont propres à chaque situation en raison des interactions entre la flore, le climat et l'itinéraire technique. Néanmoins, des tendances ont été observées.

- Les itinéraires où il n'a pas été possible de semer sur un sol exempt d'adventices viables au semis étaient, dans la plupart des cas, conduits sans labour et sans glyphosate. Les cultures de printemps y étaient semées assez précocement, entre février et avril, avec des interventions en conditions peu séchantes. La flore comprenait de fortes densités de graminées adventices ou de repousses de céréales.

- La plupart des situations où il a été possible de semer sur un sol exempt d'adventices incluait un labour, ou des semis de blés de colza, ou des semis tardifs de printemps par temps séchant (en mai ou même avril), ou des semis plus précoces (février à avril) mais bénéficiant de conditions assez séchantes pour la saison et d'une flore peu difficile.

Dans certaines situations (ray-grass ou ambrosie, pluie après les interventions mécaniques), le travail du sol substituant le glyphosate avant semis des cultures de printemps a remis en germination des graines qui ont levé ensuite dans la culture. ■

EFFET DE L'ESPÈCE ET DU STADE : au-delà de trois feuilles, les graminées sont difficiles à détruire mécaniquement

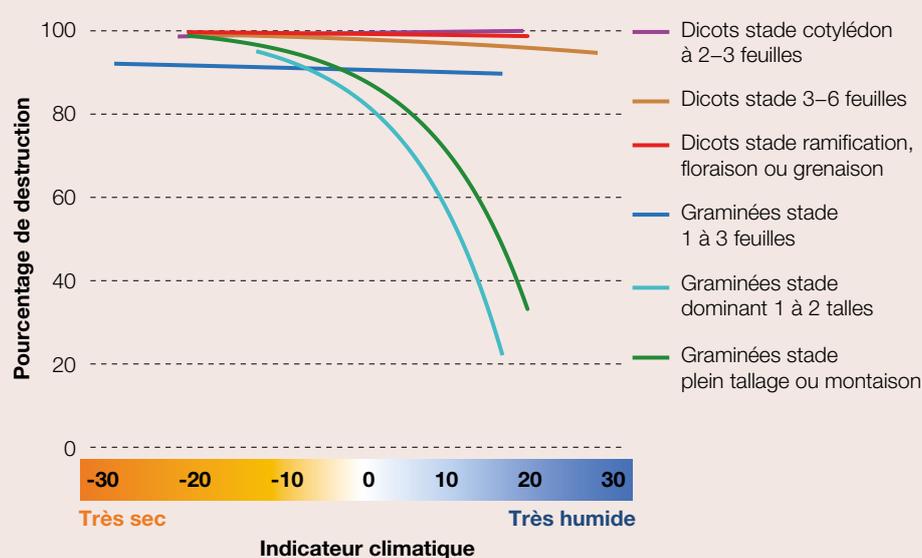


Figure 1

Taux de destruction des adventices ou des repousses par un travail superficiel du sol selon un indicateur de l'humidité du sol, pour deux classes d'adventices à trois stades différents. Indicateur d'humidité : plus le chiffre est positif, plus les conditions sont humides.

L'INTERCULTURE SANS GLYPHOSATE EN PRATIQUE

DES SOLUTIONS proposées au cas par cas

Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalis.fr
 Franck Duroueix - f.duroueix@terresinovia.fr

Fanny Vuillemin - f.vuillemin@terresinovia.fr
 Ludovic Bonin - l.bonin@arvalis.fr

Rémy Duval - duval@itbfr.org
 Coraline Dessienne - c.dessienne@arvalis.fr

Les nouveaux usages autorisés du glyphosate vont renforcer le recours à des alternatives. De nombreuses combinaisons de pratiques sont possibles, qu'il convient de choisir selon la situation agronomique et la flore adventice à gérer. Sept situations-types d'interculture ont été décortiquées par les instituts techniques. L'anticipation reste le maître mot.



Faire appel au travail superficiel du sol pour compenser l'absence de glyphosate s'avère coûteux, tant sur le plan économique qu'environnemental, en raison d'émissions accrues de gaz à effet de serre.

La nouvelle réglementation s'appliquant aux produits à base de glyphosate conduit à réduire l'utilisation de cette molécule, soit en excluant son usage sur certaines parcelles, soit en limitant sa dose à 1080 g/ha sur vivaces, soit en limitant le nombre d'applications à une seule par an (si l'on se réfère aux mentions des

premiers produits homologués fin 2020). Cette réduction des usages amène nécessairement à adapter les pratiques agricoles, afin de garder une maîtrise acceptable des adventices.

Les techniques alternatives sont de différentes natures : travail du sol superficiel ou labour, autres herbicides, rotation culturale... Elles ont des efficacités différentes selon les conditions et les adventices à gérer. Mettre en œuvre telle ou telle technique alternative se décide selon plusieurs critères :

- **La culture suivante** Avec le précédent cultural, elle conditionne la période d'intervention et le climat, qui sera plus ou moins favorable aux adventices et à leur destruction. Sur un plan réglementaire, la culture suivante (d'automne ou de printemps) peut conditionner certains usages du glyphosate (voir l'article « Nouvelle réglementation : ce qui a changé » de ce dossier).

- **Le travail du sol** Selon la conduite de la parcelle ou la période de l'année, il conditionne la nature de la flore adventice présente. Il constitue aussi une technique de lutte contre les adventices pendant l'interculture. Sur un plan réglementaire, la présence ou pas de labour pendant l'interculture détermine la possibilité d'appliquer ou non du glyphosate.

- **Le type de sol et le climat** Ils impactent les pratiques de travail du sol et leurs conditions de réalisation. Le caractère hydromorphe ou non du sol est un critère de la réglementation.

- **La flore adventice** C'est toujours le principal élément de raisonnement des pratiques de désherbage. Les espèces présentes et leur stade conditionnent l'efficacité des différentes pratiques.

Les impacts économiques ou organisationnels entrent aussi en ligne de compte dans le choix des pratiques (zoom).

Voici une ou plusieurs propositions techniques de gestion des adventices pour sept types d'interculture différents, incluant plusieurs cas de figure, notamment selon la flore présente. Ainsi, lorsque c'était possible, la gestion des adventices vivaces (page 61) a été traitée en plus de celle des annuelles car, avec une seule application par campagne autorisée, des choix seront à faire, qu'il convient d'anticiper.

L'anticipation est également essentielle pour prendre en compte le caractère plus ou moins séchant du climat selon la période de l'année. Par exemple, il est important de détruire mécaniquement en fin d'été les graminées développées car l'automne est une période moins favorable à cette destruction. ■

L'arrêt du glyphosate chiffré

Appliqué à cinq exploitations modèles des instituts techniques, le logiciel SYSTERRE a contribué à déterminer quels sont les critères organisationnels, économiques et environnementaux à prendre en compte dans le choix des alternatives au glyphosate.

Une étude des conséquences de la suppression potentielle du glyphosate a été réalisée en 2019 dans le cadre du mémoire ingénieur de Coraline Dessienne. Quatre systèmes de culture des plateformes Syppre du Berry et du Lauragais ainsi que de la ferme de St Hilaire-en-Woëvre ont été simulés. Pour chacun, un scénario de référence a été créé, utilisant du glyphosate à des degrés divers, avec des pratiques variées sur les plans de la rotation culturale (avec ou sans couverts) et des techniques d'implantation des cultures.

Différents scénarios alternatifs ont également été simulés, faisant appel à plusieurs leviers en remplacement du glyphosate : labour, travail superficiel du sol, herbicide 2,4-D, désherbage électrique... Leurs comparaisons ont permis d'analyser les conséquences pour l'agriculteur s'il décidait de se passer totalement de glyphosate.

L'analyse pluricritères (organisationnels, économiques et environnementaux) a été effectuée avec l'outil logiciel SYSTERRE qui simule l'exécution de pratiques sur une exploitation (en fonction de son parcellaire, du parc matériel, des interventions réalisées et des prix des intrants utilisés) puis qui calcule différents indicateurs. La faisabilité des opérations de gestion mécanique des adventices a été évaluée avec le modèle J-DISPO.

Un travail du sol accru peut être une alternative plus coûteuse à tout point de vue

Une des solutions privilégiées pour se substituer à l'action du glyphosate est le travail du sol. Selon les modalités de mise en œuvre, une telle alternative peut entraîner un allongement du temps de travail, une augmentation des charges et un accroissement de l'impact environnemental - notamment les émissions de gaz à effet de serre. Les tendances obser-

vées pour ce levier alternatif dépendent de la situation de référence.

Si celle-ci incluait initialement du labour systématique ou occasionnel avec un usage réduit du glyphosate, les changements de pratiques restent restreints et tous les indicateurs évoluent peu par rapport à la situation de référence. Au contraire, quand le sol était initialement peu travaillé (travail superficiel léger, strip-till, semis direct), l'arrêt du glyphosate a les impacts les plus élevés. Ainsi, en moyenne sur les cinq exploitations, le temps de travail augmente de 55 minutes par hectare (tableau 1) et les charges, de 28 €/ha, en incluant la hausse des charges de mécanisation et les économies liées à la suppression d'un passage d'herbicide total. Les gaz à effet de serre augmentent également (+16 l/ha de fioul, +44 kg équiv. CO₂/ha).

Autre herbicide et/ou labour ponctuel

Comparé au scénario avec substitution du glyphosate par du travail du sol superficiel, l'usage d'un herbicide pendant l'interculture - ici, de l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (ou 2,4-D) - sur une flore sensible (repousses de colza ou lentille, sans graminées) en complément du travail superficiel a globalement peu d'impact sur la rotation.

Il en est de même pour un recours ponctuel au labour. Ce dernier remplace de multiples passages de travail superficiel pendant une interculture longue, assez complexe à gérer sans labour et sans glyphosate. Cela en limite les impacts économiques (tableau 1).

Globalement, les techniques alternatives au glyphosate augmentent les temps de travaux et peuvent remettre en cause l'organisation des travaux sur l'exploitation. L'exigence de certaines opérations vis-à-vis des conditions climatiques est une difficulté supplémentaire, compliquant à la fois la réussite dans la destruction des adventices et l'organisation des chantiers. ■

ARRÊT DU GLYPHOSATE : les temps de travaux sont, logiquement, augmentés

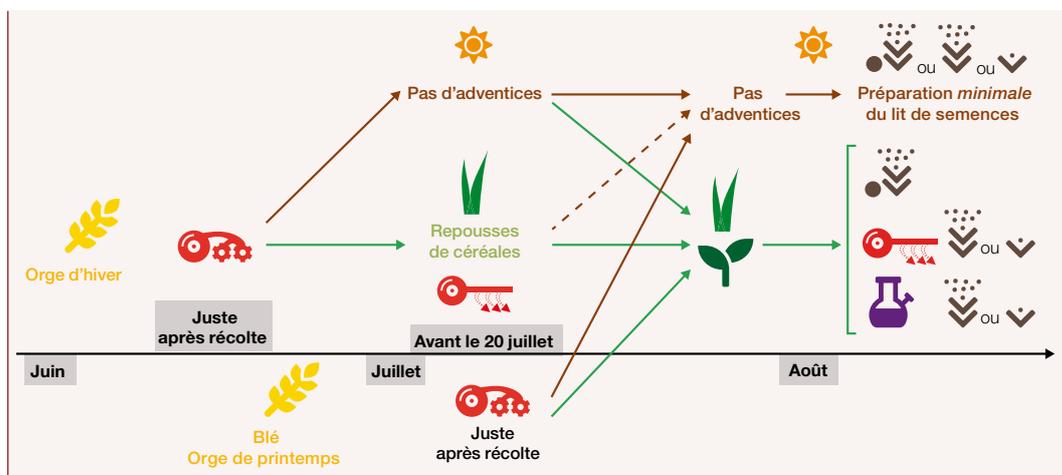
SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE	SCÉNARIO ALTERNATIF	ÉCARTS À LA SITUATION DE RÉFÉRENCE				
		Temps de travaux (mn/ha)	Carburant (l/ha)	Intrants + charges de mécanisation (€/ha)	IFT herbicides interculture	Émissions de GES (kg éq CO ₂ /ha)
Labour systématique ou occasionnel avec glyphosate	Labour systématique ou occasionnel	+ 4	+1	- 1	- 0,1	+ 2
Travail sup., strip-till ou semis direct avec glyphosate	Travail superficiel	+ 55	+16	+ 28	- 0,4	+ 44
Travail superficiel SANS glyphosate	Travail superficiel + herbicide 2,4-D	- 7	- 2	- 2	+ 0,2	- 5
Travail superficiel SANS glyphosate	Travail superficiel + labour occasionnel	+ 2	+ 0	+ 3	0,0	+ 1
Travail sup., strip-till ou semis direct avec glyphosate	Travail sup. + désherbage électrique (0,5 à 1 passage/an)	+ 44	+12	+ 73	- 0,4	+ 32

Tableau 1 Impact de scénarios alternatifs à l'utilisation de glyphosate. Moyennes observées sur cinq exploitations. Le désherbage électrique montre ici ses limites.

AVANT UN COLZA

Dans ce type d'interculture, la période est relativement séchante ; l'enjeu est donc de ne pas trop assécher le lit de semences afin de ne pas pénaliser la levée du colza.

La présence de repousses de céréales justifie à elle seule une destruction mécanique. Si l'été est relativement pluvieux, l'intervention sera facile à réaliser en choisissant une période assez séchante : semer le colza avec un semoir à céréales équipé d'une herse rotative qui détruira les repousses de céréales et les dicotylédones éventuelles (ou utiliser un vibrodéchaumeur qui précèdera un semoir monograine ou pour semis direct). Si la période estivale est très sèche, il est préférable d'assurer l'humidité du lit de semence et la levée du colza. Dans ce cas, en l'absence de glyphosate, reporter le contrôle des repousses après la levée, avec un anti-graminée foliaire et privilégier un semis avec un semoir monograine pour sécuriser la levée.



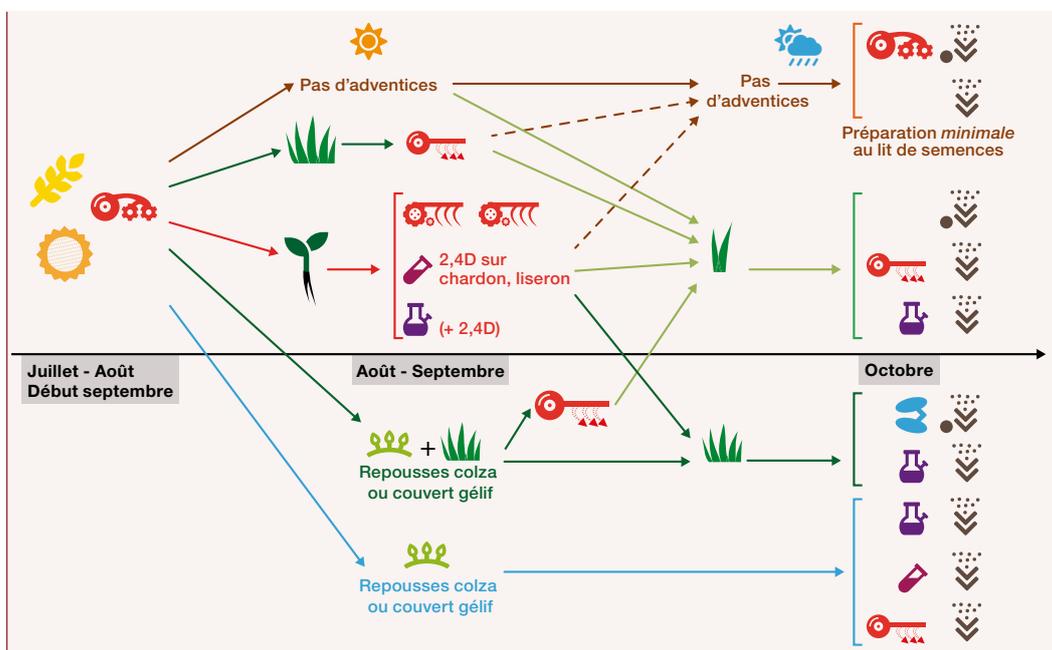
Si le précédent est récolté tôt (comme l'orge d'hiver), on basera la stratégie sur le faux-semis, avec un travail superficiel (disques ou dents) réalisé juste après la récolte. Les premières levées d'adventices seront détruites avec un outil à dents, travaillant sur 5 à 7 cm de profondeur au plus. Cette destruction ne doit pas être réalisée après le 20 juillet pour éviter l'assèchement du sol. Semer le colza à partir de début août.

ENTRE UNE RÉCOLTE D'ÉTÉ ET UNE CÉRÉALE D'HIVER

Cette interculture succédant à une culture récoltée avant mi-septembre, comme le colza ou certaines parcelles de tournesol, débute en général par des conditions estivales séchantes et s'achève avec des conditions devenant moins séchantes.

Si des plantules d'adventices annuelles sont présentes juste avant le semis, suite à des déchaumages ou destructions mécaniques faisant office de faux-semis, les détruire mécaniquement avec un vibrodéchaumeur équipé de pattes d'oie, une herse rotative, etc. Un passage peut être suffisant sur dicotylédones. Sur graminées à moins de « 2 feuilles », deux passages sont en général nécessaires.

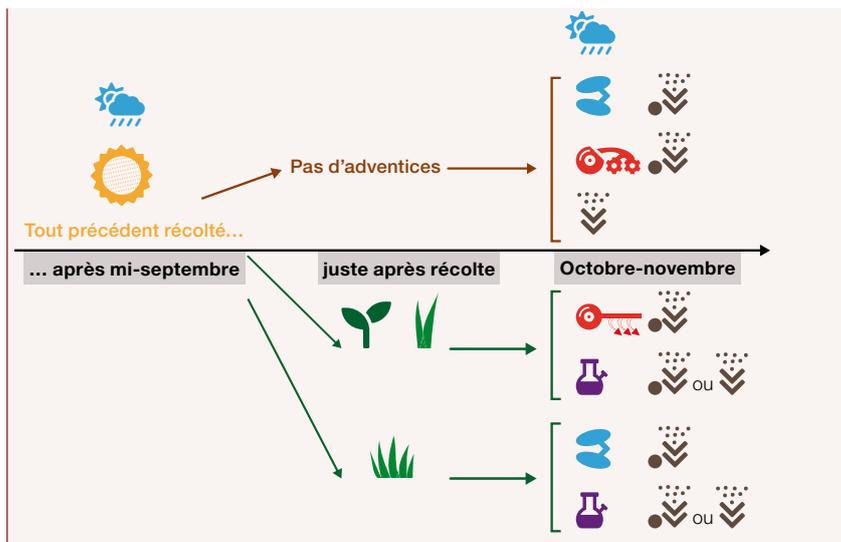
La destruction de graminées développées, impossible en octobre sans labour ni glyphosate pour des raisons climatiques, doit être anticipée. Cela passe par des destructions mécaniques précoces jusqu'à mi-septembre, à adapter selon le climat de la région. Cela oblige à détruire précocement des couverts ou des repousses de colza qui abriteraient des graminées. Seules des repousses de colza exemptes d'adventices peuvent être détruites par un travail superficiel sur toute



la largeur du sol ou par du 2,4-D (en respectant un délai minimum de 7 jours avant semis de la céréale).

Les vivaces peuvent être affaiblies par une application de 2,4-D (chardons ou liserons), des déchaumages répétés dans le sec, ou un glyphosate. Dans ce dernier cas, les dernières AMM ne permettent pas une seconde application sur annuelles.

ENTRE UNE RÉCOLTE D'AUTOMNE ET UNE CÉRÉALE D'HIVER



Durant cette interculture, la météo est souvent peu séchante : les fenêtres climatiques d'intervention peuvent être réduites et l'efficacité du travail du sol sur des adventices difficiles comme des graminées tallées risque d'être moyenne à faible.

En cas de présence d'adventices dicotylédones ou de graminées peu développées, un déchaumage superficiel suivi d'un passage de herse rotative devrait assurer un contrôle satisfaisant de la flore si les jours suivants ne sont pas trop arrosés. En revanche, si les graminées sont développées (début ou plein tallage), mieux vaut envisager un labour ou une application de glyphosate.

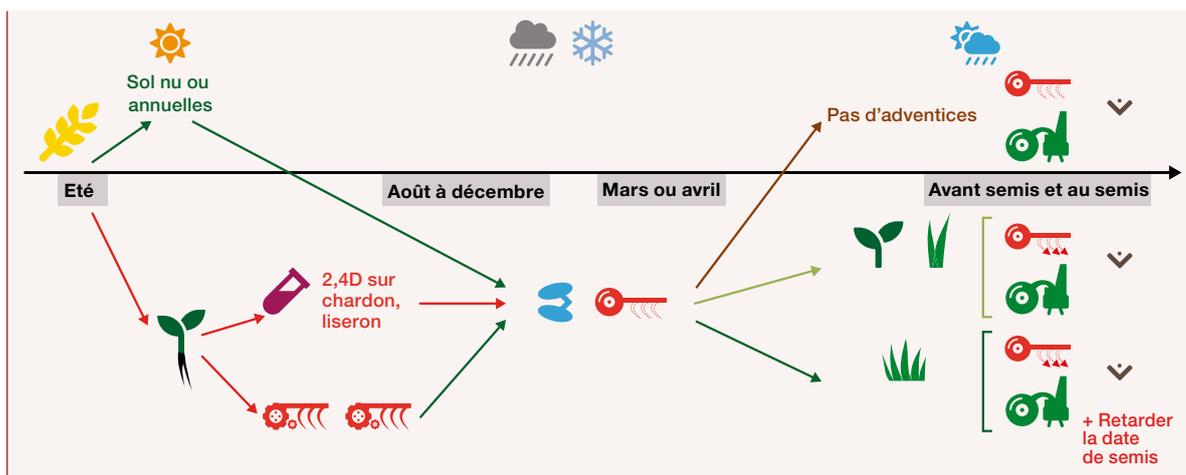
AVANT UN TOURNESOL EN SITUATION LABOURÉE

HORS SOL LOURD HYDROMORPHE

On considère un contexte de labour d'été ou de début d'automne en sol non hydromorphe, ou encore de fin d'automne quel que soit le type de sol, avant une culture de printemps de type tournesol. Si le labour a mal enfoui certaines adventices ou que d'autres ont relevé par-dessus, seule des destructions mécaniques sont autorisées. Une reprise de sol (en sortie hiver ou au printemps) avec un vibroculteur détruit plus ou moins bien le reverdissement de labour et peut faire lever de jeunes dicotylédones printanières si les pluies sont significatives. Selon la flore présente avant semis, la météo et le matériel disponible, envisager un scalpage superficiel avec un vibrodéchaumeur équipé de pattes d'oies (avec bon recouvrement entre les socs) ou avec une herse rotative.

Un décalage de la date de semis laissera le temps de faire des faux-semis (en cas de dicotylédones, notamment d'ambrosie) et de détruire les nouvelles levées, ou de détruire les graminées développées en attendant l'opportunité d'avoir une météo séchante ; attention alors au risque d'assèchement du lit de semences si le semis est retardé à mai, ainsi qu'à la création d'une semelle de travail en cas d'outils équipés d'ailettes en conditions trop peu ressuyées.

En présence de vivaces en été, avant le labour, des déchaumages répétés peuvent être envisagés si l'humidité du sol de l'année le permet. Une application de 2,4-D sur vivaces dicotylédones (chardon, liseron) est aussi possible.



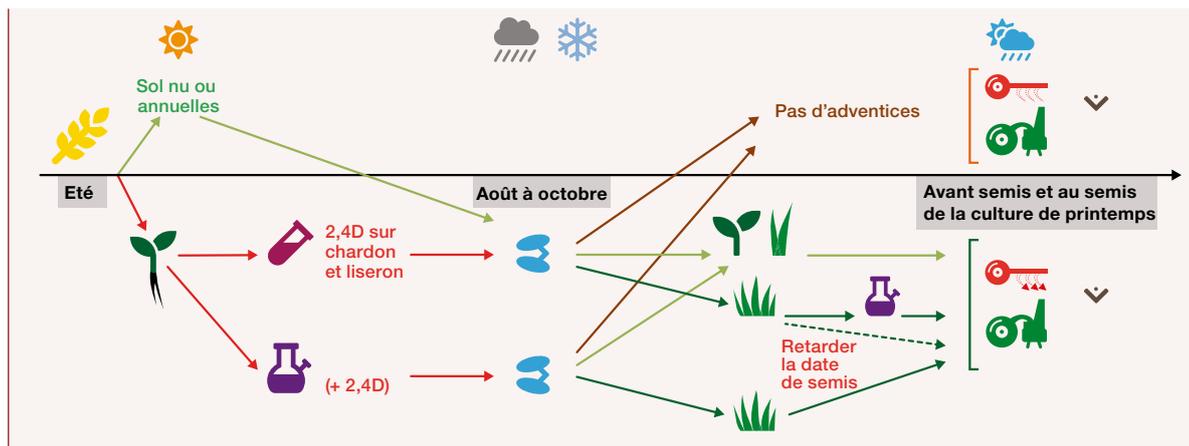
Légende des schémas

Charrue	Déchaumage superficiel avec déchaumeur à disques indépendants	Semoir à socs ou à disques sur herse rotative	Temps sec	Couverts
Herse rotative	Cultivateur à dents et disques de nivellement pour déchaumage profond	Semoir « semis direct » à disques	Temps peu séchant	Graminées
Broyeur axe vertical	Vibroculteur	Semoir monograine	Temps humide	Graminées peu développées
Glyphosate	Vibrodéchaumeur équipé de pattes d'oie		Culture d'hiver	Dicotylédones
Autres herbicides			Culture de printemps	Vivaces

AVANT UN TOURNESOL EN SOL HYDROMORPHE LABOURÉ EN ÉTÉ OU DÉBUT D'AUTOMNE

Dans un sol argileux et hydromorphe, le labour est réalisé le plus tôt possible, dès que l'humidité du sol le permet, en été ou début d'automne. Ces sols ressuyant très lentement, la préparation du lit de semences de la culture de printemps (ex : tournesol, maïs, soja) peut être déjà effectuée en été, dès le labour terminé ; elle sera finalisée au dernier moment avant le semis, en prenant moult précautions car le sol reste toujours « plastique ».

En cas de salissement tardif, au printemps, les très jeunes adventices dicotylédones ou graminées seront assez facilement détruites lors des préparations du lit de semences. Mais le labour ayant été précoce, les adventices sont fréquemment très développées au moment de semer la culture. Leur destruction nécessite un climat séchant et peut dégrader le futur lit de semences en cas de sol plastique. C'est le seul contexte où le glyphosate reste autorisé en cas de labour.



AVANT UN TOURNESOL, SANS LABOUR

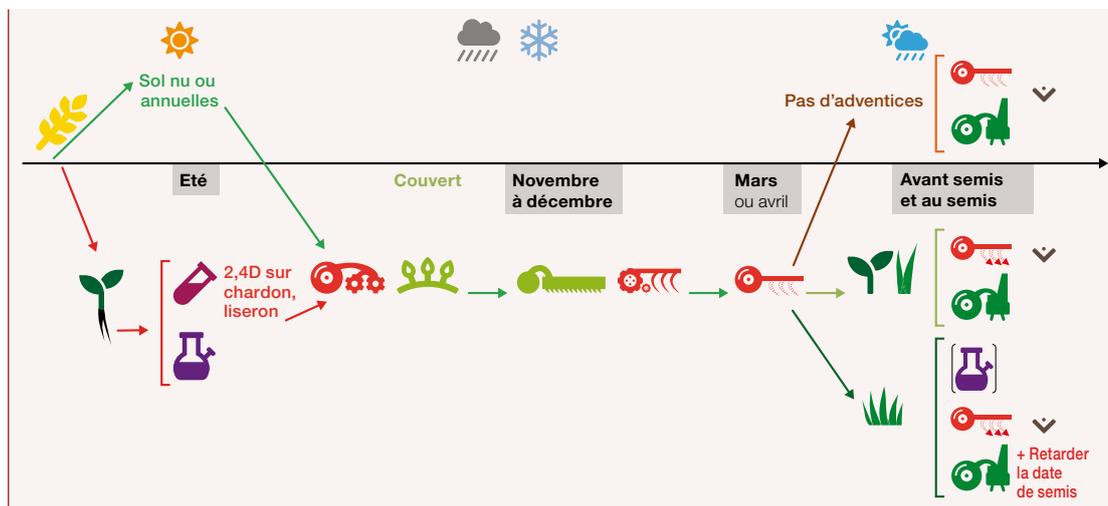
En l'absence de labour, la mise en place d'un couvert est fréquente avant une culture de printemps. En sol argileux, le couvert sera détruit en entrée d'hiver en profitant d'un travail du sol profond qui préparera également le sol pour la future culture. Le climat hivernal favorisera l'émiettement des argiles, et la reprise en sortie d'hiver ou au printemps préparera le lit de semences du tournesol.

Faute de labour, des adventices devraient être présentes à ce stade : graminées et dicotylédones développées ou repousses de couvert. Pour les détruire, choisir un vibrodéchaumeur équipé de pattes d'oies ou augmenter la profondeur du vibroculteur pour la reprise de mars. Si, entre cette reprise de mars et le semis du tournesol, des levées de jeunes dicotylédones printanières ont lieu, les détruire avant le semis par un dernier passage d'outil altérant le moins possible le lit

de semences. En cas de forte pression d'ambrosie ou de tournesol sauvage, le décalage de la date de semis laissera lever ces adventices pour pouvoir les détruire ensuite ; la météo plutôt séchante facilitera cette destruction.

Sans glyphosate, la destruction de graminées tallées sera très dépendante du climat. Plus la culture de printemps sera semée tard, meilleures seront les chances de réussite. Les semis de maïs sans labour et sans glyphosate sont ainsi assez fréquents, avec des semis en avril, voire mai. La gestion des graminées est nettement plus complexe pour des semis en février ou mars (orge, pois, lin...).

Si des vivaces sont présentes dans la parcelle, le glyphosate est autorisé en été pour les affaiblir - mais avec les nouvelles AMM, cela interdira toute intervention chimique au printemps sur des annuelles.



DES VIVACES DANS UNE ROTATION Tournesol-BLÉ



Si du 2,4-D est utilisé pour gérer les adventices vivaces à l'interculture d'une rotation blé-tournesol, éviter de l'appliquer les deux mois précédant le semis du tournesol.

les drageons pour garder le contrôle de ces adventices. Le glyphosate n'était pas le seul levier utilisable jusqu'à présent, mais la nouvelle réglementation remet en cause son usage sur vivaces.

Différents leviers sont mobilisables dans la gestion des vivaces (tableau 2). L'enchaînement de plusieurs leviers limite leur développement. Ainsi, dans le cas du chardon, les déchaumages répétés en été ou début d'automne, en travaillant le sol en dessous des rhizomes horizontaux à l'aide d'outils à dents rigides et équipés de socs larges (ailettes), contribuent souvent à diminuer sa pression. En revanche, le fractionnement et le déplacement des rhizomes créés par les outils à disques entraînent une extension de l'infestation. Les outils à dents vibrantes n'apportent rien. Le labour contribue aussi à limiter la pression des vivaces, de même que la lutte chimique dans les cultures ou pendant l'interculture. Les cultures de céréales sont, notamment, une période à privilégier dans le cas de vivaces dicotylédones.

La rotation culturale est un autre levier à exploiter malgré ses contraintes économiques, car certaines cultures (céréales, chanvre, luzerne...) ont de meilleures aptitudes que d'autres à limiter le développement de certaines vivaces.

La gestion des vivaces, notamment du chardon, est une stratégie d'usure. Aucune intervention ne peut à elle seule détruire leurs parties aériennes et souterraines : on se contente d'affaiblir peu à peu les rhizomes ou

GESTION DES VIVACES : enchaîner les différents moyens de lutte pour les affaiblir

	Leviers utilisables en interculture tournesol-blé	Leviers utilisables dans le blé	Leviers utilisables en interculture blé-tournesol	Leviers utilisables dans le tournesol	Autres leviers utilisables
CONDUITE	Avec labour avant le blé et le tournesol	Labour 2,4-D	Hormones ou sulfonyles	Labour 2,4-D en été Déchaumages répétés en été	Sulfonyles avec variétés tolérantes aux herbicides Allonger la rotation en introduisant des cultures limitant les chardons
	Avec labour avant le blé	Labour 2,4-D	Hormones ou sulfonyles	Glyphosate en été (seul ou avec 2,4-D) 2,4-D en été Déchaumages répétés en été	Sulfonyles avec variétés tolérantes aux herbicides Allonger la rotation en introduisant des cultures limitant les chardons
	Avec labour avant le tournesol	Glyphosate (seul ou avec 2,4-D) 2,4-D	Hormones ou sulfonyles	Labour 2,4-D en été Déchaumages répétés en été	Sulfonyles avec variétés tolérantes aux herbicides Allonger la rotation en introduisant des cultures limitant les chardons
	Sans labour	Glyphosate (seul ou avec 2,4-D) 2,4-D	Hormones ou sulfonyles	Glyphosate en été (seul ou avec 2,4-D) 2,4-D en été Déchaumages répétés en été	Sulfonyles avec variétés tolérantes aux herbicides Allonger la rotation en introduisant des cultures limitant les chardons

Tableau 2 Leviers les plus efficaces ou faciles à mettre en œuvre pour lutter contre des vivaces dans une rotation blé-tournesol. En gris : leviers secondaires.

Légende des schémas

