

Végéphyll – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

EVOLUTION DES PROBLEMES MALHERBOLOGIQUES A L'ADOPTION
DU SEMIS DIRECT SOUS COUVERT

D. DERROUCH, B. CHAUVEL, E. FELTEN, F. DESSAINT

Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté,
F-21000 Dijon, France

Contact : damien.derrouch@inra.fr

RESUME

Le semis direct sous couvert regroupe un ensemble de pratiques appliquées simultanément en vue de répondre à trois principes : réduction totale du travail du sol, couverture optimale des sols et diversification de la succession culturale. Cette approche représente, en France, une stratégie innovante qui semble convaincre de plus en plus d'agriculteurs. En se privant du travail du sol, la gestion des adventices en semis direct sous couvert devient plus complexe, ce qui limite l'adoption généralisée du semis direct sous couvert. Afin d'éclairer les problèmes malherbologiques rencontrés en semis direct sous couvert, un questionnaire en ligne à destination des agriculteurs a été diffusée en France. Les adventices les plus problématiques (trois à cinq) étaient demandées pour différents moments : avant adoption du semis direct sous couvert, post adoption et lorsque la gestion des adventices est considérée comme maîtrisée par les agriculteurs. 425 réponses complètes ont été enregistrées. Avec un pourcentage de citations qui diminue dès l'adoption du semis direct sous couvert, les espèces adventices annuelles restent problématiques pour les agriculteurs dans ce système. Les pourcentages de citations pour les espèces à cycle de vie pluriannuel augmentent à l'adoption du semis direct sous couvert puis à la maîtrise du système. Les chardons (cirses) deviennent le taxon le plus problématique cité par les agriculteurs.

Mots-clés : enquête ; transition agronomique ; questionnaire en ligne ; flore adventice ; changement de flore

ABSTRACT: Evolution of weed problems when adopting direct seeding under cover

Direct seeding under cover combines systems with almost total reduction of tillage, optimal soil cover and diversification of rotation. This set of systems represents in France an innovative strategy adopted each year by more and more farmers. Without tillage, weed control becomes a challenge for farmers and weeds an obstacle for the system spread. In order to clarify the weed problems encountered after the adoption of direct seeding under cover, a farmer survey was broadcast in France. Most problematic weeds (tree to five) were asked for different times: before adopting direct seeding under cover, after the adoption and when the system is considered as a controlled system when referring to weed management. 425 French completed answers were recorded. Since direct seeding under cover is adopted, annual weed become less cited by farmers but still represent a large part of weed problems. Certain weeds with a multiannual cycle seem to cause more and more problems. According to farmers, thistles become the main weed problem in direct seeding under cover.

Keywords: online survey; agronomic transition phase; weed problems; weed community change

INTRODUCTION

Le semis direct sous couvert (SDSC), pratique phare de l'agriculture de conservation, regroupe un ensemble de pratiques culturales répondant à trois principes : (1) une réduction quasi-totale du travail du sol, (2) l'utilisation la plus complète possible d'une couverture du sol, vivante ou morte, temporaire ou permanente et (3) une diversification aussi large que possible de la succession culturale. Les pratiques associées à ces trois principes sont modulées en fonctions des conditions pédoclimatiques, des leviers techniques disponibles (matériel, etc.) mais également des objectifs de chaque agriculteur.

Le développement du SDSC a été facilité par la mise sur le marché des premiers herbicides foliaires non sélectifs et peu rémanents (aminotriazole en 1958, paraquat en 1963, glyphosate en 1975, glufosinate en 1986), substitution efficace à l'absence de travail du sol pour le contrôle des adventices. Adopté dans une optique de protection des sols et de diminution des charges de production (mécanisation, main d'œuvre), le SDSC connaît un fort succès sur les continents américain et australien (Friedrich *et al*, 2012). En France, la diffusion de cet ensemble de systèmes a commencé à partir des années 2000 sous l'impulsion de groupes d'agriculteurs. En 2010, la surface exploitée en semis direct sous couvert en France s'élève à 200 000 hectares (Derpsch *et al*, 2010) et cette approche semble convaincre de plus en plus d'agriculteurs français.

L'adoption du SDSC, implique pour les agriculteurs de modifier une grande part de leur raisonnement et représente un défi agronomique de taille, notamment pour la gestion de la flore adventice. L'abandon du travail du sol et les modifications de l'habitat liées à l'installation d'un couvert végétal influencent l'ensemble des pressions de sélection qui agissent sur la flore adventice. D'après Derksen *et al* (1993) et Buhler (1995), la gestion de la flore adventice représente l'un des principaux obstacles à l'abandon du travail du sol.

Mieux connaître les craintes des agriculteurs est couramment réalisé dans le cadre du développement de nouveaux systèmes ou de nouvelles pratiques (Cordeau *et al*, 2011). Afin de mieux cerner les problèmes liés aux espèces adventices qui apparaissent lors de la phase de transition vers le SDSC, un questionnaire en ligne a été proposé auprès des agriculteurs pratiquant ou ayant pratiqués le SDSC pour couvrir un maximum de la diversité des pratiques utilisées et des conditions pédoclimatiques.

MATERIEL ET METHODE

Enquête

Un questionnaire en ligne à destination des agriculteurs français en SDSC ou ayant eu une expérience dans le système a été élaboré en focalisant les questions sur une caractérisation agronomique et malherbologique (étude des mauvaises herbes) des pratiques agricoles du SDSC. L'outil d'enquête LimeSurvey, disponible en open-source, a été utilisé pour réaliser le questionnaire. Les informations collectées dans cette enquête sont anonymes.

Le questionnaire a pour but de comprendre les choix tactiques et stratégiques réalisés par les agriculteurs en SDSC et la flore adventice ressentie comme problématique dans ce système. Les agriculteurs devaient répondre de manière représentative de l'ensemble de leurs parcelles en SDSC, même s'il est évident que des pratiques adaptées à chaque parcelle peuvent exister au sein de chaque exploitation.

L'enquête était séparée en différentes parties :

- 1) Informations générales sur l'exploitation

- 2) État avant le passage au SDSC (nommé « avant SDSC »)
- 3) État lors des premières années suivant le passage au SDSC (nommé « début SDSC »)
- 4) État lorsque le système est considéré comme « maîtrisé » d'un point de vue de la gestion des adventices (nommé maîtrise SDSC)

L'accès à la dernière partie était contrôlé par une question (« *Pensez-vous avoir atteint la maîtrise du système ?* »). Seuls les agriculteurs estimant avoir atteint une maîtrise du contrôle de la flore adventice pouvaient répondre à cette partie.

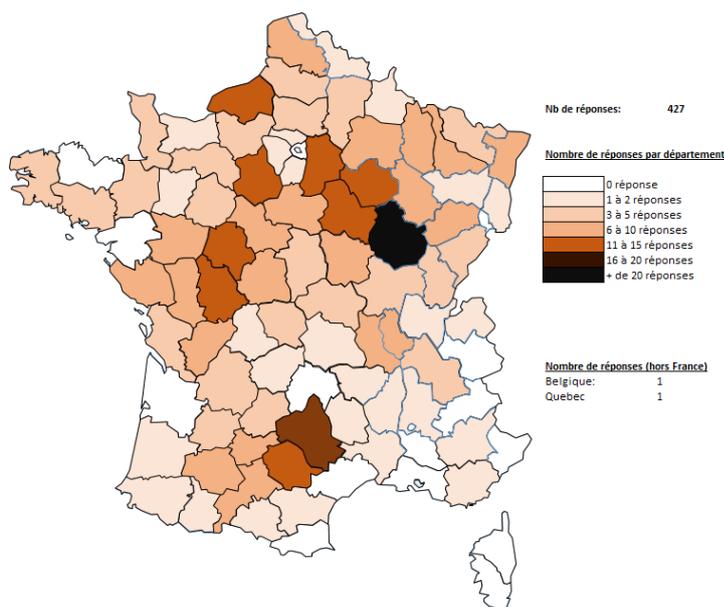
Avant diffusion, le questionnaire a été validé par les partenaires (chercheurs, ingénieurs d'instituts, agriculteurs partenaires). Le questionnaire a été diffusé via les principaux réseaux d'agriculteurs en agriculture de conservation de France, puis par les instituts techniques, les chambres d'agriculture et les sites de communication agricole, enfin via un réseau social (Facebook). Le questionnaire est resté en ligne du 09/11/2018 au 04/03/2019. Vingt à trente minutes étaient nécessaires pour répondre à l'intégralité du questionnaire.

Dans cet article, seules les questions liées aux problèmes malherbologiques ont été traitées. Pour chaque partie, les agriculteurs devaient sélectionner dans une liste de 20 espèces adventices, les 3 à 5 espèces qui leur posaient le plus de problèmes de gestion. Les espèces de la liste sont issues des suivis malherbologiques effectués sur des parcelles en SDSC de la région Bourgogne-Franche-Comté en 2018. Les agriculteurs avaient la possibilité d'ajouter une ou plusieurs espèces non proposées. Certaines adventices sont nommées jusqu'à l'espèce, d'autres sont regroupées par genre.

Données recueillies

425 questionnaires français complets ont été enregistrés sur un total 1167 connexions. La répartition des réponses par département est présentée par la figure 1. La surface en SDSC enquêtée par le questionnaire en France s'élève à 49 500 hectares. La dernière partie a été complétée par 143 agriculteurs.

Figure 1 : Carte de répartition des questionnaires complets
(Distribution map of complete replies to the survey)



55% des agriculteurs ayant répondu sont en système céréalier contre 45% en système de polyculture-élevage. De nombreuses conditions pédologiques sont représentées avec une majorité de sols argileux, argilo limoneux et limono-argileux et une minorité de sols limoneux fins.

L'historique des agriculteurs varie également : avant l'adoption du SDSC, environ 65 % des agriculteurs étaient en Techniques Culturelles Simplifiées (TCS), 30% en système labouré et 5 % en semis direct sans couverture du sol par des végétaux.

RESULTATS

Seules les adventices citées par plus de 5% des agriculteurs dans l'une des trois parties du questionnaire (avant SDSC, début SDSC, maîtrise SDSC) ont été conservées. Sur un total de 55 taxons (espèces ou groupes d'espèces), 22 ont été conservés. Le tableau 1 présente les taxons retenus, ainsi que les pourcentages de citation par les agriculteurs

Tableau I : Liste des taxons adventices problématiques et leurs pourcentages de citations
(Problematic weed flora and percentage of citations)

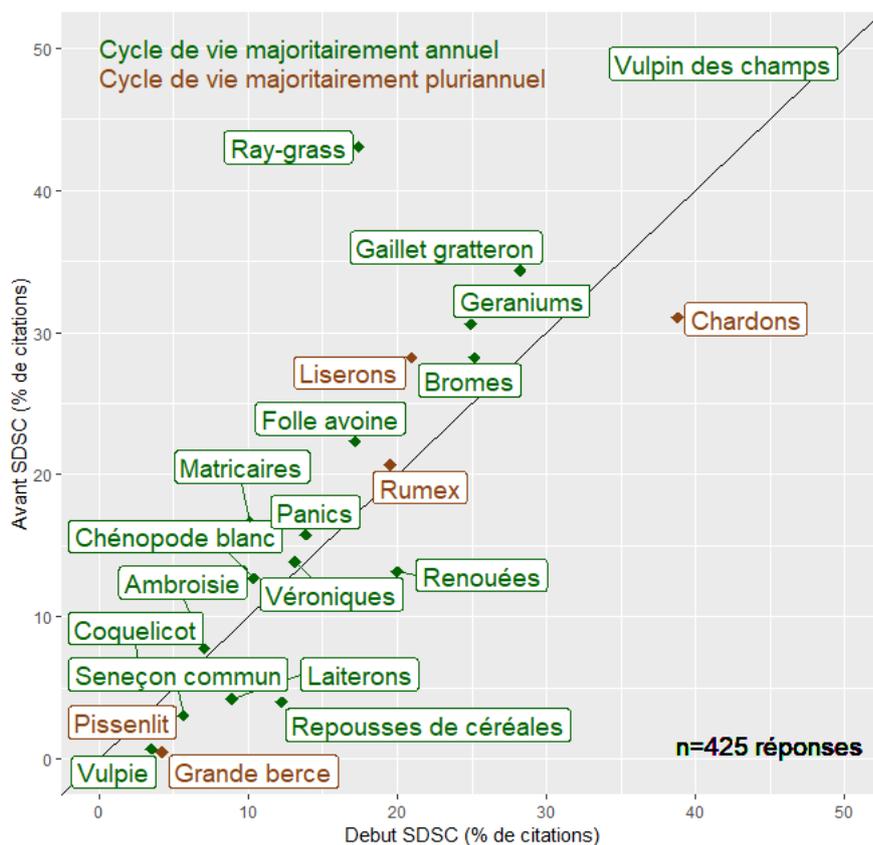
Taxons	Nom latin	Famille	% de citations		
			avant SDSC (n=425)	début SDSC (n=425)	maîtrise SDSC (n=143)
<u>Cycle de vie majoritairement annuel</u>					
Vulpin des champs ¹	<i>Alopecurus myosuroides</i>	Poacées	49	40	29
Ray-grass ¹	<i>Lolium sp.</i>	Poacées	43	17	20
Gaillet gratteron ²	<i>Galium aparine</i>	Rubiacées	34	28	27
Géraniums ²	<i>Geranium sp.</i>	Géraniacées	31	25	22
Bromes ¹	<i>Bromus sp.</i>	Poacées	28	25	17
Folle avoine ¹	<i>Avena fatua</i>	Poacées	22	17	14
Matricaires ²	<i>Matricaria sp., Tripleurospermum inodorata</i>	Astéracées	17	10	8
Panics ¹	<i>Echinochloa sp., Panicum sp.</i>	Poacées	16	14	15
Véroniques ²	<i>Veronica sp.</i>	Plantaginacées	14	13	11
Renouées ²	<i>Persicaria maculosa, Persicaria lapathifolia, Fallopia convolvulus, Polygonum aviculare</i>	Polygonacées	13	20	3
Chénopode blanc ²	<i>Chenopodium album</i>	Amaranthacées	13	10	7
Ambrosie ²	<i>Ambrosia sp.</i>	Astéracées	8	7	5
Coquelicot ²	<i>Papaver rhoeas, Papaver dubium</i>	Papavéracées	5	3	3
Laiterons ²	<i>Sonchus sp.</i>	Astéracées	4	9	13
Repousses de céréales ¹	<i>Triticum sp., Hordeum vulgare, Secale secale</i>	Poacées	4	12	8
Séneçon commun ²	<i>Senecio vulgaris</i>	Astéracées	3	6	6
Vulpie ¹	<i>Vulpia sp.</i>	Poacées	1	4	5
<u>Cycle de vie majoritairement pluriannuel ou vivace</u>					
Chardons (cirses) ²	<i>Cirsium sp., Silybum marianum</i>	Astéracées	31	39	34
Liserons ²	<i>Convolvulus arvensis, Convolvulus sepium</i>	Convolvulacées	28	21	27
Rumex ²	<i>Rumex sp.</i>	Polygonacées	21	20	22
Pissenlit ²	<i>Taraxacum officinale</i>	Astéracées	3	3	6
Grande berce ²	<i>Heracleum sphondylium</i>	Apiacées	0	4	8

Monocotylédone¹, Eudicotylédones²

Au cours des premières années en semis direct sous couvert :

Les agriculteurs avaient la possibilité de sélectionner entre 3 et 5 espèces. Le nombre de taxons problématiques cités par les agriculteurs diminue à l'adoption du SDSC : 5 taxons pour 41% des agriculteurs avant SDSC (18% début SDSC), 4 taxons pour 28% des agriculteurs avant SDSC (26% début SDSC), et 3 taxons pour 31% des agriculteurs avant SDSC (55% début SDSC).

Figure 2: Evolution de la flore adventice problématique à l'adoption du semis direct sous couvert
(Weed flora problem evolution with the adoption of direct seeding under cover)



La majorité des adventices problématiques pour les agriculteurs dans en début SDSC étaient déjà problématiques avant l'adoption du SDSC, mais dans des proportions différentes (Tableau I). La vulpie et la grande berce, citées à moins de 1% avant l'adoption, apparaissent comme des espèces problématiques lors de l'adoption du SDSC.

Les taxons les plus cités suite à l'adoption du SDSC sont des monocotylédones et eudicotylédones annuelles plutôt automnales-hivernales : vulpin des champs (40%),

gaillet gratteron (28%), bromes (25%), géraniums (25%), ray-grass (17%), folle avoine (17%). Certaines adventices à cycle de vie pluriannuel sont également citées comme problématiques: chardons (39%), liserons (21%), rumex (20%). Aucune graminée pluriannuelle (en supposant que la majorité des ray-grass présents dans les systèmes aient un comportement annuel) n'a été citée comme problématique (Tableau I).

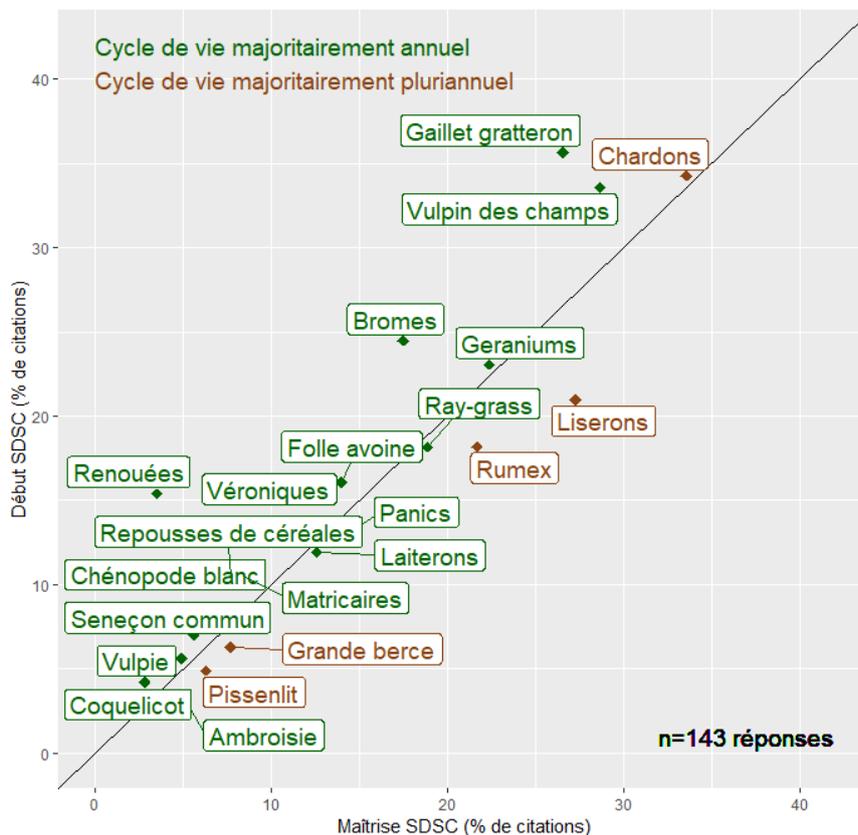
L'intensité du problème malherbologique à l'adoption du SDSC varie en fonction des groupes d'espèces (Figure 2). On constate que pour la majorité des monocotylédones annuelles, les problèmes de gestion diminuent : vulpin des champs (-8%), bromes (-3%), ray-grass (-25%), folle avoine (-5%). À l'inverse, les repousses de céréales et la vulpie deviennent un problème plus important. L'adoption du SDSC ne modifie pas la problématique des adventices estivales telles que les panics. En ce qui concerne les eudicotylédones annuelles, le gaillet gratteron, les géraniums et les matricaires sont moins problématiques (-6%) ainsi que les coquelicots (-3%) en SDSC. La gestion se complique pour les renouées (+6%), les laiters (+4%) et le seneçon commun (+3%). Le pourcentage de citations n'évolue pas pour les véroniques, les chénopodes et l'ambrosie. La problématique des eudicotylédones à cycle pluriannuel ou vivace varie également en fonction des espèces : les pourcentages de citations des

chardons et de la grande berce augmentent respectivement de 8% et 3% à l'opposé des liserons (-8%). La problématique des rumex et des pissenlits ne semble pas évoluer.

Maîtrise du système :

La maîtrise du système, d'un point de vue malherbologique, est atteint, d'après les agriculteurs au bout de 5 ans en moyenne. Cette période varie cependant en fonction de chaque agriculteur (de 2 à 15 ans).

Figure 3: Evolution de la flore adventice problématique à la maîtrise du système
(Weed flora problem evolution with the control of the system)



Pour les 143 agriculteurs qui ont répondu à cette partie du questionnaire, le nombre de taxons cités comme problématiques a encore diminué. Il varie de 1 à 5 ; pour 18% des agriculteurs les problèmes malherbologiques ne concernent qu'un ou 2 taxons. Ils sont 51% à citer 3 taxons, 19% à citer 4 taxons et 12% à citer 5 taxons.

Les adventices les plus citées à la maîtrise du SDSC restent les graminées et eudicotylédones plutôt automnales-hivernales et les plantes à cycle pluriannuel (Tableau I). Un changement s'opère

pendant : dans les systèmes en SDSC maîtrisés, le groupe d'adventices le plus problématique possède un cycle pluriannuel (les chardons, 34 %).

A la maîtrise du système, les eudicotylédones pluriannuelles ont tendance à devenir un problème plus important pour les agriculteurs : +6 % pour les liserons, +3% pour les rumex et +2% pour la grande berce (Figure 3). La problématique des chardons et du pissenlit évolue peu par rapport aux premières années en SDSC. Les problèmes de gestion causés par les adventices annuelles diminuent (vulpin des champs (-5%), bromes (-7%), gaillet gratteron (-9%), renouées (-12%), véroniques (-5%), chénopode blanc (-3%), folle avoine (-2%)) ou restent identiques aux premières années en SDSC. Les repousses des cultures apparaissent également moins problématiques (-3%) à la maîtrise du système.

DISCUSSION

Problématique flore annuelle en semis direct sous couvert :

L'analyse des réponses au questionnaire montre clairement une diminution des problèmes de gestion de la flore adventice annuelle en SDSC. L'absence de travail du sol permet de limiter le développement

des plantes adventices annuelles sélectionnées par des décennies de travail du sol (Norsworthy, 2008). Sans perturbation mécanique, l'enfouissement des semences est réduit et la majorité des semences se retrouvent à la surface du sol, dans des conditions de germination et d'émergence inadéquates pour certaines espèces (Cordeau *et al*, 2015), et sans protection contre les conditions climatiques (gel/dessiccation) et la prédation (Anderson, 2008). La couverture végétale du sol, deuxième principe du SDSC, se révèle efficace pour limiter la germination et l'émergence de certaines adventices annuelles (Dorn *et al*, 2015 ; Cordeau *et al*, 2015 et 2018). En effet, la présence d'un couvert ou de résidus à la surface du sol peut affecter les plantes par le biais de différents mécanismes: biologiques et physiques (température et disponibilité en eau et en nutriments) ou chimique (modification du ratio C/N, substances allélopathiques) (Christoffoleti *et al*, 2007 ; Royo-Esnal *et al*, 2015).

Néanmoins, les adventices annuelles représentent toujours une part importante du problème malherbologique dans les parcelles en SDSC (75% des espèces sur l'ensemble des citations au début SDSC). L'explication la plus plausible est qu'il demeure un certain niveau de perturbation du sol. Cette perturbation peut être mécanique ou biologique. En SDSC, la perturbation mécanique peut provenir de l'ouverture du sillon (semoirs à disques) ou du passage de la dent dans le sol (semoirs à dents) lors des semis de cultures et de couverts. La perturbation biologique peut, quant à elle, provenir d'une plus grande activité biologique des sols en SDSC (Henneron *et al*, 2015). Les vers de terre, qualifiés de «brasseurs du sol» sont un bon exemple (Smith *et al*, 2005) mais une faune plus problématique pour les agriculteurs peut également bouleverser les horizons du sol : rongeurs, taupes, sangliers. La couverture végétale mise en place par les agriculteurs durant l'interculture peut également perturber le sol en surface (système racinaire fasciculé) ou en profondeur (système racinaire pivotant). D'un point de vue malherbologique, ce travail «biotique» du sol peut favoriser l'enfouissement des semences d'adventices présentes à la surface du sol (Wellings, 1968 ; Smith *et al*, 2005) et ainsi les positionner dans des conditions adéquates pour germer.

Les problèmes malherbologiques liés aux espèces annuelles en SDSC peuvent également s'expliquer par l'utilisation d'herbicides. En SDSC, la présence d'une couverture végétale vivante ou morte à la surface du sol peut dans certaines conditions diminuer l'effet de l'application des herbicides de prélevée (par adsorption et par dégradation accélérée) (Locke *et al*, 2002). Pour certaines des espèces problématiques citées par les agriculteurs (bromes, ray-grass, matricaires, laiterons, séneçons, coquelicots, vulpin des champs, folle avoine), des cas de résistances aux principaux modes d'actions (inhibition de l'acétolactate-synthase et de l'acétyl-Coa) sont connus (Heap, 2019). Les résidus et les couverts peuvent également limiter la prédation des semences en surface (Feldman *et al*, 1998) et protéger les semences contre les conditions climatiques durant les périodes défavorables.

Les réductions les plus importantes de problèmes malherbologiques en SDSC concernent les adventices annuelles les plus problématiques : les taxons à périodes de levée plutôt automnales-hivernales : vulpin des champs, gaillet gratteron, bromes, folle avoine. L'allongement de la succession, troisième principe du SDSC, mais levier difficile à mettre en place pour des raisons de rentabilité, pourrait également expliquer la diminution des problèmes créés par ces taxons (Riley *et al*, 1994). Pour les taxons à période de levée indéterminée, comportement qui favorisé en l'absence de travail du sol (Fried *et al*, 2012), la réduction des problèmes malherbologiques semble marquée uniquement à l'adoption du SDSC.

A l'opposé, certaines adventices annuelles trouvent dans les premières années en SDSC un milieu propice à leur développement et génèrent donc une augmentation des problèmes de gestion. C'est le cas de la vulpie, des renouées, des laiterons et des séneçons. L'augmentation des problèmes causés par ces espèces peut s'expliquer de différentes manières: une période de levées étalée dans le temps (Schermer *et al*, 2017) pour la vulpie, une bonne capacité à germer à la surface du sol (Cordeau *et al*,

2018) et un mode de dispersion des semences par le vent (laiterons et séneçons) favorisé par l'absence de travail du sol pour certaines de ces espèces (Derksen *et al*, 1993 ; Légère *et al*, 2011) . Pour la majorité de ces espèces, ainsi que pour les véroniques et chénopodes, les problèmes malherbologiques diminuent une fois le système maîtrisé. Cette tendance peut s'expliquer par une meilleure connaissance et technicité des agriculteurs à la maîtrise du système.

De nombreuses publications mettent en avant les problèmes liés aux repousses (Streit *et al*, 2003). Ces repousses semblent cependant mieux gérées à la maîtrise du SDC.

Problématique des espèces à cycle pluriannuel

Dans la littérature, plusieurs études (Cussans, 1966 ; Trichard *et al*, 2013) s'accordent à dire qu'en l'absence de passage d'un outil mécanique dans le sol, l'établissement et le développement de plantes à cycle pluriannuel sont favorisés. Les résultats du questionnaire confirment cette tendance. Déjà bien présents dans les systèmes avec travail du sol, mais également favorisés par un mode de dispersion anémophile de leurs semences (Gaba *et al*, 2017), les chardons deviennent les adventices qui posent le plus de problèmes en SDSC. Les chardons sont cependant sensibles à la concurrence (Cussans, 1966 ; Graglia *et al*, 2006), ce qui pourrait expliquer pourquoi leur problème de gestion n'augmente pas à la maîtrise du système. La grande berce, adventice des prairies bien connue des agriculteurs de la fin du XXe siècle (Fron, 1917) fait quant à elle son apparition en tant qu'adventice problématique en SDSC. A la maîtrise du système, elle pose problème à 11 des 143 agriculteurs (8%).

Le groupe des liserons a un comportement différent des autres taxons. On constate une meilleure gestion des liserons dans les premières années mais les problèmes semblent réapparaître à la maîtrise du SDC. Deux espèces de liserons sont problématiques : *Convolvulus arvensis* (liseron de champs) et *Convolvulus sepium* (liseron des haies). Le liseron des champs, plus commun, est favorisé par l'absence de travail du sol mais il est fortement sensible aux modifications de la rotation (Buhler *et al*, 1994), ce qui pourrait expliquer sa diminution dans les premières années en SDSC. A la maîtrise du système, c'est le liseron des haies, adventice hygrophile connue dans les cultures pérennes qui devient plus problématique dans les cultures d'été (Gala-Czekaj *et al*, 2016).

CONCLUSION

La gestion des adventices en SDSC, identifiée comme un obstacle important aux systèmes sans travail du sol (Derksen *et al*, 1993 ; Buhler, 1995), n'est pas la seule préoccupation qui guide les choix des agriculteurs. Ce questionnaire a montré que la liste des espèces considérées comme problématiques par les agriculteurs varient en taille et en composition selon les phases d'adoption du SDSC. Les problèmes liés aux plantes annuelles, majoritairement les plantes automnales-hivernales semblent diminués au fur et à mesure de la maîtrise en système. A la maîtrise du système, les agriculteurs optimisent les moyens de gestion mis à leur disposition et améliorent la gestion d'autres plantes annuelles mieux adaptées à l'absence de travail du sol (vulpie queue-de-rat, laiterons, renouées, séneçons). Le nombre de citations de plantes annuelles problématiques par les agriculteurs reste cependant élevé en SDSC. En ce qui concerne les plantes à cycle pluriannuel ou vivace, la majorité de ces espèces semble devenir de plus en plus problématiques. Avec 34% de citations par les agriculteurs, les chardons causent le plus de problèmes pour les agriculteurs dans ces systèmes. L'adoption du SDSC fait apparaître de nouvelles problématiques comme la grande berce.

REMERCIEMENTS

Cette enquête a été possible grâce aux financements du programme H2020 IWMPRAISE et de la région Bourgogne-Franche-Comté. Nous remercions, pour leur participation à la diffusion de l'enquête, l'ensemble des réseaux d'agriculteurs (APAD, BASE, GIEE DU SOL EAU SOLEIL, A.O.C Sols, Club AgroEcos, GIEE MAGELLAN, Clé de Sol), les partenaires du projet (Terres Inovia, Arvalis), les représentants des chambres d'agriculture et d'organismes de conseil et le site A2C. Les agriculteurs sont également remerciés pour leur participation.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson R., 2008 - Diversity and No-Till: Keys for Pest Management in the U.S. Great Plains. *Weed Science*, 56, 141–145.

Buhler D.D., 1995 - Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the Central USA. *Crop Science*, 35, 1247–1258.

Buhler D.D., Stoltenberg D.E., Becker R.L., Gunsolus J.L., 1994 - Perennial Weed Populations after 14 Years of Variable Tillage and Cropping Practices. *Weed Science*, 42, 205–209.

Christoffoleti P., de Carvalho S., López-Ovejero R., Nicolai M., Hidalgo E., da Silva J., 2007 - Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. *Crop Protection*, 26, 383–389.

Cordeau S., Guillemain J., Reibel C., Chauvel B., 2015 - Weed species differ in their ability to emerge in no-till systems that include cover crops. *Annals of Applied Biology*, 166, 444–455.

Cordeau S., Reboud X., Chauvel B., 2011 - Farmers fears and agro-economic evaluation of sown grass strips in France. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 463–473.

Cordeau S., Wayman S., Reibel C., Strbik F., Chauvel B., Guillemain J-P., 2018 - Effects of drought on weed emergence and growth vary with the seed burial depth and presence of a cover crop. *Weed Biology and Management*, 18, 12–25.

Cussans G., 1966. The weed problem. In: Robson T.O. *The Eighth British Weed Control Conference; Brighton*, A.R.C Weed Research Organization, Kildington, Oxford, Angleterre, 3, 884–889.

Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L., 2010 - Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3, 1–25.

Derksen D., Lafond G., Thomas A., Loeppky H., Swanton C., 1993 - Impact of Agronomic Practices on Weed Communities: Tillage Systems. *Weed Science*, 41, 409–417.

Dorn B., Jossi W., Van Der Heijden M., 2015 - Weed suppression by cover crops: Comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. *Weed Research*, 55, 586–597.

Feldman S., Alzugaray C., Torres P., Lewis J., 1998 - Gap colonization by weeds in a wheat crop grown under different cultivation regimes. *Weed Research*, 38, 35–45.

Fried G., Kazakou E., Gaba S., 2012 - Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 158, 147–155.

Friedrich T., Derpsch R., Kassam A., 2012 - Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports*, 6, 1–7.

Fron B., 1917 - *Plantes nuisibles à l'agriculture*. Encyclopédie Agricole. 346 p.

Gaba S., Perronne R., Fried G., Gardarin A., Bretagnolle F., Biju-Duval L., Colbach N., Cordeau S., Fernández-Aparicio M., Gauvrit C., Gibot-Leclerc S., Guillemin J., Moreau D., Munier-Jolain N., Strbik F., Reboud X., 2017 - Response and effect traits of arable weeds in agro-ecosystems: a review of current knowledge. *Weed Research*, 57, 123–147.

Gala-Czekaj D., Gąsiorek M., Halecki W., Synowiec A., 2016 - *Calystegia sepium* – an expansive weed of maize fields near Krakow. *Acta Agrobotanica*, 69, 1–9.

Graglia E., Melander B., Jensen R.K., 2006 - Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Research*, 46, 304–312.

Heap I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds [En ligne]. <http://www.weedscience.org/> [consulté le 23 septembre 2019].

Henneron L., Bernard L., Hedde M., Pelosi C., Villenave C., Chenu C., Bertrand M., Girardin C., Blanchart E., 2015 - Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 169–181.

Légère A., Stevenson F.C., Benoit D.L., 2011 - The Selective Memory of Weed Seedbanks after 18 Years of Conservation Tillage. *Weed Science*, 59, 98–106.

Locke M.A., Reddy K.N., Zablotowicz R.M., 2002 - Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology Management* 2, 123–132.

Norsworthy J.K., 2008 - Effect of tillage intensity and herbicide programs on changes in weed species density and composition in the southeastern coastal plains of the United States. *Crop Protection*, 27, 151–160.

Riley H., Børrensen T., Ekeberg E., Rydberg T., 1994 - Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. in: Carter M.R. *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*, CRC Press. Boca Raton, Florida, USA, 23–45.

Royo-Esnal A., García A., Torra J., Forcella F., Recasens J., 2015 - Describing *Polygonum aviculare* emergence in different tillage systems. *Weed Research*, 55, 387–395.

Scherner A., Melander B., Jensen P., Kudsk P., Avila L., 2017 - Reducing tillage intensity affects the cumulative emergence dynamics of annual grass weeds in winter cereals. *Weed Research*, 57, 314–322.

Smith R.G., Gross K.L., Januchowski S., 2005 - Earthworms and weed seed distribution in annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108, 363–367.

Streit B., Rieger S., Stamp P., Richner W., 2003 - Weed population in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Research*, 43, 20–32.

Trichard A., Alignier A., Chauvel B., Petit S., 2013 - Identification of weed community traits response to conservation agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 179, 179–186.

Wellings L., 1968 - Minimum cultivations for cereals on the experimental husbandry farms, in: *9th British Weed Control Conference*, 2. 842–848.