

STOCK DE SEMENCES VERSUS RELEVÉ DE FLORE : COMMENT MESURER LES ÉVOLUTIONS DE LA FLORE ADVENTICE LIÉES À DES MODIFICATIONS DE SYSTÈME DE CULTURE ?

I. MAHE¹, D. DERROUCH², E. VIEREN², B. CHAUVEL^{1,2}

1 : GIS GC HP2E, INRA Transfert, 28 rue du Docteur Finlay, 75015 Paris, France

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

RÉSUMÉ

Le suivi des changements de la composition adventice est une préoccupation majeure lors de la mise en place de nouveaux systèmes de culture. Il se pose toutefois des questions sur la méthodologie à mettre en place pour ce type de travail. L'étude du stock de semences qui représente en théorie la flore potentielle, semble s'imposer comme la façon la plus évidente de caractériser les communautés de mauvaises herbes. Toutefois cette méthode est lourde à mettre en place et nécessite un nombre d'échantillons important. La flore adventice d'une centaine de parcelles conduites en semis direct sous couvert a été étudiée au travers de deux méthodes : un relevé de flore réalisé au printemps et un échantillon du stock semencier à partir de carottes de terre prélevées durant l'hiver. Les résultats des deux méthodes ont été comparés et la méthode des relevés de flore semble être la plus appropriée pour obtenir une caractérisation suffisante de la flore adventice sur des dispositifs de suivi de courte durée. En fonction des objectifs du dispositif expérimental et des moyens humains disponibles, l'étude du stock de semences devient intéressante si l'échantillonnage est suffisant, notamment sur des dispositifs de longue durée sur domaines expérimentaux.

Mots-clés : flore potentielle, flore levée, méthodes d'échantillonnage, semis direct sous couvert, mauvaise herbe

Abstract: *Seedbank versus flora surveys: how to measure changes in weed flora related to changes in cropping systems?*

Monitoring changes in weed community composition is a major concern when implementing new cropping systems. However, there are questions about the methodology to be used for this type of work. The study of the seedbank, which represents theoretically the potential flora, seems to be the most obvious method to characterize weed communities. However, this method is time-consuming and requires a large number of samples. The weed flora of 90 fields were studied by two methodologies: one flora survey carried out in spring and one seedbank survey conducted from soil samples collected in winter. Results of both methods were compared and the flora survey appears to be the most appropriate method for a good characterization of the flora for short term experiments. Depending of the objectives of the experimental set-up and the available human resources, the study of seedbank may be more suitable for long term studies carried out in experimental farms, when the sampling effort is high.

Keywords: potential flora, emerged flora, sampling methods, direct seeding under cover, weed species

INTRODUCTION

La gestion des communautés de mauvaises herbes est amenée à évoluer au cours de ces prochaines années avec une réduction probablement drastique du rôle des herbicides de synthèse dans de nombreux systèmes de culture. S'il existe un certain nombre de pratiques culturales et d'adaptations agronomiques qui permettent, en les associant, d'obtenir des efficacités de désherbage satisfaisantes voire similaires à celles obtenues avec du désherbage chimique, ces pratiques non chimiques peuvent être moins efficaces face à de fortes densités de plantes et sont globalement plus sensibles aux aléas climatiques avec des fenêtres d'utilisation plus courtes.

Dans les sols cultivés, les semences des espèces adventices sont présentes dans l'horizon de sol travaillé (de 0 à 30 cm environ en fonction de la profondeur de travail et de l'historique de la parcelle). La quantité de semences par espèce ainsi que le nombre d'espèces varie de façon considérable en fonction des parcelles (Roberts et Chancellor, 1986). Mieux connaître et déterminer avec précision les adventices présentes dans une parcelle (densité, diversité spécifique) est un des enjeux importants de la transition agroécologique afin de limiter les effets négatifs des pratiques de gestion et d'augmenter l'efficacité des pratiques de régulations biologiques. L'utilisation de plus en plus intensive des herbicides jusqu'au début des années 1990 a entraîné une forte réduction de l'abondance des semences dans les sols. Depuis une quinzaine d'années, la tendance globale à la réduction de l'intensivité des pratiques et de l'utilisation des herbicides de synthèse, semble se traduire aujourd'hui par une ré-augmentation des stocks de semences adventices dans les sols cultivés. Ces tendances sont illustrées par les travaux au Danemark (Andreasen *et al*, 2018 ; Andreasen et Streibig, 2011).

La durabilité des systèmes agricoles est aujourd'hui au cœur des discussions avec différentes solutions agronomiques proposées dont celles regroupées sous le terme 'd'agriculture de conservation'. Dans ce cadre, le semis direct sous couvert (appelé SDSC dans le reste du document) regroupe un ensemble de pratiques culturales répondant à trois principes : une réduction quasi-totale du travail du sol, une couverture du sol plus ou moins permanente par des plantes vivantes ou du mulch et une diversification aussi large que possible de la rotation (Schaller, 2013). D'un point de vue écologique, une des principales conséquences de ce système est liée à l'arrêt des perturbations de la surface. Les semences adventices, au lieu d'être réparties sur la profondeur de travail des outils (charrue, dents de chisel, etc.) se trouvent concentrées dans les horizons de surface du sol (Swanton *et al*, 1999 ; Cardina *et al*, 2002). Les graines sont donc potentiellement plus exposées aux agressions extérieures (prédation et stress abiotiques notamment), mais le potentiel de germination est aussi maximisé.

La dynamique de la flore adventice dans les parcelles à faibles ou très faibles perturbations est encore mal connue. Dans le cadre d'une thèse réalisée dans l'unité, il a été choisi de caractériser la flore de parcelles en SDSC par l'intermédiaire de relevés de flore sur un réseau d'une centaine de parcelles d'agriculteurs. Une autre approche possible aurait été d'estimer le stock semencier à l'aide de prélèvements de sol et d'analyser la flore potentielle résultante des pratiques culturales des dernières années. Dans cette communication nous avons voulu comparer l'information collectée par des relevés de flore (flore levée) et celle collectée par des prélèvements de sol dans les horizons de surface de 90 parcelles menées en SDSC. L'étude de la flore adventice à travers un relevé de flore et un échantillon de stock semencier (appelé ESS dans la suite de l'article) conduit-elle au même résultat ? Quelle serait l'approche la plus adaptée à l'évaluation de la densité et de la diversité spécifique de la flore adventice en SDSC ?

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La comparaison des deux méthodes d'échantillonnage a été réalisée en profitant d'un travail de thèse (Derrouch *et al*, 2018) réalisé sur l'évolution de la flore adventice dans les systèmes en semis direct sous couvert. Le réseau de 90 parcelles en SDSC s'étend sur l'ensemble de la région Bourgogne Franche-Comté, ainsi que sur la Haute Marne (figure 1). Pour l'année culturale 2017-2018, 68 parcelles étaient semées en blé tendre et 22 en soja. Sur chaque parcelle, la zone étudiée (2000 m²) a été localisée par les agriculteurs comme étant la plus représentative de ses pratiques et de ses problèmes malherbologiques. La zone étudiée se situe au minimum à 20 m des bordures.

Figure 1 : Répartition spatiale des 90 parcelles étudiées (Google Maps, 2019)
(Spatial distribution of the 90 studied fields, Google Maps, 2019)



- Stock de semences

Dans le cadre du travail de thèse, il a été choisi d'étudier un grand nombre de parcelles afin de mieux approcher les stratégies agronomiques mises en place par les agriculteurs. Ceci a conduit à adapter le protocole 'stock de semences' et en particulier réduire la quantité de terre prélevée, pour que le travail soit réalisable sur l'ensemble des parcelles étudiées. L'ESS a été réalisé au mois de décembre 2018 dans la zone de 2000 m² sur chacune des parcelles à partir de 14 prélèvements à la tarière de 3 cm de diamètre sur 10 cm de profondeur. Les 14 carottes ont ensuite été rassemblées et mélangées par parcelle, puis stockées dans une chambre froide avant d'être analysées. La surface inventoriée représente potentiellement 100 cm² mais une partie de ce prélèvement a été utilisée pour réaliser des analyses de sol, le reste étant utilisé pour l'étude du stock de semences. Le poids frais des échantillons de terre pour l'étude de stock varie de 400 à 1500 g de terre. La méthode de germination après concentration des échantillons a été choisie pour estimer le stock semencier. Chaque échantillon a été soigneusement homogénéisé et lavé sous jet d'eau à travers différents tamis (mailles de 5 et 0,2 mm) pour ne conserver que les éléments susceptibles de contenir des semences adventices. Les résidus ont ensuite été étalés en couche fine (<0,5mm) sur un voile tergal placé sur des terrines de sable maintenues humides par une coupelle d'eau. Les échantillons ont été placés dans une serre en conditions de lumière naturelle avec une alternance de température 20°C/15°C. Les échantillons ont été brumisés une fois par jour pour éviter tout dessèchement. Plusieurs fois par semaines, les plantules ont été identifiées, comptées et aussitôt enlevées. Les plantules qui n'ont pu être déterminées à un stade jeune ont été replantées en pots individuels pour une identification ultérieure. Cette première période de germination a duré 10 semaines (du 15/01/2019 au 27/03/2019), jusqu'à l'arrêt de nouvelles émergences. Les échantillons ont ensuite été soumis à différentes stimulations afin de

maximiser la levée des graines. Ils ont tout d'abord été séchés à l'air libre pendant une semaine puis stockés en chambre froide (4°C) pendant 3 semaines. Une seconde phase de germination de 11 semaines (du 25/04/2019 au 12/07/2019) a alors suivi en chambre climatique (alternance 18°C/10°C et photopériode 14h/10h). Les échantillons ont été placés dans des boîtes transparentes sur un papier filtre posé sur une couche de billes de verre en présence d'une solution d'acide gibbéréllique (GA₃) à 500mg/L qui stimule la levée de dormance des graines. Le nombre total de semences (somme de la première et seconde phase de germination) a été ramené au poids de terre de 1 kg.

- Relevés de flore

Le relevé de flore utilisé pour cette comparaison est un relevé effectué en début du cycle de culture, période majoritairement étudiée pour décrire la flore adventice. Les relevés dans les parcelles de blé tendre ont été effectués en mars 2018, et en mai 2018 pour les parcelles de soja. Chaque relevé a été réalisé par deux personnes, sur une zone de 2000m² selon un parcours en 'W' (durée comprise entre 35 et 40 min/parcelle). Les plantes présentes sur les parcelles (adventices, couverts, repousses) ont été identifiées. L'abondance a été estimée visuellement à l'aide de la méthode Barralis modifiée (1976), une classe de densité a été attribuée à chaque espèce. La valeur minimale de chaque classe a été retenue pour les analyses.

- Identification des plantes au champ et des plantules dans les échantillons de terre

L'identification de certaines plantes a été réalisée uniquement au genre, lorsque l'identification à l'espèce n'était pas possible (*Amaranthus* sp., *Atriplex* sp., *Bromus* sp., *Centaureum* sp., *Cerastium* sp., *Crepis* sp., *Epilobium* sp., *Erigerons* sp., *Hypericum* sp., *Matricaria* sp., *Oxalis* sp., *Panicum* sp., *Poa* sp., *Raphanus* sp., *Sinapis* sp., *Torilis* sp., *Tragopogon* sp., *Trifolium* sp., *Triticum* sp., *Vicia* sp.). Pour plus de simplicité dans la suite de l'article le terme diversité spécifique sera utilisé, même si certains taxons ne sont déterminés qu'au niveau du genre.

Le terme « adventice » utilisé dans cet article englobe également les espèces provenant des couverts végétaux et des repousses de cultures. Ces espèces n'étant pas souhaitées dans les cycles de cultures (à l'exception des couverts permanents et des cultures associées), elles sont considérées comme adventices. Les noms latins des espèces citées suivent les dernières modifications liées à l'APG IV (Chase *et al*, 2016).

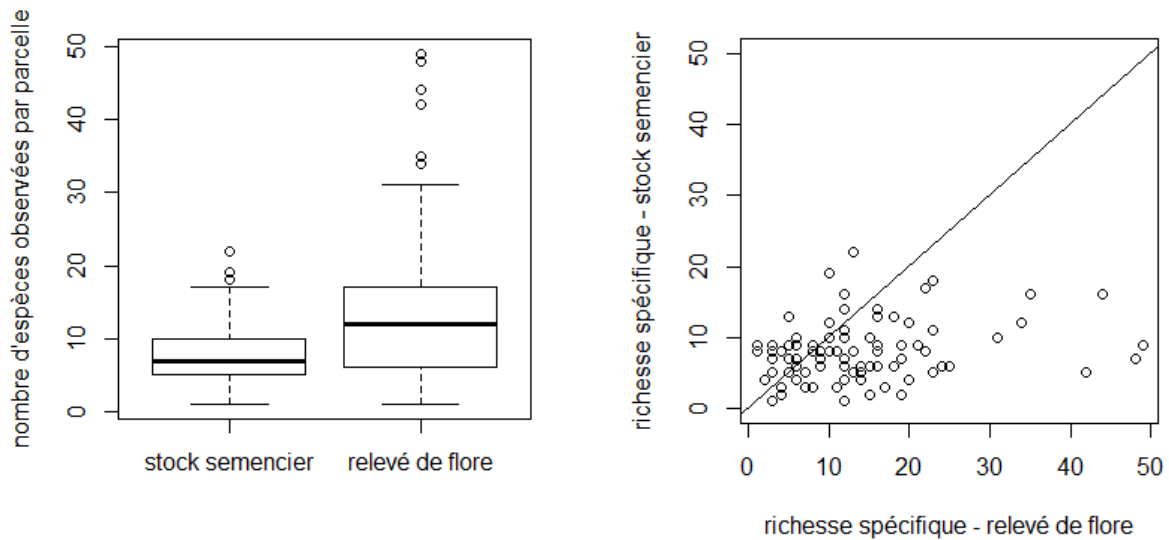
RÉSULTATS

Richesse spécifique parcellaire

L'étude du stock semencier et de la flore levée ont montré une grande diversité entre les parcelles en termes de richesse spécifique. L'estimation du stock semencier a mis en avant 103 espèces (ou groupes d'espèces) au total, avec une moyenne de 7,9 espèces par parcelle. La méthode du relevé de flore a, quant-à-elle, identifié 142 espèces au total avec une moyenne de 13,5 espèces par parcelle (figure 2). Le relevé de flore a donc permis de mettre en avant un plus grand nombre d'espèces que l'ESS. Ce type de relevé de flore apparaît alors plus approprié pour détecter un maximum d'espèces dans une parcelle qu'un échantillon de sol de cette taille. La figure 3 montre que pour 67% des parcelles, la diversité spécifique estimée par la flore levée est plus importante que celle estimée à partir des échantillons de sol. De plus, la forte dispersion observée pour le relevé de flore indique que pour de nombreuses parcelles, les deux méthodes d'étude de la flore adventice fournissent des résultats très différents. Ainsi en moyenne par parcelle, seulement 13% des espèces sont communes entre les deux échantillonnages, 29% sont spécifiques au stock et 58% au relevé de flore.

Figure 2 : Richesse spécifique par parcelle en fonction de la méthode d'estimation (Species richness by field in relation to the methodology used for the estimation)

Figure 3 : Comparaison de la richesse spécifique par parcelle estimée par le stock semencier et par le relevé de flore (Comparison between the species richness by field estimated by the seed bank and the floristic survey)



Fréquence d'observation des espèces dans les parcelles

Sur les 167 espèces identifiées au total, seulement 78 ont été identifiées par les deux approches. Vingt-cinq espèces ont été uniquement observées dans les carottes de sol et 64 espèces uniquement dans le relevé de flore (tableau I). Les espèces absentes des relevés de flore correspondent globalement à des espèces très peu fréquentes dans l'ESS (observées dans moins de 3% des parcelles sauf pour *Geranium pusillum* observé dans 10% des parcelles). Les carottes de sol n'ont permis de mettre en avant aucune espèce arbustive et très peu d'espèces vivaces. Pour environ la moitié des espèces absentes des carottes, elles sont peu fréquentes dans les relevés de flore (observées dans moins de 4% des parcelles). Mais à l'inverse, d'autres espèces observées dans de nombreuses parcelles avec le relevé de flore, n'ont jamais été identifiées dans l'ESS. Pour certaines espèces, en particulier *Taraxacum officinale* et *Cirsium arvense* cela s'explique par leur faible voire très faible densité dans les relevés de flore des parcelles (un seul individu observé sur les 2000m² ou moins de un individu au mètre carré). Il paraît alors logique de ne pas les retrouver dans les ESS au vu de l'effort d'échantillonnage. Il est au contraire plus surprenant de ne pas avoir observé certaines espèces présentes certes dans peu de parcelles mais en très forte densité, comme c'est le cas pour *Anthriscus caucalis* (11-20 plantes/m² observées dans une parcelle) ou encore *Bromus* sp. (présent globalement en faible densité sauf pour 3 parcelles où 3 à 50 plantes/m² ont été observées).

Tableau I : Nombre de parcelles dans lesquelles les principales espèces ont été observées
(Number of species where the most abundant species were observed)

Espèce	Code EPPO	ESS	Relevé de flore
Présentes uniquement dans les relevés de flore			
<i>Taraxacum officinale</i>	TAROF	-	41
<i>Bromus</i> sp.	BROSPP	-	29
<i>Cirsium arvense</i>	CIRAR	-	20
<i>Vicia</i> sp.	VICSPP	-	19
<i>Medicago sativa</i>	MEDSA	-	17
<i>Crepis</i> sp.	CVPSPP	-	16
<i>Hedera helix</i>	HEEHE	-	12
<i>Veronica hederifolia</i>	VERHE	-	11
<i>Festuca rubra</i>	FESRU	-	10
<i>Galium mollugo</i>	GALMO	-	10
<i>Barbarea intermedia</i>	BARIN	-	8
<i>Carpinus betulus</i>	CIPBE	-	8
<i>Cirsium vulgare</i>	CIRVU	-	8
<i>Geum urbanum</i>	GEUUR	-	7
<i>Plantago lanceolata</i>	PLALA	-	7
+ 49 autres espèces		-	≤7
Présentes dans les deux méthodes			
<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	27	55
<i>Galium aparine</i>	GALAP	2	50
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	47	12
<i>Juncus bufonius</i>	IUNBU	45	14
<i>Lolium</i> sp.	LOLSPP	1	37
<i>Sonchus asper</i>	SONAS	36	25
<i>Geranium dissectum</i>	GERDI	9	33
<i>Senecio vulgaris</i>	SENVU	2	32
<i>Lysimachia arvensis</i>	ANGAR	30	9
<i>Matricaria</i> sp.	MATSPP	29	27
<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	21	28
<i>Trifolium</i> sp.	TRFSPP	15	27
<i>Epilobium</i> sp.	EPISPP	17	25
<i>Plantago major</i>	PLAMA	24	7
<i>Geranium columbinum</i>	GERCO	2	27
+ 63 autres espèces		≤21	≤24
Présentes uniquement dans le stock semencier			
<i>Geranium pusillum</i>	GERPU	9	-
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	LYTHY	3	-
<i>Veronica serpyllifolia</i>	VERSE	3	-
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	GASCI	2	-
<i>Persicaria hydropiper</i>	POLHY	2	-
<i>Sagina procumbens</i>	SAIPR	2	-
+ 19 autres espèces		≤2	-

Abondance des espèces

On observe que le rang attribué à chaque espèce en fonction de son abondance varie avec la méthode utilisée (tableau II). L'espèce observée avec la plus grande densité dans les carottes, et de loin, est *Juncus bufonius*. Cette espèce ne se place pourtant qu'au 34e rang des espèces les plus abondantes avec le relevé de flore. On peut aussi citer le cas de *Lythrum hyssopifolia*, la 17e espèce la plus abondante dans les prélèvements de sol, qui est absente des relevés de flore. Inversement, l'espèce majoritaire dans la flore levée au champ, *Alopecurus myosuroides*, n'est située qu'au 8e rang par les ESS.

Tableau II : Densité des espèces les plus abondantes identifiées par les prélèvements de sol et relation avec le rang d'abondance d'après le relevé de flore
(Density of the most abundant species identified by the soil seedbank study in relation to the rank of abundance of the flora survey)

Espèces les plus abondantes dans les prélèvements de sol	Code EPP0	Densité moyenne (min-max) dans les ESS (par kg de terre)	Rang dans les ESS (sur 86 espèces)	Rang avec le relevé de flore (sur 144 espèces)
<i>Juncus bufonius</i>	IUNBU	20,6 (0-361)	1	34
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	2,7 (0-29)	2	31
<i>Lysimachia arvensis</i>	ANGAR	2,4 (0-31)	3	47
<i>Sonchus asper</i>	SONAS	2,0 (0-51)	4	4
<i>Cardamine hirsuta</i>	CARHI	1,8 (0-80)	5	38
<i>Matricaria</i> sp.	MATSPP	1,5 (0-20)	6	24
<i>Plantago major</i>	PLAMA	1,4 (0-45)	7	58
<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	1,4 (0-19)	8	1
<i>Lipandra polysperma</i>	CHEPO	1,4 (0-55)	9	69
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	GNAUL	1,3 (0-30)	10	90
<i>Aethusa cynapium</i>	AETCY	1,2 (0-33)	11	28
<i>Echinochloa crus-galli</i>	ECHCG	1,0 (0-26)	12	13
<i>Erigeron</i> sp.	ERISPP	0,9 (0-24)	13	56
<i>Poa</i> sp.	POASPP	0,9 (0-45)	14	26
<i>Stellaria media</i>	STEME	0,7 (0-32)	15	55
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	CAPBP	0,7 (0-13)	16	42
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	LYTHY	0,7 (0-57)	17	-
<i>Rumex obtusifolius</i>	RUMOB	0,6 (0-32)	18	40
<i>Veronica persica</i>	VERPE	0,6 (0-27)	19	19
<i>Kickxia spuria</i>	KICSP	0,6 (0-8)	20	53
<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	0,5 (0-5)	21	18
<i>Solanum nigrum</i>	SOLNI	0,5 (0-17)	22	51
<i>Geranium pusillum</i>	GERPU	0,4 (0-18)	23	-
<i>Lapsana communis</i>	LAPCO	0,4 (0-22)	24	21
<i>Geranium dissectum</i>	GERDI	0,4 (0-10)	25	16
<i>Fallopia convolvulus</i>	POLCO	0,4 (0-8)	26	33

DISCUSSION ET CONCLUSION

On peut donc conclure ici que l'étude de la flore adventice via un relevé de flore ou un stock semencier ne conduit pas aux mêmes résultats, à la fois en termes d'espèces détectées et d'abondance de celles-ci. D'une manière générale dans nos conditions expérimentales (à savoir un protocole déduit pour être techniquement réalisable sur les 90 parcelles du réseau), il apparaît que ces prélèvements de sol sont moins performants pour détecter un maximum d'espèces et qu'un certain nombre d'espèces pourtant fréquentes et abondantes dans le relevé de flore n'a pas été retrouvé dans les ESS. Mais l'inverse est également vrai, certaines espèces abondantes dans certaines parcelles dans les prélèvements de sol n'ont pas été observées avec le relevé de flore ou en très faible densité. Les deux méthodes semblent donc se compléter en termes de détection des espèces.

Plusieurs hypothèses peuvent être posées pour expliquer ces différences :

- La première concerne le protocole utilisé pour estimer le stock semencier dans les parcelles. Tout d'abord, le faible nombre de prélèvements réalisés, c'est-à-dire 14 carottes par parcelle, ne représente qu'une très faible surface échantillonnée (moins de 100 cm²). Comparé au parcours en W qui est réalisé sur 2000 m² lors du relevé de flore, la surface d'échantillonnage du stock semencier est beaucoup plus faible. D'autant plus que les semences adventices ne sont pas distribuées de manière homogène dans les parcelles cultivées, mais de manière agrégée (Bigwood et Inouye, 1988). La réduction du nombre d'échantillons de sol afin de pouvoir couvrir la centaine de parcelles étudiée a trop fortement dégradé le jeu de données obtenu. Ainsi, certaines espèces n'ont donc pas été détectées par l'étude du stock de semences, car non prélevées dans les échantillons de sol. Si certaines espèces peuvent apparaître sur-représentées, il est possible que le prélèvement ait été réalisé dans une zone où des semences se sont accumulées. Plusieurs auteurs (Goyeau et Fablet, 1982 ; Chauvel *et al*, 1989) se sont penchés sur cette problématique d'échantillonnage et même s'ils ne s'accordent pas sur un même nombre idéal de carottes par parcelle, celui-ci doit être élevé pour avoir une vision représentative de la flore présente. Dessaint *et al*. (1996) recommandent un prélèvement de plus de 90 carottes lorsque la densité de graines est inférieure à 500/m².

- Ensuite, la méthode d'estimation du stock semencier via un lavage des échantillons puis une mise en germination sous serre, n'a peut-être pas permis de détecter certaines espèces, ayant des conditions de germination particulières, qui n'étaient pas réunies dans la serre ou dans la chambre climatique par exemple. Enfin, il est peu probable que des graines aient été perdues lors du processus de lavage des échantillons, car de très petites graines, comme celles de *Juncus bufonius* (0,30 - 0,55 mm de long, Cope et Stace, 1978) ont été retrouvées en grande quantité dans les échantillons de sol.

- De plus, dans le cadre du SDSC, on peut s'interroger sur la méthode des carottages par rapport à des prélèvements moins profonds mais sur une plus grande surface. En effet, l'absence de travail du sol conduit à une concentration des graines dans les premiers centimètres de terre. De plus, le sol étant généralement couvert de débris organiques issus des résidus de la culture précédente ou des couverts végétaux qui contiennent potentiellement des semences, un prélèvement par carottage est donc plus difficile et n'est sans doute pas adapté à l'échantillonnage des semences en surface du sol. Des méthodes d'aspiration des surfaces échantillonnées (Kiehl *et al*, 2010) pourraient être utilisées pour compléter l'échantillonnage.

- Une dernière explication est en lien avec les objectifs des deux méthodes utilisées. La réalisation d'un ESS fournit une information sur les adventices qui sont présentes dans le sol et qui pourront potentiellement émerger dans la parcelle dans les prochaines années. Le relevé de flore permet, quant-à-lui, d'obtenir une image instantanée (donc partielle) de la flore adventice qui a levé. Les relevés de flore ayant été effectués au début des cycles des cultures (mars pour le blé tendre et mai

pour le soja), certaines espèces à germination plus tardives (estivales) n'apparaissent pas sur ces relevés de flore. C'est par exemple le cas pour *Ambrosia artemisiifolia*, *Veronica serpyllifolia* ou encore *Sonchus oleraceus*. Dans le cadre de la thèse, deux autres relevés de flore sur les parcelles sont venus compléter le relevé effectué en début de cycle de culture, afin d'obtenir une vision globale de la flore adventice levée. Ces relevés supplémentaires ont permis d'augmenter le nombre d'espèces observées, mais certaines espèces restent néanmoins uniquement repérées avec l'ESS (*Lythrum hyssopifolia* et *Sagina procumbens* par exemple). Une autre source de différence peut provenir de la méthode de relevé de flore choisie : le parcours en W. Cette méthode peut parfois sous-estimer certaines plantes de petites tailles (Chauvel *et al*, 2019), ce qui pourraient expliquer les résultats observés avec *Juncus bufonius* par exemple.

Au vu de ces résultats et de la charge de travail que requiert l'étude du stock de semences par rapport à un relevé de flore, il apparaît moins adapté pour étudier la densité et la diversité de la flore des parcelles cultivées en SDSC pour des suivis à court terme. En particulier lorsque le nombre de parcelles suivies est élevé, la réduction de l'effort d'échantillonnage qui en découle conduit à une vision trop partielle de la flore adventice présente sous forme de semences dans le sol. Néanmoins, le stock semencier peut s'avérer une donnée intéressante s'il est réalisé sur plusieurs années dans une parcelle, en maximisant l'effort d'échantillonnage (Dessaint *et al*, 1996), afin d'avoir une image de l'évolution de la flore adventice sur du long terme. Sur des dispositifs de longue durée, comme les domaines expérimentaux, l'étude de stock de semences peut se montrer intéressante. Par ailleurs, il peut être utilisé à d'autres fins que l'étude de la flore adventice et notamment dans le cadre de la mise en évidence des régulations agroécologiques, où il sert de marqueur de l'activité d'insectes prédateurs de semences (Bohan *et al*, 2011).

REMERCIEMENTS

Nous remercions, pour leur participation les agriculteurs des réseaux d'agriculteurs APAD Centre-Est, GIEE Du Sol Eau Soleil, GIEE Magellan, GIEE club Agro Ecos, Chambre d'agriculture de Côte-d'Or et de Haute Marne. Nous remercions également les financeurs du projet : le GIS Grande Culture à Hautes Performances Économiques et Environnementales (GC HP2E), le programme H2020 IWMPRAISE et la région Bourgogne-Franche-Comté pour avoir rendu ce travail possible.

BIBLIOGRAPHIE

Andreasen C., Arne Jensen H., Marie Jensen S., 2018 - Decreasing diversity in the soil seed bank after 50 years in Danish arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 259, 61–71.

Andreasen C., Streibig J-C., 2011 - Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries – based on Danish long-term surveys. *Weed Research*, 51, 214–226.

Barralis G., 1976 - Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles : application à la Côte d'Or. *Ve Colloque International. Sur l'Écologie et la Biologie des Mauvaises herbes*, Dijon, 59-68.

Bigwood D.W., Inouye, D.W., 1988 - Spatial Pattern Analysis of Seed Banks : An Improved Method and Optimized sampling. *Ecological Society of America*, 69, 497–507.

Bohan D.A., Boursault A., Brooks D.R., Petit S., 2011 - National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48, 888–898.

Cardina J., Herms C.P., Doohan D.J., 2002 - Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 50, 4, 448–460.

Chase M.W., Christenhusz M.J.M., Fay M.F., Byng J.W., Judd W.S., Soltis D.E., Mabberley D.J., Sennikov A.N., Soltis P.S., Stevens P.F., 2016 - An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1, 1–20.

Chauvel B., Derrouch D., Felten E., Vieren E., Dessaint F., 2019 - Étude des communautés adventices et semis direct sous couvert – méthodologies et premiers résultats. In : CoSAC, un projet pour la Conception de Stratégies durables de gestion des Adventices dans un contexte de Changement (climat, pratiques agricoles, biodiversité), Séminaire final, Paris, FRA (31/01/2019-01/02/2019), 74-76.

Chauvel B., Gasquez J., Darmency H., 1989 - Changes of weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Research*, 29, 213–219.

Cope T.A., Stace C.A., 1978 - Variation in the *Juncus bufonius* L. aggregate in Western Europe. *Watsonia*, 12, 113–128.

Derrouch D., Chauvel B., Dessaint F., 2018 - Evolution de la flore adventice en système de culture utilisant le semis direct sous couvert végétal. 7th Journée des Doctorants de l'UMR1347 Agroécologie, Dijon, FRA (15/05/2018).

Dessaint F., Barralis G., Caixinhas M.L., Mayor J.P., Recasens J., Zanin G., 1996 - Precision of soil seedbank sampling: how many soil cores? *Weed Research*, 36, 143–151.

Goyeau H., Fablet G., 1982. Etude du stock semencier de mauvaises herbes dans le sol : le problème de l'échantillonnage. *Agronomie*, 2, 545–552.

Kiehl K., Kirmer, A., Donath T.W., Rasran L., Hölzel N., 2010 - Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic Applied Ecology*, 11, 285–299.

Roberts H.A., Chancellor R.J., 1986 - Seed Banks of some Arable Soils in the English Midlands. *Weed Research*, 26, 251–257.

Schaller N., 2013 - *L'agriculture de conservation*. Centre d'études et de Prospectives Analyse 61, 4 p.

Swanton C. J., Ball-Coelho B.R., Shrestha A., Roy R.C., Knezevic S.Z., 1999 - Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 80, 455–457.