

# Evolution du stock semencier d'un sol sous un couvert de fétuque élevée

F. Surault, R. Veron, B. Julier, C. Huyghe

**Un des moyens utilisés pour limiter le développement des adventices dans les cultures est de réduire leur stock de graines dans le sol. L'introduction d'un couvert pérenne dans une rotation céréalière permet-il de diminuer le stock de semences et les densités d'adventices dans les cultures suivantes ?**

## RÉSUMÉ

Un couvert pérenne de fétuque élevée a été introduit dans une rotation céréalière. L'évolution du stock semencier du sol est estimé par deux méthodes : par comptages des graines germées et non germées. Le nombre de graines germées dans le sol est plutôt faible (2 346 à 7 877 graines/m<sup>2</sup>), variable de façon importante d'une année à l'autre en fonction des espèces présentes dans le couvert et de leur grenaison (la renouée des oiseaux et l'amarante réfléchie entre 2003 et 2004 puis le pâturin annuel à partir de 2007 dans cette étude). Malgré ces variations, les conséquences sur les cultures suivantes sont limitées et le couvert pérenne permet de faire baisser le nombre de graines de certaines espèces adventices considérées comme nuisibles dans les cultures céréalières.

## SUMMARY

### **Changes in soil seed bank with a Tall fescue cover**

One way of preventing crop weeds is to reduce soil seed banks. Does introducing a perennial plant cover in a crop rotation system help reduce soil seed bank and weed density in subsequent crops? In order to answer this question, a Tall fescue perennial cover was introduced in a crop rotation system. Changes in soil seed bank were determined by counting germinated and non-germinated seeds. The number of germinated seeds on the ground was fairly low (2 346 to 7 877 seeds/m<sup>2</sup>), with important variations from one year to the next, depending on plant species present in the plant cover and their seed set. In spite of these variations, the perennial plant cover helped reduce the number of seeds belonging to certain weed species that are harmful for cereal crops.

Dans tous les sols cultivés, des graines d'adventices sont présentes dans l'horizon travaillé (0 à 30 cm). Dans ce stock semencier, la quantité de graines par espèce ainsi que le nombre d'espèces peuvent varier de façon considérable (BOSSUYT *et al.*, 2006 ; BARBERI et LO CASCIO, 2001). La végétation d'une parcelle et le stock semencier du sol sont interdépendants du fait de leurs échanges constants (CHABRERIE *et al.*, 2002). Dans le cas de couverts peu perturbés (forêts, marais, prairies permanentes), les deux compartiments - végétation et stock semencier - peuvent être différents (HOPFENSBERGER, 2007) car les espèces présentes dans le stock semencier sont essentiellement des espèces pionnières. En revanche, dans des rotations céréalières, les similitudes entre les deux compartiments sont importantes (BARRALIS

*et al.*, 1996 ; MENALLED *et al.*, 2001). Les rotations culturales sont un moyen efficace de diminuer les populations d'adventices. Dans une synthèse de plusieurs études, LIEBMAN et DICK (1993) montrent que la densité d'adventices est moins élevée lorsqu'une parcelle a suivi une rotation culturale que dans le cas d'une monoculture. Le développement ou, au contraire, la limitation des adventices dans le couvert végétal va jouer un rôle prépondérant sur la quantité de graines présentes dans le stock semencier du sol et sur le développement des adventices dans les cultures suivantes (TEASDALE *et al.*, 2004). Pour ces derniers auteurs, dans des systèmes à faibles intrants, **l'introduction d'un couvert pérenne ou d'une prairie dans une rotation de cultures annuelles tend à réduire les populations d'adventices dans les**

## AUTEURS

INRA, UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères (URP3F), le Chêne, RD 150, BP 80006, F-86600 Lusignan ; fabien.surault@lusignan.inra.fr

**MOTS CLÉS** : Evolution, fétuque élevée, mauvaise herbe, prairie, rotation culturale, sol, végétation.

**KEY-WORDS** : Change in time, crop succession, grassland, soil, Tall fescue, vegetation, weed.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : Surault F., Veron R., Julier B., Huyghe C. (2012) : "Evolution du stock semencier d'un sol sous un couvert de fétuque élevée", *Fourrages*, 210, 167-175.

**cultures suivantes.** Les prairies ont la particularité de maintenir au-dessus du sol un couvert dense et pérenne qui, principalement par ombrage (CHADCEUF-HANNEL, 1985) mais aussi par compétition pour l'eau et l'azote ou par allélopathie pour certaines espèces, va fortement limiter la germination des semences d'adventices et leur développement dans le couvert (MEISS *et al.*, 2010a). ALBRECHT (2005) montre que, sous une prairie dominée par du trèfle blanc, le nombre de graines d'adventices dans l'horizon labouré peut être réduit de 40 % en comparaison à des cultures annuelles (blé d'hiver, tournesol, lupin). Dans cette étude, un des facteurs limitant le nombre de graines dans le sol est le taux de couverture du sol par le trèfle blanc. La capacité de cette espèce à intercepter la lumière et à recoloniser les espaces vides (ANDERSSON et MILBERG, 1996) laisse le sol presque entièrement recouvert et il est difficile pour les adventices de se développer. De plus, la destruction des graines par prédation est supérieure dans un couvert pérenne (MEISS *et al.*, 2010b) et l'absence de travail du sol pendant plusieurs années supprime l'effet stimulant de ce dernier sur la germination des graines (LOCKE *et al.*, 2002). L'absence de travail du sol dans le cas d'un couvert pérenne peut également avoir l'effet inverse, en concentrant les graines issues de la « pluie de graines » à la surface du sol, là où les conditions de germination sont les plus favorables. Un certain nombre d'études réfutent l'intérêt de l'introduction d'une culture pérenne dans une rotation pour réduire la population d'adventices. Ces études (CLAY et AGUILAR, 1998 ; CARDINA *et al.*, 2002) avec une conduite intensive des cultures (engrais de synthèse, désherbage chimique) montrent qu'une culture pérenne ne permet pas de diminuer le nombre total de graines dans le sol et ne limite pas la densité d'adventices dans les cultures suivantes. Toutefois, dans la première étude, le couvert pérenne (une luzerne) ne reste en place que deux ans et, si le nombre total de graines ne diminue pas, le nombre de graines de certaines adventices baisse. Ce résultat rejoint celui de MEISS *et al.* (2010c) qui montrent que **la réponse de chaque espèce d'adventice peut être différente dans un couvert pérenne en fonction de l'espèce semée et sous l'effet de sa conduite.**

Les objectifs de notre étude sont, d'une part, de quantifier le nombre de graines et d'espèces dans le stock semencier du sol et, d'autre part, de mesurer l'évolution de ce stock semencier sous un couvert pérenne de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*) maintenu ras pour déterminer quel peut être l'impact de ce couvert sur le développement des adventices dans les cultures suivantes.

## 1. Matériel et méthodes

### ■ Description de la parcelle échantillonnée

Les prélèvements de sol ont été réalisés sur une parcelle de 1 ha sous un couvert de fétuque élevée gazonnante (cv. Tomahawk) semé à la volée à raison de 85 kg/ha. Cette parcelle a accueilli deux autres expérimentations sur

fourrages composées de 550 micro-parcelles de 9 m<sup>2</sup> entre 2003 et 2008 (SURAULT *et al.*, 2008 et 2010). Chaque année, l'échantillonnage sur la parcelle a été réalisé entre le 17 mars et le 7 avril. En 2003, les prélèvements de sol ont été réalisés sur sol nu juste avant le semis des micro-parcelles d'essai et des allées, et après la préparation de sol finale. Entre 2004 et 2008, ces prélèvements ont été réalisés sur les allées des essais semées en fétuque élevée gazonnante. Cette végétation a été maintenue assez rase (inférieure à 12 cm) par un broyage régulier de la biomasse à environ 5 cm de hauteur tous les 15 à 20 jours en période de croissance entre le 1<sup>er</sup> avril et le 1<sup>er</sup> juillet. Lors des broyages, la biomasse était laissée sur place. Avec en moyenne 8 à 10 coupes par an, les plantes présentes dans le couvert ont eu peu de chance d'avoir accès à la reproduction. Ce couvert a reçu une fertilisation phospho-potassique annuelle de 90 unités de phosphore et de 120 unités de potassium. Aucune fertilisation azotée n'a été apportée et aucun désherbage n'a été réalisé sur le couvert pendant la durée de l'expérimentation. Avant 2003, la parcelle échantillonnée était soumise à une rotation sur six années, avec trois années d'expérimentations sur plantes fourragères pérennes en pépinière ou en essai en micro-parcelles et trois années en céréales (blé - maïs - blé). Par conséquent, le précédent cultural était un blé tendre d'hiver et l'ante-précédent un maïs récolté en ensilage. Un désherbage conventionnel a été appliqué sur chaque culture.

### ■ Méthode de prélèvement et traitement des échantillons

Chaque année, la même méthode d'échantillonnage a été suivie et les points de prélèvement des années précédentes ont été marqués au sol afin de ne pas prélever au même endroit. Ces prélèvements ont été réalisés tous les 20 m sur sept lignes de prélèvements espacées de 10 m et, d'une ligne à l'autre, les points de prélèvement étaient alternés. Au total, 49 échantillons de sol ont été prélevés chaque année sur cette parcelle. Les prélèvements de sol ont été réalisés à l'aide d'un emporte-pièce de 15 cm sur 15 cm et de 10 cm de hauteur. La profondeur d'échantillonnage correspond à la profondeur de sol (5 à 10 cm) couramment extraite lorsque les prélèvements sont réalisés dans des prairies (GOSLEE *et al.*, 2009 ; SANDERSON *et al.*, 2007 ; NIE *et al.*, 1999). La surface totale prélevée sur la parcelle représentait 1,10 m<sup>2</sup> pour un volume de terre total d'environ 110 litres. Les pierres ainsi que les restes de biomasse ont été séparés de la terre. La terre des 49 échantillons a été regroupée pour former un seul échantillon, soigneusement mélangée et disposée sur 3 tables de culture (1 m<sup>2</sup> chacune) pour obtenir un lit de terre régulier d'environ 4 cm d'épaisseur. **La méthode des germinations a été utilisée pour comptabiliser les graines germées présentes dans le sol** (TØRRESEN et SKUTERUD, 2002 ; BARBERI et LO CASCIO, 2001). Les tables ont été placées en serre sous éclairage naturel et maintenues hors gel pendant deux années consécutives ; la terre a été arrosée une fois tous les deux jours à deux fois par jour en fonction de la température ambiante. Toutes les levées

de plantules ont été comptabilisées pour chaque espèce et arrachées au fur et à mesure. Afin de stimuler les germinations, la terre a été mélangée en moyenne toutes les dix semaines et l'irrigation a été arrêtée pendant une période d'un mois en fin de printemps ou en été, pour simuler une sécheresse.

Après deux années de comptage, lorsqu'il n'y avait plus de levées de plantules, les mesures ont été arrêtées et **les graines non germées ont été extraites de la terre par la méthode de flottaison** (TSUYUZAKI, 1994). Cette extraction permet de connaître précisément le nombre total de graines présentes dans le sol. En effet, un nombre important de graines ne germent pas soit parce que celles-ci ne sont pas viables (prédation, parasitisme...), soit parce que nous n'avons pas réussi à lever la dormance pendant les deux années de mise en bac sous serre. Après séchage à l'étuve à 40 °C pendant 48 heures, les résidus de flottaison ont été triés sous binoculaire afin de séparer les graines des résidus organiques. Les graines ont été identifiées puis comptabilisées par espèce.

Les deux types de résultats sont présentés. D'une part, le nombre de graines germées par espèce qui correspond au nombre de plantes levées en bac sous serre et, d'autre part, le nombre de graines non germées présentes dans le sol et extraites par flottaison. Pour le prélèvement de 2003, l'extraction de graines n'a pas pu être réalisée ; seul le nombre de graines germées est présenté. Tous les résultats, nombre de graines germées ou nombre de graines non germées, sont exprimés en nombre de graines par mètre carré de sol prélevé.

## ■ Description du couvert pérenne

Dans le couvert pérenne, **la fétuque élevée** était **l'espèce dominante** (observations visuelles réalisées lors des interventions culturales). La première année, la renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare*), l'amarante réfléchie (*Amarantus retroflexus*), la morelle noire (*Solanum nigrum*) et le chénopode blanc (*Chenopodium album*) étaient aussi présents dans le couvert. Les mesures de composition botanique réalisées en mai 2003 sur les parcelles d'essai confirment la présence de ces quatre espèces (résultats non présentés). La présence de ces espèces dans le couvert avant le semis de la fétuque élevée est la conséquence d'un désherbage mal maîtrisé en 2001 et 2002, en particulier sur le maïs. Ces espèces (renouée des oiseaux, amarante réfléchie, morelle noire et chénopode blanc) ont rapidement disparu et le trèfle blanc (*Trifolium repens*) ainsi que le pâturin annuel (*Poa annua*) ont fait leur apparition. Sur la fin de l'expérimentation, la fétuque élevée reste l'espèce dominante mais elle est accompagnée de pâturin annuel et de trèfle blanc.

## 2. Résultats

### ■ Nombre d'espèces et de graines germées dans le sol (méthode des germinations)

Le nombre total d'espèces est **compris entre 38 en 2003 et 50 en 2008** et celui-ci tend à augmenter au cours des 6 années (tableau 1). La plupart sont des espèces adventices et seulement une à trois espèces cultivées sont recensées suivant les années. Ces dernières sont toutes des légumineuses fourragères comme le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), la luzerne (*Medicago sativa*) ou le trèfle blanc. La très grande majorité des espèces présentes sont des dicotylédones, avec 34 à 46 espèces en fonction des années. Aucune graminée fourragère n'est recensée dans le stock semencier lors des 6 années de mesure. Les graminées sont représentées par 4 espèces : le pâturin annuel, la digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis*), le panic pied de coq (*Echinochloa crus-galli*) et la fétuque rouge (*Festuca rubra*), les trois premières espèces étant des annuelles. Pour la fétuque rouge, seulement 5 graines sont comptabilisées sur les 6 années.

Le nombre de graines germées **par mètre carré** est **en moyenne de 4 950** mais celui-ci varie fortement en fonction des années avec un **minimum de 2 346 graines/m<sup>2</sup>** enregistré en 2003 et un **maximum de 7 877 graines/m<sup>2</sup>** atteint l'année suivante (tableau 1). Les sept espèces les plus représentées, classées par ordre décroissant et avec en moyenne plus de 200 graines/m<sup>2</sup> sont la renouée des oiseaux, l'amarante réfléchie, le pâturin annuel, le plantain majeur (*Plantago major*), le chénopode blanc, la capselle bourse à Pasteur (*Capsella bursa pastoris*) et la morelle noire. Ces **sept espèces représentent en moyenne 82 % du stock de graines germées du sol**. Parmi toutes les espèces répertoriées, seulement quelques unes contribuent à faire varier le stock semencier (tableau 1). C'est le cas de la renouée des oiseaux et de l'amarante réfléchie pour lesquelles le nombre de graines cumulé représente 346 graines/m<sup>2</sup> en 2003 contre 5 077 graines/m<sup>2</sup> en 2004. Entre 2006 et 2008, c'est le pâturin annuel qui contribue à modifier le stock semencier avec un nombre de graines par m<sup>2</sup> qui passe de 191 à 3 030. Malgré un broyage régulier du couvert, ces trois espèces ont vraisemblablement eu accès à la reproduction dans le couvert à des périodes différentes, lors de la première année pour les deux dicotylédones et sur la fin de l'expérimentation pour le pâturin annuel.

Si l'on exclut ces trois espèces (renouée des oiseaux, amarante réfléchie et pâturin annuel), le nombre total de graines est relativement faible et stable au cours des 6 années et compris entre 1 700 et 2 700 graines/m<sup>2</sup>.

### ■ Evolution du nombre de graines germées par espèce (méthode des germinations)

Si le nombre de graines de chaque espèce évolue de façon différente dans le temps, il est néanmoins possible de regrouper les vingt principales espèces (lignes non

Espèces*	Nb de graines germées / m <sup>2</sup> *							Contribution (%) de chaque espèce au nombre total de graines						
	Nom commun (nom latin)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Moy.	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Renouée des oiseaux ( <i>Polygonum aviculare</i> )	<b>100</b>	<b>3 146</b>	<b>1 928</b>	<b>1 318</b>	<b>400</b>	<b>234</b>	1 188		<b>4,3</b>	<b>39,9</b>	<b>30,6</b>	<b>34,6</b>	<b>10,3</b>	<b>4,3</b>
Amarante réfléchie ( <i>Amaranthus retroflexus</i> )	<b>246</b>	<b>1 931</b>	<b>1 751</b>	<b>619</b>	<b>275</b>	<b>315</b>	856		<b>10,5</b>	<b>24,5</b>	<b>27,8</b>	<b>16,2</b>	<b>7,1</b>	<b>5,7</b>
Pâturin annuel ( <i>Poa annua</i> )	67	40	263	191	<b>1 257</b>	<b>3 030</b>	808		2,9	0,5	4,2	5,0	<b>32,5</b>	<b>55,3</b>
Plantain majeur ( <i>Plantago major</i> )	<b>376</b>	<b>555</b>	<b>483</b>	<b>323</b>	<b>528</b>	<b>265</b>	421		<b>16,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,7</b>	<b>8,5</b>	<b>13,6</b>	<b>4,8</b>
Chénopode blanc ( <i>Chenopodium album</i> )	73	<b>698</b>	<b>378</b>	<b>294</b>	<b>188</b>	100	288		3,1	<b>8,9</b>	<b>6,0</b>	<b>7,7</b>	<b>4,9</b>	1,8
Capselle bourse à Pasteur ( <i>Capsella bursa pastoris</i> )	<b>418</b>	220	<b>409</b>	<b>264</b>	181	151	274		<b>17,8</b>	2,8	<b>6,5</b>	<b>6,9</b>	4,7	2,8
Morelle noire ( <i>Solanum nigrum</i> )	<b>336</b>	209	217	203	176	145	214		<b>14,3</b>	2,6	3,4	5,3	4,5	2,7
Scléranthe annuel ( <i>Scleranthus annuus</i> )	90	93	67	67	175	<b>323</b>	135		3,8	1,2	1,1	1,8	4,5	<b>5,9</b>
Pourpier potager ( <i>Portulaca oleracea</i> )	67	117	137	67	163	132	113		2,9	1,5	2,2	1,8	4,2	2,4
Digitaire sanguine ( <i>Digitaria sanguinalis</i> )	45	<b>317</b>	114	78	32	31	102		1,9	<b>4,0</b>	1,8	2,0	0,8	0,6
Panic pied de coq ( <i>Echinochloa crus-galli</i> )	29	223	175	63	16	4	85		1,2	2,8	2,8	1,6	0,4	0,1
Trèfle blanc ( <i>Trifolium repens</i> )	-	3	96	87	54	136	62			0,0	1,5	2,3	1,4	2,5
Linaire élatine ( <i>Kickxia elatine</i> )	41	24	25	45	55	28	36		1,7	0,3	0,4	1,2	1,4	0,5
Mouron des champs ( <i>Anagallis arvensis</i> )	74	43	29	5	35	24	35		3,2	0,5	0,5	0,1	0,9	0,4
Céraiste aggloméré ( <i>Cerastium glomeratum</i> )	-	-	-	4	35	154	32					0,1	0,9	2,8
Renouée persicaire ( <i>Polygonum persicaria</i> )	74	37	24	22	19	13	31		3,2	0,5	0,4	0,6	0,5	0,2
Chénopode polysperme ( <i>Chenopodium polyspermum</i> )	24	25	45	24	28	19	27		1,0	0,3	0,7	0,6	0,7	0,3
Pensée des champs ( <i>Viola arvensis</i> )	40	31	23	22	26	21	27		1,7	0,4	0,4	0,6	0,7	0,4
Lamier pourpre ( <i>Lamium purpureum</i> )	93	8	10	11	6	17	24		4,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
Vergerette de Sumatra ( <i>Conyza sumatrensis</i> )	1	10	5	9	56	49	22		0,0	0,1	0,1	0,2	1,5	0,9
Laiteron rude ( <i>Sonchus asper</i> )	49	28	28	15	3	5	21		2,1	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
Millepertuis couché ( <i>Hypericum humifusum</i> )	10	26	22	20	28	11	19		0,4	0,3	0,3	0,5	0,7	0,2
Véronique de Perse ( <i>Veronica persica</i> )	19	5	5	7	16	6	10		0,8	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1
Mouron femelle ( <i>Anagallis foemina</i> )	1	22	7	8	15	6	10		0,0	0,3	0,1	0,2	0,4	0,1
Helminthie fausse vipérine ( <i>Picris echioides</i> )	-	-	-	1	5	46	9					0,0	0,1	0,8
Renouée liseron ( <i>Fallopia convolvulus</i> )	5	4	2	3	4	34	8		0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,6
Epilobe à quatre angles ( <i>Epilobium tetragonum</i> )	-	3	1	3	13	29	8			0,0	0,0	0,1	0,3	0,5
Gnaphale uligineux ( <i>Gnaphalium uliginosum</i> )	-	2	1	5	7	33	8			0,0	0,0	0,1	0,2	0,6
Véronique des champs ( <i>Veronica arvensis</i> )	-	-	2	2	12	25	7				0,0	0,0	0,3	0,5
Séneçon vulgaire ( <i>Senecio vulgaris</i> )	14	3	5	-	6	11	6		0,6	0,0	0,1		0,2	0,2
Crépide capillaire ( <i>Crepis capillaris</i> )	-	-	-	-	4	34	6						0,1	0,6
Autres espèces	54	55	48	28	51	44	47		2,3	0,7	0,8	0,7	1,3	0,8
Nombre total de plantules/m <sup>2</sup>	2 346	7 877	6 302	3 808	3 869	5 476	4 946							
Nombre total d'espèces	38	40	47	45	50	50	44							

\* fond clair : espèces dont l'évolution est présentée sur les figures 1 à 4 ; en gras : les 5 espèces les plus fréquentes chaque année

TABLEAU 1 : Evolution du nombre de graines viables par espèce et de la contribution de chaque espèce pour les 31 espèces les plus fréquentes, présentées par ordre décroissant d'importance moyenne.

TABLE 1 : Changes in the number of viable seeds per species, and contribution of each species for the 31 most common species, listed in decreasing order of average importance.

grisées dans le tableau 1) autour de quatre grandes tendances évolutives : i) les espèces dont le nombre de graines germées augmente puis diminue, ii) celles dont le nombre de graines germées tend à augmenter, iii) celles pour lesquelles le nombre de graines germées évolue peu entre 2003 et 2008, et enfin iv) celles dont le nombre de graines germées tend à diminuer.

#### • Espèces dont le nombre de graines germées augmente puis diminue

Le nombre de graines chez ces espèces augmente de façon plus ou moins importante entre la première et la deuxième année pour finalement revenir en 2008 au même niveau qu'en 2003 (figure 1). C'est le cas en particulier de **la renouée des oiseaux** et de **l'amarante réfléchie** pour lesquelles le nombre de graines est multiplié respective-

ment par 31 et par 8 entre la première et la deuxième année. Il semble que ces deux espèces se soient développées dans le couvert durant la phase d'implantation de la fétuque élevée en 2003 et aient eu accès à la reproduction. Les graines tombées sur le sol lors des broyages ou qui sont passées sous la coupe de la tondeuse sont venues enrichir le stock semencier de façon transitoire.

On observe une même évolution au cours du temps, avec toutefois des amplitudes moins marquées, pour trois autres espèces. Pour le **chénopode blanc**, le nombre de graines passe de 73 à 698 entre la première et la deuxième année pour finalement redescendre à 100 graines/m<sup>2</sup> en 2008. Pour la **digitaire sanguine** et le **panic pied de coq**, le stock de graines augmente de 45 à 317 pour la première et de 29 à 223 pour la seconde espèce puis celui-ci diminue régulièrement.

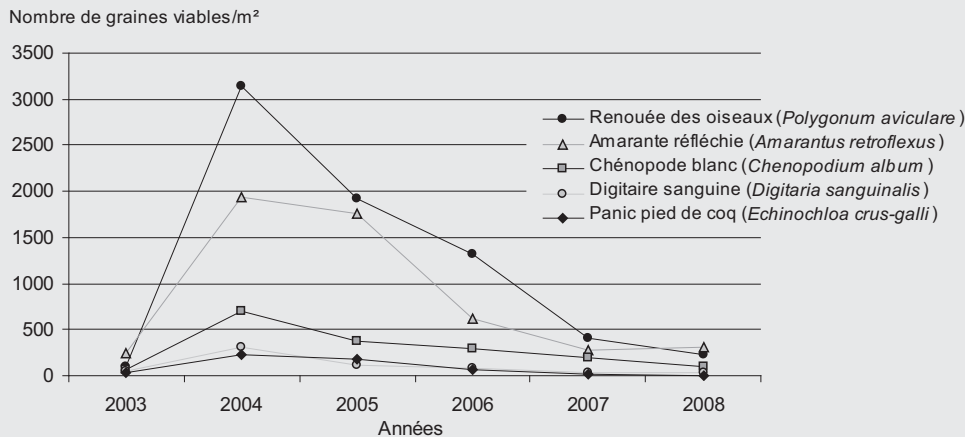


FIGURE 1 : Espèces dont le nombre de graines germées augmente puis diminue : évolutions entre 2003 et 2008.

FIGURE 1 : Species for which the number of germinated seeds increased and then decreased: Changes between 2003 and 2008.

### • Espèces dont le nombre de graines germées tend à augmenter

Chez ces espèces, le nombre de graines évolue peu entre 2003 et 2006 sauf dans le cas du trèfle blanc dont le nombre de graines augmente dès 2005. Puis, à partir de 2006, on assiste à une augmentation du nombre de graines germées de ces espèces. Cette augmentation est la plus marquée chez le **pâturin annuel** qui s'est développé dans le couvert (figure 2a). Chez cette espèce, le nombre de graines germées par mètre carré passe de 200 en 2006 à plus de 3 000 en 2008.

L'augmentation du nombre de graines germées chez les autres espèces est toute relative comparée au pâturin annuel (figure 2b). On peut noter, parmi celles-ci, des espèces de petite taille, comme le **gnaphale uligineux** (*Gnaphalium uliginosum*) ou le **scléranthe annuel** (*Scleranthus annuus*) dont la présence est peu dommageable pour le couvert en place. Dans ce même groupe, on peut aussi citer le **céraiste aggloméré** (*Cerastium glomeratum*), la **vergerette de Sumatra** (*Conyza sumatrensis*), l'**helminthie fausse vipérine** (*Picris echioides*) ainsi que le **trèfle blanc**.

### • Espèces dont le nombre de graines germées évolue peu

Autour de cette même tendance évolutive (figure 3a), sont regroupés le **plantain majeur**, le **chénopode polysperme** (*Chenopodium polyspermum*), la **linaire élatine** (*Kickxia elatine*), le **millepertuis couché** (*Hypericum humifusum*) et le **pourpier potager** (*Portulaca oleracea*). Le plantain majeur est l'espèce la plus représentée avec 265 à 555 graines germées/m<sup>2</sup>. Chez les autres espèces, le nombre de graines oscille entre 10 pour le millepertuis couché en 2003 et 163 graines/m<sup>2</sup> pour le pourpier potager en 2007.

### • Espèces dont le nombre de graines germées tend à diminuer

Parmi ces espèces (figure 3b) on compte, la **morelle noire**, la **capselle bourse à Pasteur**, la **pensée des champs** (*Viola arvensis*), le **laiteron rude** (*Sonchus asper*) et le **lamier pourpre** (*Lamium purpureum*). Les deux premières espèces sont les plus représentées avec un nombre de graines qui varie de 336 à 145 graines/m<sup>2</sup> pour la morelle noire et de 418 à 151 graines/m<sup>2</sup> pour la

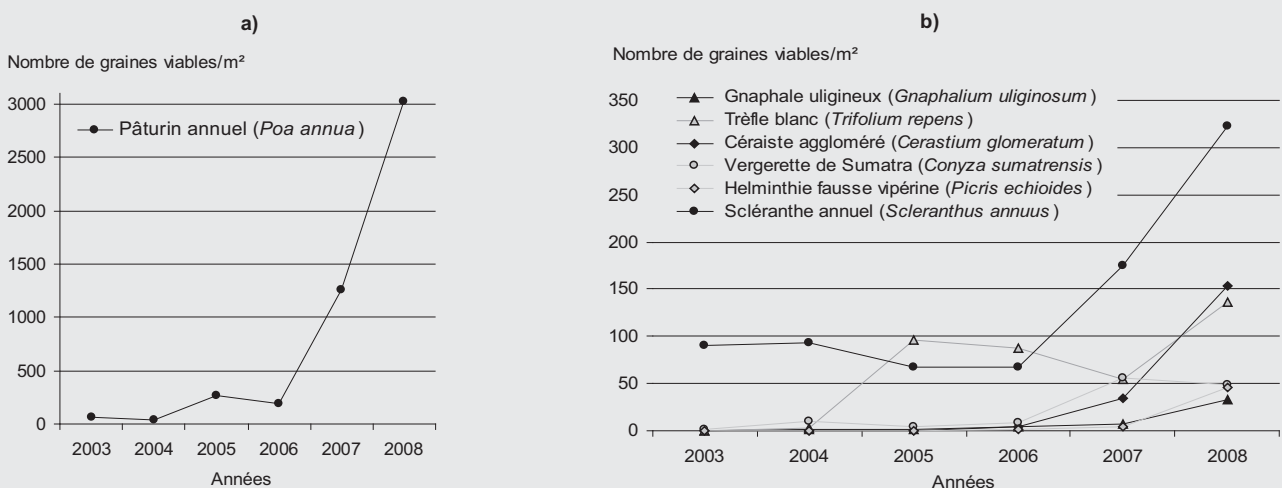


FIGURE 2 : Espèces dont le nombre de graines germées augmente : évolutions entre 2003 et 2008.

FIGURE 2 : Species for which the number of germinated seeds increased: Changes between 2003 and 2008.

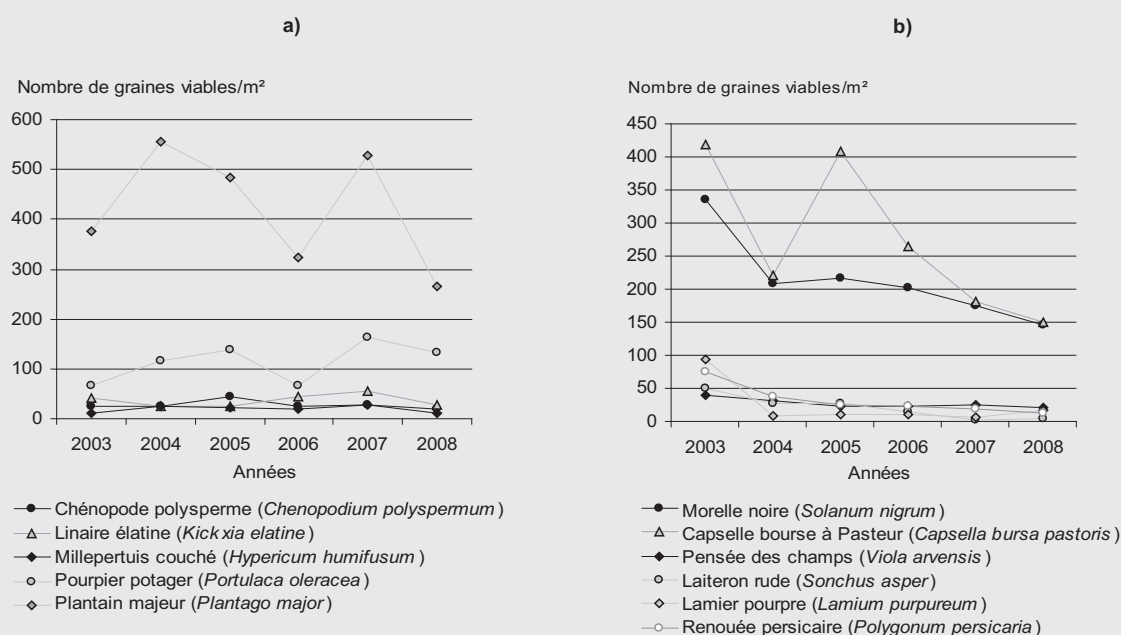


FIGURE 3 : **Espèces dont le nombre de graines germées a) évolue peu ou b) a tendance à diminuer** : évolutions entre 2003 et 2008.

FIGURE 3 : **Species for which the number of germinated seeds a) barely changed or b) tended to decrease**. Changes between 2003 and 2008.

capselle bourse à Pasteur. Chez les autres espèces, le nombre de graines au début de l'expérimentation est plus faible, entre 40 et 93, et descend entre 5 et 20 en 2008.

### ■ Résultats de l'extraction de graines non germées par flottaison

Les résultats présentés dans les paragraphes précédents étaient obtenus par la méthode des germinations. Celle-ci permet de déterminer le nombre de graines germées de chaque espèce dans le sol. Toutefois, ce nombre de graines germées peut ne représenter qu'une partie du stock semencier et sous-estimer le nombre total de graines (MESGARAN *et al.*, 2007 ; GOTO et TSUYUSAKI, 2004). Dans cette partie, les résultats présentés sont obtenus à partir de la méthode d'extraction des graines par flottaison, réalisée après la méthode des germinations (tableau 2). Le nombre total de graines obtenu avec cette méthode complète les résultats précédents et permet de calculer la part de graines germées dans le stock semencier global.

Avec cette méthode, **sept espèces de dicotylédones sont clairement identifiées**. Le reste des espèces est classé soit en graminées, soit en dicotylédones indifférenciées.

**Le nombre total de graines non germées extraites par m<sup>2</sup> de sol varie de 5 128 (2008) à 17 976 (2004)**. Le stock semencier global, qui cumule le nombre de graines germées et le nombre de graines extraites (non germées), est compris entre 10 604 (2008) et 25 853 (2004) graines par m<sup>2</sup>. Ce stock global a diminué de façon importante entre 2004 et 2008 avec en particulier une très forte diminution des graines non germées.

On retrouve les espèces dont le nombre de graines germées était important comme **l'amarante réfléchie**, la **renouée des oiseaux** et la **morelle noire**. **Ces trois espèces représentent en moyenne 97 % des graines extraites du sol**. Les sept espèces de dicotylédones clairement identifiées avaient été détectées avec la méthode des germinations. Même la véronique à feuilles de lierre (*Veronica hederifolia*) et le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*) étaient répertoriés avec la méthode des germinations mais elles ne sont pas présentes dans le tableau 1 car leur nombre de graines était trop faible. Les dicotylédones non identifiées ont des contributions négligeables, entre 0,1 et 0,3 % du nombre de graines extraites. De même pour les graminées extraites non identifiées, dont la présence reste faible avec 0 à 91 graines/m<sup>2</sup> suivant les années.

Entre 2004 et 2006, les graines germées ne représentent que 30 % du stock total de graines dans le sol. A partir de 2007, ce pourcentage augmente en passant à 39 % puis à 51 % en 2008. L'augmentation importante du nombre de graines germées de pâturin annuel à partir de 2007 conduit à modifier ce rapport nombre graines germées / nombre total de graines. En effet, si on considère que les graines de pâturin annuel germent toutes (aucune graine non germée) et que l'on exclut cette espèce des comptages de graines germées en 2007 et 2008, ce rapport reste stable et aux alentours de 30 %.

### 3. Discussion

Le nombre total d'espèces comptabilisé dans notre étude (38 à 50) est proche de ce qui est couramment rapporté dans la bibliographie sous rotations de cultures

Espèce	Nombre de graines non germées/m <sup>2</sup>					Contribution (%) de chaque espèce				
	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
Amarante réfléchie	8 332	6 627	834	744	451	46,4	45,7	9,5	12,5	8,8
Renouée des oiseaux	7 231	5 987	6 109	3 601	3 543	40,2	41,3	69,3	60,3	69,1
Morelle noire	1 966	1 504	1 571	1 441	907	10,9	10,4	17,8	24,1	17,7
Renouée persicaire	186	154	208	161	132	1,0	1,1	2,4	2,7	2,6
Véronique à feuilles de lierre	66	45	48	24	5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,1
Panic pied de coq	133	150				0,7	1,0			
Liseron des champs	29	1				0,2	0,0			
Graminées indéterminées	10	17	5		91	0,1	0,1	0,1		1,8
Dicotylédones indéterminées	22	21	41			0,1	0,1	0,4		
Nombre total de graines non germées extraites par m <sup>2</sup> de sol	17 976	14 506	8 816	5 971	5 128					
Nombre total de graines par m <sup>2</sup> de sol (graines germées+ non germées)	25 853	20 808	12 624	9 840	10 604					
Graines germées/Total graines (%)	30,5	30,3	30,2	39,3	51,6					

TABLEAU 2 : Evolution du nombre de graines non germées comptabilisées avec la méthode d'extraction et de la contribution de chaque espèce entre 2004 et 2008.

TABLE 2 : Changes in the number of non-germinated seeds, counted using the extraction method, and contribution of each species between 2004 and 2008.

céréalières (CLAY et AGUILAR, 1998 ; MOONEN et BARBERI, 2004). Sous prairies temporaires et permanentes, le nombre d'espèces tend à être supérieur (MILBERG et HANSSON, 1993 ; SANDERSON *et al.*, 2007 ; WELLSTEIN *et al.*, 2007). **Le nombre de graines germées relevé en 2003 avant la mise en place du couvert (2 300 graines/m<sup>2</sup>) traduit une assez bonne gestion des adventices sur cette parcelle** dans les années passées. Selon BARRALIS cité par POUSSET (2003), le nombre de graines dans un sol cultivé et conduit en désherbage chimique ne descendrait que difficilement en dessous de 2 000 à 3 000 graines par m<sup>2</sup>. Les phénomènes de dormance primaire et secondaire et les graines dures rencontrées chez certaines espèces sont à l'origine du maintien d'un stock de graines dans le sol (CHADCEUF-HANNEL, 1985). Le stock semencier global (graines germées et non germées) diminue entre 2004 et 2008 mais le nombre de graines non germées diminue beaucoup plus rapidement que le nombre de graines germées. **Ces évolutions différentes suggèrent la présence de deux pools de graines dans le sol.** Le premier (graines germées) est vraisemblablement composé de graines jeunes en dormance primaire. Ce stock évolue rapidement en fonction des espèces présentes dans le couvert et de leur capacité à se ressemer. Le second pool de graines (non germées) est composé de graines plus anciennes en dormance secondaire. Celui-ci, contrairement au premier, diminue continuellement entre 2004 et 2008. Pour WESTERMAN *et al.* (2003), seulement 1 à 30 % des graines produites par des adventices dans un couvert se retrouvent dans le stock semencier ou sont capables de germer. La prédation par les animaux et les insectes ainsi que le parasitisme sont à l'origine de ces pertes. Toutefois, même lorsque les graines sont viables dans le sol, seulement une faible partie de celles-ci rencontreront des conditions idéales pour donner naissance à une plantule. BARRALIS *et al.* (1996) ont comparé les stocks de graines et les densités de levée au champ dans 35 parcelles en Côte-d'Or et le taux de levée au champ ne représente que 5,5 % du nombre total de graines.

L'analyse du stock semencier d'un sol d'une parcelle est le reflet de son passé cultural. Malgré la présence dans l'histoire de cette parcelle de graminées et de légumineuses

fourragères, on retrouve **seulement quelques légumineuses** (trèfle blanc, luzerne et lotier corniculé) **sous forme de graines germées dans le sol.** Généralement, **les graminées fourragères sont très peu représentées dans le stock semencier** même lorsque ces espèces sont présentes dans la biomasse aérienne (TRACY *et al.*, 2004 ; SANDERSON *et al.*, 2007 ; DOLLE et SCHMIDT, 2009 ; GOSLEE *et al.*, 2009). DAVIES et WAITE (1998) notent que les graines de ces espèces germent très rapidement après leur dissémination et qu'elles possèdent une durée de vie très courte dans le sol. Concernant les légumineuses, leurs graines ont pour la plupart une phase de dormance après leur maturation (BAGAVATHIANNAN *et al.*, 2010 ; POUSSET, 2003) et présentent un pourcentage parfois important de graines dures qui leur confère une très bonne longévité dans le sol. Les quelques graines germées de luzerne répertoriées en 2003, avant le semis du couvert, en sont l'illustration. L'apparition de graines de trèfle blanc deux ans après le semis du couvert et la présence de cette espèce dans les parcelles d'essai à proximité confirment que le couvert a été colonisé par cette espèce pendant l'expérimentation, par des graines ou directement par des stolons. Les observations visuelles confirment la présence de cette espèce dans le couvert végétal ainsi que celle du pâturin annuel après quelques années d'expérimentation. La fréquence des coupes (accès à la lumière) et l'absence de fertilisation azotée pour le trèfle blanc ont facilité le développement de ces deux espèces.

**La mise en place du couvert pérenne et sa conduite réduisent le nombre d'espèces non germées et réduisent aussi de plus de la moitié le nombre de graines germées de certaines espèces** comme la morelle noire (-57 %) ou la capselle bourse à Pasteur (-64 %). Ces deux espèces sont peu adaptées à la conduite du couvert. MEISS *et al.* (2008) montrent que les plantes de capselle bourse à Pasteur meurent généralement après 3 ou 4 coupes. Les mêmes auteurs montrent que l'effet dépressif de la coupe sur certaines espèces d'adventices est accentué dans le cas d'un couvert pérenne et dense. Il faut noter que la morelle noire et la capselle bourse à Pasteur ont un seuil de nuisibilité élevé pour les cultures de

printemps (morelle noire) et pour les cultures de printemps et d'automne (capselle bourse à Pasteur).

Entre la première et la deuxième année, le nombre de graines germées augmente considérablement (2 300 vs 7 800). **Deux espèces sont principalement responsables de cette augmentation, l'amarante réfléchie et la renouée des oiseaux.** Ces deux espèces, en l'absence de désherbage, se sont développées dans le couvert au printemps 2003 après le semis de la fétuque (observations visuelles). Les broyages réguliers de la biomasse n'ont pas empêché la renouée des oiseaux, qui est une espèce rampante, de se développer et de produire des graines. En revanche, MEISS *et al.* (2008) montrent que l'amarante réfléchie comme le chénopode blanc, qui sont des espèces à tige dressée, n'ont pas la capacité de repousser après une coupe. Il est probable que quelques inflorescences d'amarante soient passées sous la coupe de la machine ou que des graines mûres se soient déposées sur le sol lors du premier broyage. Chez ces espèces, seulement quelques inflorescences à maturité suffisent pour enrichir le stock semencier d'un sol. En effet en couvert dense, **un pied de renouée des oiseaux est capable de produire entre 200 et 1 000 graines, et l'amarante réfléchie entre 1 000 et 5 000 graines/pied** (POUSSET, 2003). Ces productions de graines ainsi que les taux de germination sont bien évidemment très variables en fonction des conditions de croissance des adventices (CHADCEUF-HANNEL et BARRALIS, 1982 ; WESTERMAN *et al.*, 2003). Si l'effet à court terme sur le stock semencier du sol est important, à plus long terme celui-ci reste limité. La décroissance annuelle du nombre de graines chez ces deux espèces qui est due, d'une part à la fermeture du couvert par la fétuque élevée qui a entraîné leur disparition et d'autre part à la mortalité ou à la prédation des graines, est de 32 % pour la renouée des oiseaux et de 45 % pour l'amarante réfléchie. Le nombre de graines germées chez ces deux espèces diminue assez rapidement et le couvert reste en place suffisamment longtemps pour qu'il n'y ait pas de conséquences négatives sur les cultures suivantes.

L'augmentation du nombre de graines de certaines espèces dans le stock semencier traduit le développement de celles-ci dans le couvert. La conduite de celui-ci **favorise l'apparition d'espèces peu concurrentielles et de petite taille** comme le gnaphale uligineux, le scléranthe annuel et, dans une moindre mesure, le céraiste aggloméré qui semblent peu affectées par les coupes fréquentes. Les deux premières espèces sont habituellement rencontrées dans des milieux pauvres (MAMMAROT et CLUZEAU, 1997). **On note la forte augmentation du nombre de graines de pâturin annuel.** Son cycle de végétation très court, sa capacité à germer toute l'année (POUSSET, 2003) et son importante production de graines par pied (de 3 000 à 15 000) en font une espèce redoutable pour coloniser un couvert maintenu ras (BUSEY, 2003). Les observations visuelles confirment le développement de cette espèce dans le couvert. Les conséquences immédiates sur le stock semencier sont notables avec un nombre de graines germées qui passe de 190 en 2006 à

3 030 graines/m<sup>2</sup> en 2008. **Avec un taux de décroissance annuel de 50 %** (source : www.bayer-agri.fr) et sans ressemis de cette espèce, **5 années seront nécessaires pour revenir au niveau de 2003** avec moins de 100 graines/m<sup>2</sup>. Les conséquences sur la culture suivante devraient être négligeables. En effet, les graines de pâturin annuel ne germent pas en dessous de 2 cm et un labour avant l'implantation de la culture suivante permettra de les maintenir en profondeur. Le pâturin annuel risque de réapparaître les années suivantes car les travaux du sol vont faire remonter une partie des graines en surface. Toutefois, cette espèce est peu nuisible pour les grandes cultures (MAMMAROT et CLUZEAU, 1997). **Sans le développement du pâturin annuel dans le couvert, la mise en place d'un couvert pérenne aurait eu peu d'effet sur le nombre total de graines germées** avec un nombre de graines comparable entre 2003 (2 346 graines/m<sup>2</sup>) et 2008 (2 446 graines/m<sup>2</sup>). En revanche, si l'on considère la présence de deux pools de semences (jeune et ancien), la présence du couvert pérenne entraîne une diminution du nombre de graines anciennes et non germées.

## Conclusion

Cette expérimentation de longue durée sous couvert pérenne montre que le stock de graines germées peut à court terme varier de façon considérable et que seules quelques espèces contribuent à ces changements. La non-maîtrise de certaines adventices l'année d'implantation de la fétuque élevée (renouée des oiseaux et amarante réfléchie) conduit irrémédiablement à une augmentation du nombre de graines germées dans le sol entre la première et la deuxième année d'expérimentation. Néanmoins, les conséquences à plus long terme semblent limitées. Si le stock de graines jeunes (germées) évolue rapidement en fonction des espèces présentes dans le couvert et de leur grenaison, le stock de graines plus anciennes (non germées) diminue continuellement. Le couvert pérenne permet tout de même de faire baisser le nombre de graines germées de certaines espèces mais favorise l'augmentation du nombre de graines d'espèces de petite taille en particulier du pâturin annuel. Heureusement, cette espèce est peu nuisible pour les cultures suivantes. Dans nos conditions de milieu et compte tenu des espèces présentes dans le stock semencier du sol, la durée optimale de présence du couvert pérenne serait de 4 années. Après 4 années, le stock de graines germées redescend à un niveau convenable et évite un développement trop important du pâturin annuel dans le couvert.

Accepté pour publication,  
le 13 février 2012.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBRECHT H. (2005) : "Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming", *Weed Research*, 45, 339-350.
- ANDERSSON T.N., MILBERG P. (1996) : "Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels", *Annals of Applied Biology*, 128, 505-518.
- BAGAVATHIANNAN M.V., JULIER B., BARRE P., GULDEN R.H., VAN ACKER R.C. (2010) : "Genetic diversity of feral alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations occurring in Manitoba, Canada and comparison with alfalfa cultivars: an analysis using SSR markers and phenotypic traits", *Euphytica*, 173, 419-432.
- BARBERI P., LO CASCIO B. (2001) : "Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition", *Weed Research*, 41, 325-340.
- BARRALIS G., DESSAINT F., CHADŒUF R. (1996) : "Relation flore potentielle-flore réelle de sols agricoles en Côte-d'Or", *Agronomie*, 16, 453-463.
- BOSSUYT B., BUTAYE J., HONNAY O. (2006) : "Seed bank composition of open and overgrown calcareous grassland soils - a case study from Southern Belgium", *J. Environmental Management*, 79, 364-371.
- BUSEY P. (2003) : "Cultural management of weeds in turfgrass: a review", *Crop Science*, 43, 1899-1911.
- CARDINA J., HERMS C.P., DOOHAN D.J. (2002) : "Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks", *Weed Science*, 50, 448-460.
- CHABRERIE O., ALARD D., TOUZARD B. (2002) : "Diversité de la végétation et du réservoir de graines dans du sol dans une pelouse calcicole du nord-ouest de la France", *Canadian J. of Botany*, 80, 827-840.
- CHADŒUF-HANNEL R. (1985) : "La dormance chez les semences de mauvaises herbes", *Agronomie*, 5, 761-772.
- CHADŒUF-HANNEL R., BARRALIS G. (1982) : "Influence de différents régimes hydriques sur la croissance végétative, le poids et la germination des graines d'une mauvaise herbe cultivée en serre : *Amaranthus retroflexus* L.", *Agronomie*, 2, 835-841.
- CLAY S.A., AGUILAR I. (1998) : "Weed seedbanks and corn growth following continuous corn or alfalfa", *Agronomy J.*, 90, 813-818.
- DAVIES A., WAITE S. (1998) : "The persistence of calcareous species in the soil seed bank under developing and established scrub", *Plant Ecology*, 136, 27-39.
- DOLLE M., SCHMIDT W. (2009) : "The relationship between soil seed bank, above-ground vegetation and disturbance intensity on old-field successional permanent plots", *Applied Vegetation Sci.*, 12, 415-428.
- GOSLEE S., SANDERSON M., GONET J. (2009) : "No Persistent Changes in Pasture Vegetation or Seed Bank Composition after Fallowing", *Agronomy J.*, 101, 1168-1174.
- GOTO M.I., TSUYUZAKI S. (2004) : "Methods of estimating seed banks with reference to long-term seed burial", *J. of Plant Research*, 117, 245-248.
- HOPFENSBERGER K.N. (2007) : "A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems", *Oikos*, 116, 1438-1448.
- LIEBMAN M., DYCK E. (1993) : "Crop rotation and intercropping strategies for weed management", *Ecological Applications*, 3, 92-122.
- LOCKE M.A., REDDY K.N., ZABLOTOWICZ R.M. (2002) : "Weed management in conservation crop production systems", *Weed Biology and Management*, 2, 123-132.
- MAMMAROT J., CLUZEAU S. (1997) : *Mauvaises herbes des cultures*, ACTA, 484 p.
- MEISS H., MUNIER-JOLAIN N., HENRIOT F., CANEILL J. (2008) : "Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after cutting", *J. of Plant Diseases and Protection*, Special Issue XXI, 493-500.
- MEISS H., MEDIENE S., WALDHARDT R., CANEILL J., MUNIER-JOLAIN N. (2010a) : "Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: implications for integrated weed management", *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 657-666.
- MEISS H., LE LAGADEC L., MUNIER-JOLAIN N., WALDHARDT R., PETIT S. (2010b) : "Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops", *Agriculture, Ecosystems, Environment*, 138, 10-16.
- MEISS H., MÉDIÈNE S., WALDHARDT R., CANEILL J., BRETAGNOLLES V., REBOUD X., MUNIER-JOLAIN N. (2010c) : "Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations", *Weed Research*, 50, 331-340.
- MENALLED F.D., GROSS K.L., HAMMOND M. (2001) : "Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems", *Ecological Applications*, 11, 1586-1601.
- MESGARAN M.B., MASHHADI H.R., ZAND E., ALIZADEH H.M. (2007) : "Comparison of three methodologies for efficient seed extraction in studies of soil weed seedbanks", *Weed Research*, 47, 472-478.
- MILBERG P., HANSSON M. (1993) : "Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland", *J. of Vegetation Sci.*, 4, 35-42.
- MOONEN A.C., BARBERI P. (2004) : "Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover-crop-maize management systems", *Weed Research*, 44, 163-177.
- NIE Z.N., BARKER D.J., VALENTINE I., MACKAY A.D., HODGSON J. (1999) : "Changes in the population of germinated seed in a hill pasture during and after a pastoral fallow", *Grass and Forage Science*, 54, 127-136.
- POUSSET J. (2003) : *Agricultures sans herbicides, principes et méthodes*, éd. Agridécisions, Groupe France Agricole, 705 p.
- SANDERSON M.A., GOSLEE S.C., KLEMENT K.D., SODER K.J. (2007) : "Soil seed bank composition in pastures of diverse mixtures of temperate forages", *Agronomy J.*, 99, 1514-1520.
- SURAUULT F., HUYGHE C., VERON R. (2008) : "Production fourragère de mélanges prairiaux et d'associations à diversité spécifique initiale variée", *Fourrages*, 194, 161-174.
- SURAUULT F., JULIER B., BARRE P. (2010) : "Valeur agronomique de prairies de ray-grass anglais composées de une ou plusieurs variétés", *Fourrages*, 204, 255-262.
- TEASDALE J.R., MANGUM R.W., RADHAKRISHNAN J., CAVIGELLI M.A. (2004) : "Weed seedbank dynamics in three organic farming crop rotations", *Agronomy J.*, 96, 1429-1435.
- TØRRESEN K.S., SKUTERUD R. (2002) : "Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank", *Crop Protection*, 21, 179-203.
- TRACY B.J., RENNE I.J., GERRISH J., SANDERSON M.A. (2004) : "Effects of plant diversity on invasion of weed species in experimental pasture communities", *Basic and Applied Ecology*, 5, 543-550.
- TSUYUZAKI S. (1994) : "Rapid seed extraction from soil by flotation method", *Weed Research*, 34, 433-436.
- WELLSTEIN C., OTTE A., WALDHARDT R. (2007) : "Seed bank diversity in mesic grassland in relation to vegetation type, management and site conditions", *J. of Vegetation Sci.*, 18, 153-162.
- WESTERMAN P.R., WES J.S., KROPPF M.J., VAN DER WERF W. (2003) : "Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields", *J. of Applied Ecology*, 40, 824-836.



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33 01 30 21 99 59 – Fax : +33 01 30 83 34 49 – Mail : [afpf.versailles@gmail.com](mailto:afpf.versailles@gmail.com)

Association Française pour la Production Fourragère