



Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers

Nicolas Munier-Jolain, Safia Mediene, Helmut Meiss, F. Boissinot, W. Rainer, C. Jacques, Vincent Bretagnolle

► To cite this version:

Nicolas Munier-Jolain, Safia Mediene, Helmut Meiss, F. Boissinot, W. Rainer, et al.. Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers. *Innovations Agronomiques*, 2012, 22, pp.71-84. hal-01019446

HAL Id: hal-01019446

<https://hal.science/hal-01019446>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers

Munier-Jolain N.⁽¹⁾, Médiène S.⁽²⁾, Meiss H.⁽¹⁾, Boissinot F.⁽³⁾, Rainer W.⁽⁴⁾, Jacques C.⁽⁵⁾, Bretagnolle V.⁽⁶⁾

(1) INRA, UMR1347 Agroécologie, BP 86510, F-21000 Dijon, France

(2) AgroParisTech, UMR211 Agronomie, 78850 Thiverval-Grignon, France

(3) Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, CS 70510, 49105 Angers Cedex 02, France

(4) Institute of Landscape Ecology and Resources Management, Justus-Liebig-University, D-35392 Giessen, Allemagne

(5) AgroSup-Dijon, UMR1347 Agroécologie, BP 86510, F-21000 Dijon, France

(6) CNRS, UPR 1934 CEB de Chizé, 79360 Villiers-en-Bois, France

Correspondance : nicolas.munier-jolain@dijon.inra.fr

Résumé

La complémentarité entre les productions céréalières (sensu lato) et les productions fourragères liées à l'élevage est un levier majeur de gestion de la flore adventice, par la diversification des successions culturales qu'elle permet. Cet article synthétise les connaissances actuelles sur les effets sur la flore de l'insertion de prairies temporaires dans les successions céréaliers, sur la base d'une étude bibliographique et de travaux menés en France. Les relevés de flore en parcelle agricole et les expérimentations en station convergent pour démontrer l'effet précédent répressif des prairies temporaires (en particulier la luzerne) sur de nombreuses espèces adventices très problématiques dans les systèmes céréaliers. Les prairies temporaires peuvent favoriser certaines espèces, mais peu problématiques en grandes cultures : espèces à port rampant ou en rosette, à cycle court, peu compétitives, ou espèces vivaces perturbées par les travaux du sol pendant les phases de la succession de cultures annuelles. Une enquête sur les pratiques des agriculteurs de la Zone Atelier « Plaine & Val de Sèvre » a montré que la diversification des successions par des cultures fourragères et des légumineuses permet de concilier la réduction de la dépendance aux herbicides, la réduction des impacts environnementaux, la réduction des consommations d'énergie à l'échelle du système, et la rentabilité économique.

Mots-clés : mauvaise herbe, succession culturale, fauche, luzerne, dactyle, prédation

Abstract: Role of temporary grasslands for weed management in cereal cropping systems

Combining grain crops and forage crops within a given cropping system is a great lever for managing weeds. This paper sums up current knowledge about the effect of perennial forage crops on weeds, based on a literature review and results from field surveys and experiments in France. All studies concur to demonstrate that temporary grasslands reduce the density of problematic weeds in subsequent annual crops. Some species with specific life traits (creeping or rosette morphologies, short cycles, and some perennials) might be favoured by temporary grasslands, but these species are either poorly competitive or sensitive to soil tillage that occurs during the succession phase of annual crops. Surveys in Western France showed that diversifying crop succession with perennial forage crops and legumes made it possible to reconcile reducing herbicide use, reducing environmental impacts and energy inputs, and maintaining economical profitability.

Keywords: crop succession, mowing, hay cutting, lucerne, alfalfa, cocksfoot, predation

Introduction

La mise à disposition des herbicides pour lutter contre la flore adventice des cultures céréalières (au sens large, i.e. grandes cultures, céréales, oléoprotéagineux, betteraves, maïs...) est probablement le changement technique qui a le plus facilité l'évolution vers la simplification des systèmes de grandes cultures depuis le milieu du XX^{ème} siècle. Les régions agricoles françaises sont aujourd'hui hyper-spécialisées, ce qui se traduit par une faible diversité locale des assolements et des successions culturales (Mignolet et al, ce colloque). La lutte contre les adventices repose très majoritairement sur l'utilisation des herbicides, raisonnée en fonction de la flore présente. Mais la forte dépendance des systèmes agricoles vis-à-vis des herbicides est remise en cause à la fois pour des raisons environnementales (résidus d'herbicides dans les eaux superficielles et souterraines, déclin de la biodiversité), et pour des raisons techniques liées au développement préoccupant de biotypes d'adventices résistants aux herbicides.

Les successions culturales simplifiées favorisent le développement des infestations, car une espèce adaptée aux cycles culturaux toujours très similaires, année après année, trouvera chaque année les conditions favorables à l'accomplissement de son propre cycle, lui permettant de se multiplier par voie végétative pour les espèces vivaces, par production semencière pour les annuelles. Le taux élevé de multiplication moyen nécessite alors d'être compensé par une forte pression herbicide pour maintenir les niveaux d'infestation dans des limites compatibles avec la production agricole.

La réduction de la dépendance aux herbicides nécessite de mobiliser d'autres facteurs de régulation de la démographie des adventices, dans le cadre de stratégies de gestion relevant de la Protection Intégrée (Chikowo et al., 2009 ; Munier-Jolain et al., 2011). La diversification des successions culturales constitue un des leviers majeurs de ces stratégies peu consommatrices d'herbicides, car elle permet de diversifier les cycles culturaux et les conditions de croissance rencontrées par les adventices. En revanche, la diversité des conditions de croissance rencontrées à l'échelle de la succession est susceptible de favoriser la diversité des espèces végétales maintenues dans le milieu 'champ cultivé'. Les successions diversifiées favorisent donc théoriquement des communautés adventices à la fois plus riches en nombre d'espèces et à la démographie beaucoup moins explosives que les monocultures ou les rotations très simplifiées.

De ce point de vue, la complémentarité entre production 'céréalière' et élevage comporte deux avantages majeurs :

- Elle permet souvent de fournir des débouchés locaux aux cultures de diversification introduites dans les successions simplifiées : par exemple, l'introduction dans une succession de cultures d'hiver (de type colza-blé-orge) de cultures de triticales (espèce très compétitrice étouffant les adventices) ou de protéagineux de printemps ou de sorgho (espèces à cycles très décalés par rapport aux cultures d'hiver) est plus facile lorsqu'une valorisation locale en alimentation animale résout d'éventuels problèmes de commercialisation des productions végétales (marchés peu organisés localement) (Duc et al, ce colloque).
- Elle permet plus facilement d'envisager l'introduction dans les successions culturales 'céréalières' de cultures fourragères pluriannuelles. Ces cultures constituent un milieu très contrasté par rapport aux cultures annuelles, caractérisé par (i) l'absence de travail du sol pendant la durée de la prairie temporaire, (ii) un régime de perturbation fréquent par les fauches (ou le pâturage) pouvant perturber la croissance des adventices et limiter les possibilités de production semencière, et (iii) une intensité de compétition pour la lumière exercée par la plante cultivée pendant la plus grande durée de la période d'exploitation de la culture.

Une revue bibliographique très complète a été réalisée sur les effets sur la flore adventice de la diversification des successions culturales par l'introduction de cultures fourragères pluri-annuelles (Meiss, 2010). La première approche des agronomes ayant traité la question est celle d'enquêtes sur les bénéfices de la diversification des rotations. Une telle enquête menée au Canada a montré que

83 % des agriculteurs interrogés ayant pratiqué des rotations avec prairies temporaires sont convaincus du bénéfice en terme de maîtrise de la flore adventice dans les cultures suivantes, et 33% pensent que cet effet 'précédent' persiste dans la rotation 3 années ou plus après la culture fourragère (Entz et al., 1995). Sur la base de relevés de flore dans des céréales suivant soit des luzernes soit des cultures annuelles 'céréalières', réalisés également au Canada, Ominski et al. (1999) ont observé des réductions significatives après luzerne de la densité d'espèces typiques des systèmes céréaliers (*Avena fatua*, *Brassica kaber*, *Cirsium arvense*, *Galium aparine*), mais pas d'effet sur des espèces adventices estivales (*Amarantus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Setaria viridis*), et une augmentation d'une espèce vivace (*Taraxacum officinale*). En Australie, de façon similaire, des études ont montré le rôle des prairies temporaires pour gérer des problèmes de graminées résistantes aux herbicides, *Avena fatua* et *Lolium rigidum* (Gill et Holmes, 1997). De nombreux travaux expérimentaux aboutissent à des conclusions similaires, i.e. une réduction de la densité des adventices, en particulier des graminées à germination hivernale dans les cultures suivant les cultures fourragères pluri-annuelles (Sjursen, 2001 ; Albrecht, 2005), l'effet observé étant parfois cité comme aussi efficace, voire plus efficace que les traitements herbicides appliqués sur les parcelles témoin (Schoofs et Entz, 2000 ; Bellinder et al., 2004). La forte sensibilité des graminées à germination hivernale à l'insertion des prairies temporaires peut s'expliquer par la relativement faible durée de vie des semences dans le sol pour ce type d'espèces (Barralis et al., 1988). Mais il faut tout de même signaler des études nord-américaines sur des systèmes à base de maïs et de soja qui ont conclu à des augmentations possibles de densités de graminées estivales après les cultures fourragères fauchées (Teasdale et al., 2004).

Selon les études, le bénéfice des prairies temporaires en termes de gestion de la flore adventice est caractérisé soit par une réduction des densités d'adventices dans les cultures suivantes, soit par une réduction du niveau de recours aux herbicides (Heggenstaller et Liebman, 2006). Par ailleurs, l'augmentation de la diversité floristique de la parcelle est également souvent associée à la diversification de la rotation par des cultures fourragères pluri-annuelles, notamment par le développement d'espèces vivaces (*Taraxacum officinale*, *Rumex*), qui sont rarement problématiques dans les cultures annuelles suivantes du fait de leur sensibilité aux interventions de travail du sol.

Par ailleurs, l'effet des prairies temporaires sur la flore adventice dépend également des modalités de gestion de cette prairie, de la fréquence de fauche notamment (Norris et Ayres, 1991). Mais ce facteur peut avoir des effets contrastés selon les études et les espèces adventices, selon que la fauche intervient comme une perturbation interdisant la production semencière, ou comme une ouverture du milieu favorisant la croissance en biomasse des espèces adventices à forte aptitude à la reprise de croissance post-fauche.

Le présent article correspond à une synthèse de travaux menés au cours des dernières années en France sur le rôle de l'insertion de prairies temporaires dans les rotations 'céréalières' du point de vue de la maîtrise de la flore adventice. Des relevés de flore dans des parcelles d'agriculteurs, dans des prairies temporaires, mais également dans les cultures annuelles qui suivent ces prairies, ont permis de mettre en évidence l'effet 'précédent' des prairies temporaires sur la flore adventice. Des expérimentations menées dans le SOERE ACBB, site de Lusignan, et sur le site expérimental INRA de Dijon-Epoisses, ont permis d'étudier les effets des modes de gestion de la prairie temporaire sur la dynamique floristique des parcelles. Ces expérimentations ont également permis de mettre en évidence l'effet du milieu particulier des couverts de prairies temporaires sur l'activité d'organismes prédateurs de graines d'adventices, contribuant potentiellement à la régulation biologique des communautés adventices. Des essais analytiques en conditions contrôlées (serre) ont permis d'étudier les effets de la fauche sur la croissance des adventices, permettant d'analyser la diversité de la réponse des espèces adventices aux effets de la prairie temporaire. Enfin, une étude fondée sur des enquêtes d'agriculteurs utilisant des niveaux contrastés d'herbicides a permis de mettre en évidence l'intérêt de la prairie temporaire pour concilier la réduction de l'usage d'herbicides avec des bonnes performances économiques et environnementales.

Effets sur la flore adventice de l'insertion de prairies temporaires dans les successions 'céréalières'

Cas de la Zone Atelier « Plaine & Val de Sèvre » (Chizé, 79)

Une étude a été réalisée entre 2006 et 2008 en parcelles agricoles afin de tester l'effet de l'introduction de cultures fourragères pluri-annuelles sur la composition et la dynamique des communautés adventices à l'échelle de la rotation culturale (Meiss et al., 2010b). 420 parcelles ont été sélectionnées dans la zone atelier « Plaine & Val de Sèvre » (450 km²) localisée dans la plaine de Niort (Deux-Sèvres), région de céréaliculture intensive. Ces parcelles ont été classées en 4 groupes, représentant 4 phases-clé d'une rotation incluant des luzernes : (a) blés d'hiver qui succèdent à au moins 5 ans de cultures annuelles, (b) luzernes âgées de 1 an et qui succèdent à plusieurs années de cultures annuelles (prairies jeunes), (c) luzernes de 2 à 6 ans (prairies 'artificielles' installées), (d) blés d'hiver qui succèdent à une luzerne (cultures annuelles après la phase prairiale). La composition des communautés adventices, leur diversité et la fréquence de groupes fonctionnels ont été comparées entre les 4 groupes.

La composition spécifique diffère de manière importante entre les 4 groupes. L'Analyse Canonique Discriminante présentée en Figure 1 permet de visualiser une représentation circulaire des 4 groupes de parcelles (a à d), correspondant à une trajectoire cyclique des communautés adventices qui suit la succession temporelle des cultures dans la rotation.

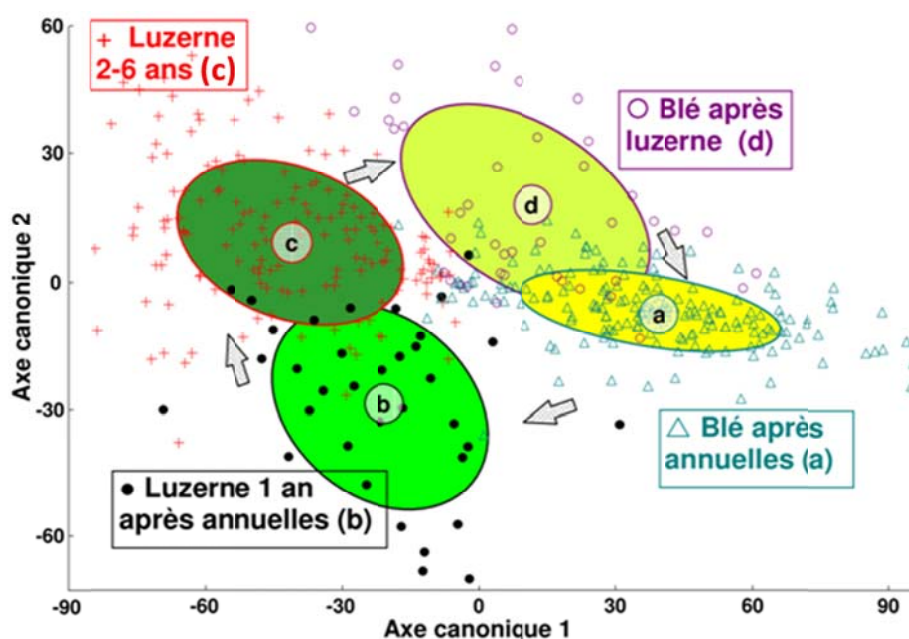


Figure 1 : Analyse Canonique Discriminante des communautés adventices dans 4 groupes de parcelles (a), (b), (c) et (d) représentant les 4 phases-clé d'une rotation incluant des cultures annuelles et pérennes (luzerne). D'après Meiss et al. (2010b).

Des comparaisons deux à deux montrent que les différences de composition sont significatives entre tous les groupes (ANOSIM : Analyse des Similarités). L'analyse des espèces indicatrices (ISA) montre que 9 espèces sont significativement associées aux blés qui suivent des cultures annuelles (a). Les luzernes jeunes (b) sont associées à 16 autres espèces contre 10 pour les luzernes plus âgées (c). Seulement 4 espèces sont associées avec les blés qui suivent les prairies (d). Il est à noter que plusieurs espèces sont communes aux groupes (c) et (d). 8 groupes fonctionnels ont été établis *a priori*

selon la réponse attendue des espèces à l'insertion de la prairie (groupes établis selon la biologie des espèces et leur morphologie). La fréquence des espèces dicotylédones annuelles érigées et grimpantes est significativement plus élevée dans le groupe (a), réduite dans le groupe (b), davantage réduite dans le groupe (c) et à nouveau augmentée dans le groupe (d) sans atteindre le niveau du groupe (a). La tendance inverse est observée dans 4 autres groupes fonctionnels : les plantes annuelles en rosette, les dicotylédones bisannuelles et pérennes et les graminées pérennes.

Ces résultats montrent que la luzerne a un impact fort sur la dynamique des communautés adventices à l'échelle de la rotation. Les espèces les plus touchées sont les dicotylédones annuelles à port érigé et grimpant, sensibles à la fauche de la prairie (e.g. Mercuriale, Chénopode blanc, Morelle, Renouée liseron), y compris des espèces très problématiques en systèmes céréaliers (Gaillet). Le vulpin, graminée typique des systèmes céréaliers, est aussi affecté de façon importante par le précédent luzerne. A l'inverse, les espèces en rosette et certaines graminées (Ray-grass) sont plus adaptées à ces pratiques. De plus, certaines espèces pérennes (comme le Pissenlit ou le Rumex) semblent profiter de l'absence de travail du sol pendant la période de la luzerne, alors que le chardon des champs, pourtant pérenne, est peu présent en blé de luzerne, les fauches successives épuisant les réserves souterraines chez cette espèce. Pour conclure, cette étude suggère que l'insertion de prairies temporaires, comme la luzerne, dans des rotations céréaliers permet de réduire les abondances d'espèces adventices indésirables dans les cultures annuelles tout en favorisant des espèces moins problématiques.

Cas du SOERE ACBB de Lusignan

Le SOERE ACBB (Système d'observation et d'expérimentation au long terme sur les Agroécosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité) est un dispositif expérimental qui a pour objectif d'évaluer les impacts environnementaux des prairies (Lemaire et al., 2005). Le site de Lusignan, mis en place en 2005, traite plus spécifiquement des impacts agronomiques et environnementaux de l'insertion de prairies temporaires dans des rotations de grandes cultures. Les flux de carbone, d'eau et d'azote générés dans ces systèmes de culture sont étudiés ainsi que la dynamique de la composante biologique (flore semée et adventice, vers de terre, microorganismes du sol). Les prairies sont semées en mélange de ray-grass anglais, fétuque et dactyle et la rotation culturale de référence (sans prairie) est maïs/blé/orge. Les effets de la durée (3, 6 et 20 ans) et du niveau de fertilisation de la prairie temporaire insérée dans cette rotation sont étudiés.

Ce dispositif a été utilisé afin de répondre à la question suivante : est-ce que les prairies temporaires sont un moyen efficace pour réguler les adventices à l'échelle du système de culture ? En particulier, les effets directs sur la flore adventice (effet à court terme lié à la compétition de la prairie) et les effets indirects sur le stock semencier (effet à plus long terme qui va s'exprimer à l'échelle de la succession culturale) ont été évalués. La flore levée a été observée une fois par an dans les prairies (au printemps avant la première fauche) et deux fois par an dans les cultures (après l'implantation et après la récolte de la culture). Le stock semencier initial a été caractérisé à l'installation du dispositif en 2005 puis tous les trois ans. Trois niveaux de diversité, la diversité α (intra-parcellaire), β (inter-parcellaire) et fonctionnelle, ont été étudiés afin d'analyser la composition et la dynamique des communautés adventices dans les cultures et dans les prairies temporaires.

La Figure 2 présente l'abondance et la diversité α de la flore levée. Ces variables sont élevées au début de l'expérimentation dans la flore initiale (P0). Les adventices sont peu abondantes dans les cultures (parce qu'elles sont désherbées) mais elles présentent une diversité α relativement élevée (surtout dans les cultures de printemps). L'abondance et la richesse spécifique diminuent avec l'âge des prairies pour les prairies N+ (fertilisation normale) alors que ces variables sont stables dans les prairies N- (fertilisation réduite) avec des valeurs assez élevées. La diversité β diffère entre les groupes de relevés. En particulier, la méthode ANOSIM permet de détecter des différences significatives entre la flore

initiale, la flore du maïs et la flore des prairies. La comparaison entre les prairies N+ et N- montre également des différences de composition. Enfin, la méthode ISA permet d'identifier les espèces et les groupes fonctionnels liés à certains groupes de relevés. Les espèces pérennes bénéficient des conditions de croissance particulières dans les prairies. A l'inverse, on retrouve des espèces annuelles avec une morphologie érigée dans les cultures annuelles. Les légumineuses apparaissent et augmentent dans les prairies N-.

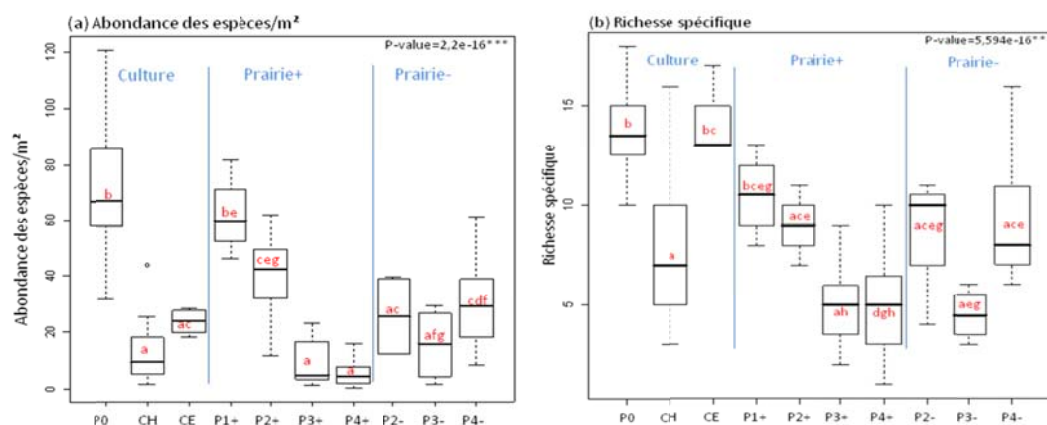


Figure 2 : Mesure de la diversité α de la flore levée (Médiène et al., 2012a): (a) Abondance des adventices (b) Richesse spécifique. Les observations ont été regroupées en 10 groupes selon la nature du couvert (Point initial/Culture/Prairie N+/Prairie N-) et l'âge de la prairie (1 an à plus de 3 ans). P0 : Flore initiale. CH : Culture d'hiver. CE : Culture d'été. P1+ : Prairie d'1 an avec N+. P2+ : Prairie de 2 ans avec N+. P3+ : Prairie de 3 ans avec N+. P4+ : Prairie de plus de 3 ans avec N+. P2- : Prairie de 2 ans avec N-. P3- : Prairie de 3 ans avec N-. P4- : Prairie de plus de 3 ans avec N-. N+ correspond à une fertilisation normale et N- à une fertilisation réduite.

Une analyse canonique discriminante montre une composition du stock semencier assez proche entre les cultures et les prairies au début de l'expérimentation, quand les traitements ne sont pas encore différenciés. Trois ans après, les compositions entre les prairies et les cultures semblent s'être fortement différenciées. Ces changements sont liés à des groupes fonctionnels différents. Dans les prairies, on observe des dicotylédones annuelles rampantes et en rosette et des dicotylédones pérennes. Les cultures présentent principalement des dicotylédones annuelles érigées.

Cette étude suggère plusieurs effets des prairies temporaires sur les communautés adventices.

- Les prairies temporaires permettent de réduire l'abondance des adventices à des valeurs proches de celles rencontrées dans des cultures désherbées. La fertilisation azotée semble augmenter la compétitivité de la prairie et son efficacité pour lutter contre les adventices
- Les prairies peu fertilisées diminuent également l'abondance des espèces mais elles présentent une richesse spécifique et une diversité fonctionnelle plus élevées, ce qui peut représenter un intérêt pour favoriser la biodiversité dans les systèmes de culture (Marshall et al., 2003).
- La dynamique d'évolution des communautés adventices semble rapide : un an après l'installation de la prairie, certaines adventices problématiques sont réduites (dicots annuelles érigées) et l'ensemble des annuelles deux ans après. La colonisation de nouvelles espèces, comme les espèces pérennes et les légumineuses, est plus lente (dans les prairies de 4 ans avec une fertilisation limitée). Des changements de composition spécifique et fonctionnelle sont perceptibles dans le stock semencier au bout de trois ans de prairie.

Effets des modalités de conduite de la prairie temporaire: régime de fauche

Une autre expérimentation pluri-annuelle au champ a été conduite entre 2006 et 2009 pour tester les effets des prairies temporaires et de leur mode de gestion sur les communautés adventices (Meiss, 2010). Dans cet essai mis en place sur l'Unité Expérimentale INRA de Dijon-Epoisses, les facteurs étudiés étaient la nature de la culture fourragère (luzerne *vs.* dactyle), la période de semis (automne *vs.* printemps), et la fréquence de fauche (3 *vs.* 5 fauches annuelles). Le dispositif comportait également un témoin correspondant à une succession de cultures annuelles : Blé-Orge de printemps-Soja-Blé. Aucun désherbage n'a été appliqué pendant la durée de l'expérimentation (trois ans). La flore adventice a été suivie par des comptages fréquents, en particulier avant chaque fauche, et dans une culture de blé qui a été implantée de façon homogène sur tous les traitements expérimentaux en 4^{ème} année. Après 2,5 années, des prélèvements de sol ont été réalisés dans les différents traitements expérimentaux en vue d'une estimation de la densité de semences dans le sol. Cette estimation a été réalisée par la technique de mise en germination des échantillons de sol étalés dans des terrines, pendant trois années, et identification et comptage des plantules levées.

La densité d'adventices dans les prairies a diminué au cours de l'expérimentation, de façon progressive dans la luzerne, et de façon plus tardive mais très rapide dans le dactyle, en lien avec la mise en place lente du couvert de dactyle et la très forte densité finale de ce couvert. Dans le même temps, la densité de certaines espèces adventices a augmenté de façon explosive dans le système de cultures annuelles. Pour une même espèce prairiale, peu de différences de densité globale d'adventices ont été observées entre les différents régimes de fauche. Des effets similaires des traitements expérimentaux ont été observés sur le stock semencier après 2,5 années : le stock global de semences adventices était très nettement inférieur pour les différents traitements de prairie temporaire, en comparaison du stock observé pour la succession de cultures annuelles, mais peu différents entre les différentes modalités de prairies temporaires (Figure 3).

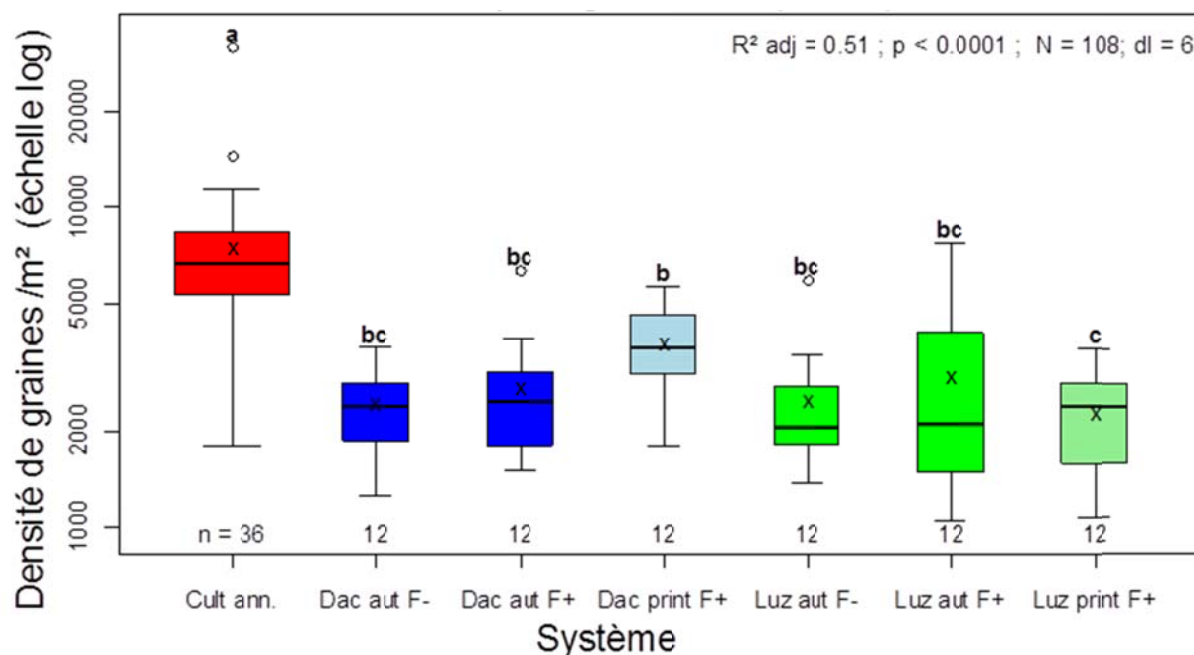


Figure 3: Densité de semences d'adventices dans les 10 premiers cm de sol après 2,5 années d'expérimentation, pour différentes modalités de prairies temporaires et une succession de cultures annuelles.

En revanche, les traitements expérimentaux ont eu des effets significatifs sur la composition des communautés adventices du fait de réponses contrastées des espèces adventices aux techniques. Dans le stock semencier, les espèces favorisées par la succession de cultures annuelles sont des espèces typiques des systèmes céréaliers (Gaillet, Vulpin, Moutarde des champs), les espèces favorisées par les cultures fourragères semées au printemps sont des espèces printanières qui ont eu le temps de terminer leur cycle avant la première fauche, et qui ont des semences persistantes dans le sol (Chénopodes, Renouée persicaire), alors que les espèces favorisées par les cultures fourragères semées au début de l'automne sont des espèces à cycle hivernal court et un port rampant, leur permettant de boucler leur cycle pendant les mois d'hiver où le couvert végétal est moins dense, voire d'échapper partiellement à la perturbation de la fauche (Véronique de Perse, Stellaire, Géranium). La fréquence de fauche affecte également la composition des communautés : certaines espèces, et en particulier des espèces basses, rampantes, comme la Stellaire, la Renouée des oiseaux et la Véronique de Perse, ont été favorisées par les fauches fréquentes, qui donnent l'accès à la ressource lumineuse, mais les espèces très problématiques en systèmes céréaliers, plus hautes, plus compétitives, à cycle plus long, comme le Vulpin ou le Gaillet, ont été défavorisées par les fauches fréquentes qui limitent les possibilités de dissémination grainière. Ce dernier type d'espèces a semblé par ailleurs plus défavorisé par la luzerne que par le dactyle, sans que les traits de vie qui expliquent ce résultat aient pu être clairement identifiés.

La comparaison des densités d'adventices entre le début de l'expérimentation, avant les premières fauches, et les cultures de blé homogènes en fin d'expérimentation permet de caractériser l'effet des modalités expérimentales sur l'évolution du potentiel d'infestation. Toutes espèces confondues, ce potentiel semble avoir augmenté pour toutes les modalités, mais beaucoup moins dans les systèmes intégrant des prairies temporaires que dans la succession de culture annuelle. En outre, l'augmentation de potentiel d'infestation sous les prairies est lié essentiellement à l'augmentation d'espèces peu compétitives pour les céréales (Véroniques, Stellaire, Renouée des oiseaux, Renouée liseron). Dans le même temps, le potentiel d'infestation des espèces beaucoup plus problématiques en cultures de céréales ou de colza (Vulpin, Gaillet, Brome, Ray-grass, Géranium) a nettement diminué pendant la période de prairie temporaire, quelles que soient les modalités de gestion (espèce prairiale et fréquence de fauche). L'expérimentation confirme, par une analyse fine à l'échelle de l'espèce, l'intérêt de l'insertion des cultures fourragères pluri-annuelles pour la répression des espèces adventices les plus problématiques des systèmes céréaliers, dans le cadre de stratégies de gestion alternatives au 'tout chimique'.

Analyse des mécanismes impliqués dans l'effet observé des prairies temporaires sur les adventices

Divers mécanismes peuvent expliquer les effets de l'insertion de prairies temporaires sur la dynamique démographique des communautés adventices, parmi lesquels la diminution des germinations-levées par l'absence de travail du sol, la perturbation de la phénologie des adventices par les fauches, la réduction de la croissance en biomasse en situation de concurrence intense pour la lumière ... Deux mécanismes ont été plus particulièrement analysés dans le cadre d'une étude sur les effets des prairies temporaires, respectivement la reprise de croissance post-fauche des adventices et des plantes cultivées prairiales, et la prédation des graines par des organismes granivores dans le milieu particulier constitué par le couvert prairial.

Reprise de croissance post-fauche

Une expérimentation a été conduite en 2007 et 2008 pour évaluer la variabilité interspécifique d'aptitude à la reprise de croissance consécutive à une fauche (Meiss et al., 2008). Ce caractère est déterminant

pour expliquer les effets de la fauche en terme de modification des équilibres compétitifs entre les différentes composantes du couvert 'culture prairiale:adventices'. 10 espèces ont été semées en pot, dont 8 espèces adventices annuelles (6 dicotylédones et 2 graminées), de la luzerne et du dactyle. Les plantes cultivées sous serre ont été coupées à intervalle régulier pour estimer la production de biomasse entre chaque coupe. Par ailleurs, les effets de la biomasse des plantes et du stade phénologique à la date de coupe ont été étudiés au moyen de semis de plantes décalés, générant des biomasses et des stades différents à la date de la première coupe.

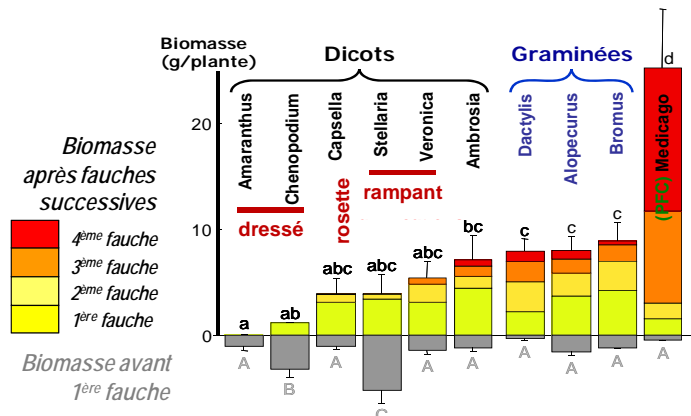


Figure 4 : Dynamique de croissance en biomasse après différentes coupes, pour 10 espèces contrastées, en l'absence de compétition (d'après Meiss et al., 2008)

Les 10 espèces ont montré une aptitude de reprise de croissance post-fauche très contrastée (Figure 4), la luzerne étant de loin l'espèce ayant accumulé le plus de biomasse à la 5ème fauche, malgré une croissance plutôt lente en début de cycle. Les espèces suivantes les plus adaptées au régime de fauches répétées sont les 3 graminées. A l'inverse, les espèces dicotylédones à port dressé comme l'Amarante et le Chénopode blanc ont montré une très mauvaise aptitude à la croissance après la fauche, presque 100 % des Amarantes ne survivant pas à la fauche. L'espèce en rosette (Capselle) et les dicotylédones rampantes (Stellaire et Véronique de Perse) ont montré une aptitude intermédiaire, grâce à la fois à la présence de plusieurs bourgeons sous la hauteur de coupe et d'une surface foliaire verte résiduelle plus importante que les espèces à port dressé.

La vitesse de croissance d'une plante individuelle est très corrélée à sa biomasse au moment de la fauche (Meiss et al., 2008), d'une part parce que la biomasse aérienne est corrélée à la disponibilité en assimilats dans les organes préservés par la coupe (pivot racinaire, plateau de tallage), assimilats remobilisables pour initier la croissance des nouvelles feuilles, d'autre part parce que pour beaucoup d'espèces, en particulier les espèces à port rampant ou en rosette, la biomasse pré-fauche détermine la surface foliaire résiduelle post-fauche.

Ces résultats expliquent en partie pourquoi les précédents 'luzerne' défavorisent plus les espèces à port dressé que les espèces rampantes. En revanche, cela n'explique pas l'effet répressif des prairies artificielles sur une graminée annuelle, le Vulpin, observé sur les relevés floristiques de Chizé et sur l'expérimentation d'Epoisses. Dans le cas de cette espèce, c'est probablement un effet sur la phénologie, la perturbation du cycle par la fauche qui interdit toute production semencière pendant plusieurs années, chez une espèce dont les semences sont peu persistantes dans le sol, qui peut expliquer l'effet observé.

Couvert prairial et prédation de semences d'adventices

Les relations entre agriculture et biodiversité, le rôle joué par la biomasse adventice comme ressource trophique pour d'autres organismes herbivores ou granivores, le rôle de la prédation de graines d'adventices comme régulateur biologique potentiel des infestations des champs cultivés sont des thèmes de recherche actuels en agroécologie. L'expérimentation d'Epoisses sur les prairies

temporaires et la flore adventice décrite plus haut a été utilisée pour étudier l'impact des prairies temporaires sur la prédation de graines d'adventices (Meiss et al., 2010a). L'hypothèse testée est que le couvert végétal durablement fermé des prairies artificielles génère un habitat favorable à la présence et l'activité des organismes granivores. Des cartes 'présentoirs de graines' ont été positionnées au sol à trois saisons différentes (Avril, Mai, Juillet), sur sol nu, et sous couvert de dactyle ou luzerne soumis chacun à deux régimes de fauche différents (trois ou cinq fauches par an). Le niveau de fermeture du couvert, variable entre les deux espèces prairiales et la fréquence de fauche, était caractérisé par des capteurs de rayonnement posés au sol. Après deux semaines, les cartes ont été relevées, et le nombre de semences consommées a été compté.

Les taux de prédation observés sur les cartes peuvent atteindre jusqu'à 60 % au mois de Juillet sous couvert végétal. Ils sont toujours supérieurs sous couvert que sur sol nu, et également supérieurs sous les prairies à faible fréquence de fauche par rapport aux fortes fréquences. A la période où l'activité granivore est la plus intense (Juillet), 64 % de la variabilité du taux de prédation entre les traitements est expliqué par le niveau de fermeture du couvert (i.e. par le niveau de rayonnement mesuré au sol).

Ces résultats semblent donc confirmer l'hypothèse d'un habitat des prairies temporaires favorable à l'activité des organismes granivores, en lien avec la pérennité de la fermeture du couvert. Pour autant, on ne sait pas aujourd'hui quantifier le niveau de régulation à long terme que représente ce processus de prédation pour les infestations par les adventices annuelles.

Evaluation multi-critères de systèmes de culture intégrant des prairies temporaires

Une enquête a été conduite en 2010 sur le territoire de la zone atelier « Plaine & Val de Sèvre » suivie par le CEB de Chizé (Deux-Sèvres), visant à caractériser les pratiques et les stratégies d'agriculteurs peu consommateurs d'herbicides (Boissinot et al., 2011). 28 agriculteurs ont été interrogés sur leurs pratiques, choisis sur un gradient d'usage d'herbicides (8 agriculteurs Bio, l'Indice de Fréquence de Traitement herbicide (IFT-Herbicide) variant de 0,4 à 3,1 pour les 20 'conventionnels', cf. Figure 5). Cette enquête a permis de mettre en évidence deux stratégies non exclusives de réduction d'IFT-Herbicide, respectivement (i) la réduction de dose en recherchant l'optimisation de l'efficacité des traitements, et (ii) la mobilisation de leviers agronomiques se traduisant par une complexification des systèmes. Elle a par ailleurs produit trois enseignements majeurs qui sont directement liés à la complémentarité entre production 'céréalière' et élevage :

- La diversification des successions culturales, par l'alternance de cultures d'hiver et de printemps et par l'introduction de prairies temporaires (ici, uniquement des luzernes), sont des leviers majeurs de gestion de la flore adventice : tous les systèmes de culture comportant uniquement des cultures d'hiver, ainsi que les monocultures de maïs, sont parmi les plus gros consommateurs d'herbicides de l'échantillon (à l'exception d'un maïsiculteur combinant le désherbage mécanique et des traitements herbicides à faible dose). A l'inverse, les systèmes à faible usage d'herbicides sont le plus souvent des systèmes intégrant à la fois des cultures d'hiver et de printemps, et notamment des légumineuses de printemps qui sont parfois directement valorisées à la ferme chez les éleveurs, et/ou des systèmes avec luzerne.
- Ces mêmes légumineuses de printemps et ces luzernes génèrent un bénéfice environnemental, caractérisé par une amélioration de l'indicateur utilisé pour rendre compte des impacts des traitements sur la qualité des eaux souterraines, mais également par une nette baisse des consommations d'énergie par hectare, du fait des économies d'engrais azotés sur les cultures de légumineuses et sur les cultures suivantes. En effet, le poste 'engrais azoté' pèse souvent pour 30 à 50 % du coût énergétique total des systèmes de culture (Deytieux *et al.*, 2012).
- Enfin, on n'a observé dans notre échantillon aucun antagonisme entre la réduction d'usage d'herbicides et la rentabilité économique : les systèmes de l'échantillon qui consomment le moins

d'herbicides, parmi les systèmes conventionnels, présentent des valeurs de marge semi-nette¹ équivalentes, voire supérieures à celles des systèmes plus intensifs, plus consommateurs d'herbicides. En outre, les systèmes intégrant des luzernes et des légumineuses dans la rotation tendent à générer une rentabilité économique parmi les meilleures de l'échantillon, et une meilleure robustesse, c'est-à-dire une moindre sensibilité à la volatilité des prix (Figure 5). La luzerne est associée à de faibles coûts de mécanisation, et à de très faibles charges opérationnelles. Dans les conditions pédoclimatiques où la production de foin de luzerne est possible et valorisable, cette production n'est pas incompatible avec une bonne performance économique. Ce résultat était moins attendu car des résultats antérieurs issus d'expérimentations en station étaient moins favorables économiquement aux successions culturales diversifiées dans le cadre de stratégies de protection intégrée (Pardo *et al.*, 2010).

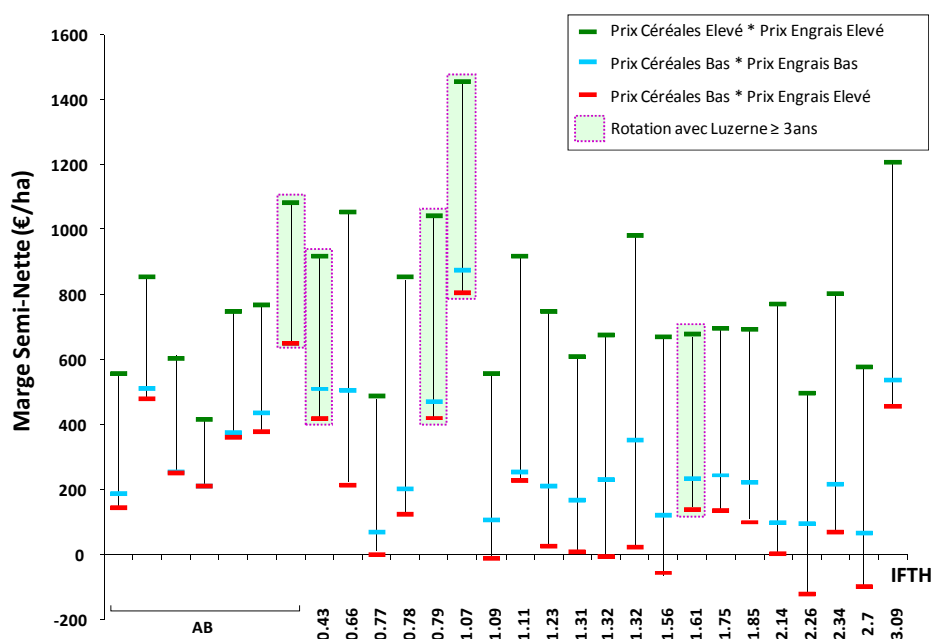


Figure 5 : Marge semi-nette estimée pour 28 systèmes de culture à niveau d'usage d'herbicides (IFTH) contrastés de la plaine de Niort (zone atelier de Chizé, Deux-Sèvres), et pour trois scénarios de contexte de prix. AB : Agriculture Biologique.

Ces résultats d'enquête ont été présentés aux agriculteurs du site atelier de Chizé, ce qui a donné lieu à des débats animés sur l'organisation de la filière luzerne dans la région. Certains agriculteurs 'céréaliers' ont fait part de leur *a priori* négatif sur la culture de luzerne, du fait de la difficulté de trouver des débouchés, alors même que les élevages caprins de la région sont très consommateurs de luzerne, et que le département des Deux-Sèvres est importateur de luzerne sous forme déshydratée (sans parler des importations de protéines végétales d'origine américaine). Ce constat permet de faire l'hypothèse d'un déficit d'organisation d'une filière locale potentiellement plus développée qu'elle ne l'est aujourd'hui, d'autant que les éleveurs et les techniciens de l'élevage soulignent l'intérêt de la luzerne dans la ration alimentaire des ruminants (fibres, appétibilité, protéines). Les débats qui ont accompagné la présentation de cette étude sont peut-être à l'origine de réflexion sur la diversification des assolements, puisque les surfaces implantées en luzerne en 2012 dans la zone atelier de Chizé sont en augmentation par rapport aux années précédentes, facilitées par des mesures agri-environnementales apportant un soutien financier aux agriculteurs qui font ce choix.

¹ Marge semi-nette : produits + aides PAC – charges opérationnelles et charges de mécanisation

Conclusion

L'ensemble des travaux présentés dans cet article convergent pour démontrer l'intérêt de l'insertion de prairies temporaires pour gérer la flore adventice dans des systèmes de grandes cultures, contribuant à une forte diversification des conditions de croissance des adventices, ce qui perturbe leur cycle biologique. Cette diversification n'est possible que lorsqu'il existe des débouchés pour les cultures fourragères, ce qui souligne l'importance d'une réflexion sur la complémentarité, à l'échelle d'un territoire donné, entre production végétale et élevage. Lorsque cette complémentarité existe à l'échelle d'une exploitation agricole (polyculture-élevage), cela facilite la diversification et la mise en œuvre de pratiques raisonnées spécifiquement au regard de la gestion de la flore adventice. Deux exemples qui n'ont pas encore été évoqués dans l'article vont dans le même sens :

- La culture en mélange de céréales et de légumineuses à graines, solution proposée pour la production de légumineuses tout en augmentant sensiblement l'aptitude à la concurrence vis-à-vis des adventices par rapport aux légumineuses pures (Corre-Hellou et al., 2012), dont la valorisation est plus facile directement à la ferme pour l'alimentation animale, sans nécessité de trier les graines ;
- L'ensilage 'en vert' des céréales en cas d'infestation mal contrôlée sur une parcelle donnée une année donnée. Cette technique permet d'éviter la multiplication des espèces annuelles, favorisant ainsi la réduction du stock semencier. Elle est utilisée par certains agriculteurs biologiques, mais n'est possible que lorsqu'il existe une possibilité locale de valorisation en fourrage de la biomasse ensilée.

Malheureusement la complémentarité entre production végétale et élevage n'existe pas toujours à l'échelle de l'exploitation. Il y a donc un enjeu fort autour de l'organisation de cette complémentarité à l'échelle de territoires plus larges, via la coordination des céréaliers et des éleveurs, l'organisation de marchés locaux permettant de valoriser des productions végétales de diversification (Bretagnolle et al., ce colloque). Les organismes de collecte ont bien entendu une responsabilité forte pour l'accompagnement de l'agriculture dans cette nécessaire démarche de diversification, nécessaire pour concilier le respect de l'environnement et de la biodiversité avec la rentabilité de l'agriculture.

Remerciements

La majorité des travaux présentés dans cet article ont été réalisés dans le cadre des projets ECOGER et ADVHERB (ANR-08-STRA-02).

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.
- Barralis G., Chadoeuf R., Lonchamp J., 1988. Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research* 28, 407-418.
- Bellinder R.R., Dillard H.R., Shah D.A., 2004. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. *Crop Protection* 23, 95-101.
- Boissinot F., Mézière D., Bretagnolle V., Munier-Jolain NM, 2011. Réduire l'usage des herbicides en grandes cultures. *Phytoma*, 649, 39-44.
- Chikowo R., Faloya V., Petit S., Munier-Jolain N.M., 2009. The performance of Integrated Weed Management for containing weeds at the cropping system level in field crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132, 237-242.
- Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., Jensen E.S., 2011, Competitive ability of pea-barley intercrops

against weeds and interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crop Research*, 122, 264-272.

Deytieux V., Nemecek T., Freiermuth Knuchel R., Gaillard G., Munier-Jolain N.M., 2012. Is Integrated Weed Management efficient for reducing environmental impacts of cropping systems? A case study based on life cycle assessment. *European Journal of Agronomy*, 36, 55-65.

Entz M.H., Bullied W.J., KatepaMupondwa F., 1995. Rotational benefits of forage crops in Canadian prairie cropping systems. *J. Prod. Agric.* 8, 521-529.

Gill G.S., Holmes J.E., 1997. Efficacy of cultural control methods for combating herbicide-resistant *Lolium rigidum*. *Pesticide Science* 51, 352-358.

Heggenstaller A.H., Liebman M., 2006. Demography of *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi* in three crop rotation systems. *Weed Research* 46, 138-151.

Lemaire G., Soussana J.F., Emile J.C., Chabbi A., Louault F., Loiseau P., Dumont D., Charrier X., 2005. Roles of grasslands and grassland management for biogeochemical cycles and biodiversity. Setting up long-term manipulation experiments in France. XX International Grassland Congress, 765-766.

Linhart Y.B., Grant M.C., 1996. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27, 237-277.

Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D. Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K., 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77-89.

Médiène S., Zhang W., Doisy D. and Charrier X., 2012a. Temporary grasslands impact weed abundance and diversity. In: 12th Congress of the European Society for Agronomy. Helsinki, Finland, pp. 70-71.

Médiène S., Decock S. and Charrier X., 2012b. Seed bank dynamics in crop rotations and temporary grasslands. In: 12th Congress of the European Society for Agronomy. Helsinki, Finland, pp. 350-351.

Meiss H., Munier-Jolain N.M., Henriot F. Caneill J., 2008. Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after cutting. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21, 493-500.

Meiss H., 2010. Diversifying crop rotations with temporary grasslands: Potentials for weed management and farmland biodiversity. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 206 p.

Meiss H., Le Lagadec L., Munier-Jolain N.M., Waldhardt R., Petit S., 2010a. Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 10-16.

Meiss H., Médiène S., Waldhardt R., Caneill J., Bretagnolle V., Reboud X., Munier-Jolain N., 2010b. Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations. *Weed Research*, 50, 331-340.

Munier-Jolain N.M., Parisi L., Alaphilippe A., Brun L., Caffier V., Deytieux V., Didelot D., Lemarquand A., Simon S., 2011. La combinaison de méthodes, fondement de la protection intégrée. In: Ricci P., Bui S., Lamine C., (Eds.) *Repenser la protection des cultures – innovations et transitions ?* Educagri Editions, p. 58-80.

Norris R.F., Ayres D., 1991. Cutting Interval and Irrigation Timing in Alfalfa: Yellow Foxtail Invasion and Economic Analysis. *Agronomy Journal* 83, 552-558.

Ominski P.D., Entz M.H., Kenkel N., 1999. Weed suppression by *Medicago sativa* in subsequent cereal crops: a comparative survey. *Weed Science* 47, 282-290.

Pardo G., Rivavololona M., Munier-Jolain N.M., 2010. Using a farming system model to evaluate cropping system prototypes: are labour constraints and economic performances hampering the adoption of Integrated Weed Management? *European Journal of Agronomy* 33, 24-32.

Sauvant D., Dijkstra J., Meryens D., 1995. Optimisation of ruminal digestion: a modelling approach. In: M. Journet, E. Grenet, M-H. Farce, M. Theriez, C. Demarquilly (Eds.), *Recent developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of IVth International Symposium on the Nutrition of herbivores*, INRA Editions, Paris, p. 143-165.

Schoofs A., Entz M.H., 2000. Influence of annual forages on weed dynamics in a cropping system. Canadian Journal of Plant Science 80, 187-198.

Sjursen H., 2001. Change of the weed seed bank during the first complete six-course crop rotation after conversion from conventional to organic farming. Biol. Agric. Hortic. 19, 71-90.

Teasdale J.R., Mangum R.W., Radhakrishnan J., Cavigelli, M.A., 2004. Weed seedbank dynamics in three organic farming crop rotations. Agronomy Journal 96, 1429-1435.