



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.fr



AFPF - Maison Nationale des Eleveurs - 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)7.69.81.16.62 - Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages

Dynamique à long terme des adventices dans des rotations prairies-cultures. 1. Effet de la durée de la phase prairie exploitée en fauche

F. Gastal¹, M. Z. Schuster², J. Chargelègue¹, X. Charrier¹, S. Médiène³

La présence de prairies temporaires dans les rotations est bénéfique à la fourniture de plusieurs services écosystémiques. Notamment, la présence de prairies temporaires pourrait réduire l'abondance en adventices durant les phases de culture, permettant ainsi d'envisager un moindre recours aux herbicides.

RESUME

L'objectif de l'étude était d'évaluer l'effet de la durée de phases en prairie de fauche et l'effet de leur fertilisation sur la dynamique des adventices durant plusieurs rotations successives. L'étude a été conduite durant la période 2005-2022. Les traitements expérimentaux comprenaient des prairies de 3 ans et des prairies de 6 ans soumises à deux niveaux de fertilisation N, en rotation avec une succession de cultures de 3 ans (maïs, blé d'hiver, orge d'hiver). Ces traitements ont été comparés aux « témoins » succession de cultures sans prairie et prairie permanente semée. Les résultats montrent que la présence d'une phase de prairie a modifié la dynamique, la diversité et la composition des communautés adventices. La présence de prairies de 3 ans ou de 6 ans a diminué l'abondance en adventices durant la phase de cultures si les prairies étaient fertilisées. Elle n'a pas eu d'effet si la prairie de 6 ans n'était pas fertilisée. Les résultats montrent que l'arrière-effet des prairies temporaires sur les adventices durant les phases de culture est fortement dépendant du mode de gestion de ces prairies.

SUMMARY

Long-term dynamics of weeds in grassland-crop rotations. 1. Effect of the duration of the grassland phase used in mowing

The objective of the study was to evaluate the effect of the duration of phases of mowed grass and the effect of their fertilization on weed dynamics during several successive rotations. The study was conducted during the period 2005-22. The experimental treatments included 3-year old and 6-year old grasslands subjected to two levels of N fertilization, in rotation with a succession of 3-year crop (corn, winter wheat, winter barley). These treatments were compared to the "controls" crop succession without grassland and sown permanent grassland. Results showed that the presence of a grassland phase altered the dynamics, diversity and composition of weed communities. The presence of 3 or 6-year old grassland reduced the abundance of weed during the cropping phase if the grassland was fertilized. It had no effect if the 6-year-old grassland was not fertilized. The results show that the after-effect of temporary grasslands on weeds during the cropping phase is highly dependent on the management of these grasslands.

L'insertion de prairies temporaires dans les rotations de cultures est un levier qui favorise et diversifie les services écosystémiques que peuvent rendre ces rotations (Franzuebbers, 2007; Russelle *et al.*, 2007; Lemaire *et al.*, 2014, 2015 ; Martin *et al.*, 2020). Les rotations prairie-cultures permettent notamment d'améliorer la qualité de l'eau (Kunrath *et al.*, 2015), le stockage de carbone (Creme *et al.*, 2020), le cycle des minéraux, notamment pour les prairies riches en légumineuses (trèfle, luzerne, etc... ;

Justes *et al.*, 2001 ; Angus *et al.*, 2006). Elles permettent aussi d'augmenter de nombreuses composantes de la biodiversité (Bretagnolle *et al.*, 2020). Plusieurs travaux antérieurs indiquent aussi que la présence de phases en prairie dans les rotations de cultures réduit la pression adventice et pourrait permettre de réduire l'usage d'herbicides durant les phases de cultures. En effet, des travaux déjà relativement anciens avaient identifié cet effet (Sébillote, 1980 ; Boiffin *et al.*, 1982). Plus récemment, Meiss *et al.* (2010a) ont montré qu'un

AUTEURS

1 : INRAE, UE FERLUS, 86600 Lusignan, francois.gastal.inra@orange.fr

2 : Department of Crop Production and Protection, Federal University of Paraná, 1540 Rua dos funcionários Road, Curitiba, PR 80035-060, Brazil

3 : INRAE-AgroParisTech-Université Paris-Saclay, UMR Agronomie, Campus Agro Paris-Saclay, 91123 Palaiseau cedex

MOTS-CLES : rotations, adventices, cultures, prairies, arrière-effets, durée de la prairie, fertilisation

KEY-WORDS: rotations, weeds, crops, grasslands, after-effects, grassland duration, fertilization

REFERENCE DE L'ARTICLE : Gastal F., Schuster M. Z., Chargelègue J., Charrier X., Médiène S., (2022). « Dynamique à long terme des adventices dans des rotations prairies-cultures. 1. Effet de la durée de la phase prairie exploitée en fauche ». *Fourrages* 252, 41-53

couvert pluriannuel de luzerne précédant une culture de blé pouvait être un levier permettant de limiter le développement de certaines adventices problématiques comme le chardon, et de réduire l'usage des herbicides dans les phases de culture.

Toutefois, peu d'études décrivent de manière détaillée les dynamiques d'adventices et les implications pratiques en matière de gestion des adventices dans les rotations prairies-cultures. Dans leurs travaux sur les adventices dans les rotations luzerne-cultures, Meiss *et al.* (2010a) ne recensaient que peu d'études sur le sujet au niveau mondial. Sur le plan des processus, Meiss *et al.* (2010b) ont montré qu'une diversification et une spécialisation de la flore d'adventices se met en place au cours des phases de prairie et des phases de culture qui se succèdent. La pression de compétition aérienne exercée par le couvert prairial durant la majeure partie de l'année, les séquences répétées de fauche, qui limitent le développement et la reproduction d'une partie de la flore adventice, le faible niveau de travail du sol, qui a des implications sur la germination des adventices, sont des éléments qui concourent à la mise en place de flores adventices spécifiques (Meiss *et al.*, 2010a). Ils peuvent contribuer à un effet de filtre et à une réduction de la pression en adventices lorsqu'on passe de la phase prairie à la phase de cultures.

Depuis les travaux de Meiss *et al.* (2010 a,b,c), plusieurs études récentes sont apparues. Notamment, Schuster *et al.* (2018) ont montré, en expérimentant au Brésil des rotations courtes sur une durée longue, que la présence de phases de prairie de 6 mois réduisait durablement la pression adventice sur les cultures durant le reste de l'année. Dominschek *et al.* (2021) ont également confirmé, dans une rotation plus longue en milieu subtropical, l'effet d'une phase de prairie sur la réduction de pression adventice dans les cultures suivantes. Par ailleurs, une réduction des IFT dans les systèmes de production avec prairies temporaires a été montrée à l'échelle nationale sur les fermes du réseau DEPHY (Lechenet *et al.*, 2016). Il reste toutefois à déterminer si cette réduction globale d'IFT provient du fait que les prairies en elles-mêmes ne sont pas traitées, ou si leur présence conduit aussi à une réduction d'IFT sur les cultures annuelles des rotations.

Au-delà de l'effet d'une phase unique de prairie, cas qui a le plus souvent été étudié, la dynamique des adventices sur plusieurs rotations successives est un aspect crucial à considérer. D'autre part, les modes de gestion de la phase prairie (durée dans la rotation, niveau de fertilisation) peuvent également orienter les dynamiques d'adventices, et sont également à prendre en considération.

L'objectif global de la présente étude est de quantifier et d'analyser la dynamique à long terme des adventices dans des rotations prairies-cultures. Trois questions sont abordées :

- Comment évolue la diversité et l'abondance totale en adventices dans des rotations prairies-cultures soumises à différentes modalités de conduite de la prairie, comparativement à leur diversité et abondance dans les rotations de cultures annuelles et dans la prairie semée maintenue permanente ?
- Quelles sont la composition et la dynamique des communautés adventices impliquées ?
- L'insertion de prairies dans les rotations de cultures permet-elle de diminuer la pression en adventices dans les phases de cultures ?

La présente étude a été réalisée sur le dispositif d'observation à long terme ACBB (Agro-écosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité ; <https://www.soere-acbb.com/>) de Lusignan, qui a pour objectif d'évaluer les cycles des éléments biogéochimiques et la biodiversité de prairies insérées dans différentes modalités de rotations prairies-cultures annuelles.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Dispositif et traitements expérimentaux

Les traitements expérimentaux étudiés ici ont été établis en 2005 et se poursuivent actuellement. Ils comprennent 5 modalités de rotation prairies-cultures permettant d'analyser l'effet de la présence et de la durée de la phase prairie dans les rotations (Tableau 1) :

- Un traitement de rotation incluant une prairie de 3 ans alternant avec 3 années de succession maïs grain-blé tendre d'hiver-orge d'hiver (T2) ;
- Un traitement de rotation incluant une prairie de 6 ans alternant avec 3 années de succession maïs grain-blé tendre d'hiver-orge d'hiver (T3) ;
- Un traitement « témoin » culture (T1 : succession maïs grain-blé tendre d'hiver-orge d'hiver) ;
- Un traitement « témoin » prairie permanente semée (T5) ;
- Enfin, un traitement T4 est une variante à faible fertilisation azotée du traitement rotation à prairie de 6 ans (T3).

Dans cette étude, les prairies sont exploitées en fauche. Le mode pâturage est analysé comparativement à la fauche dans un article compagnon.

Rotation / année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
T1 Cultures annuelles (Maïs – Blé – Orge)	Maïs	Blé	Orge	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O	M	B	O
T2 Prairie 3 ans/cultures annuelles 3 ans, N+	Cultures (phase 1)			Prairie 3 ans (phase 1)			Cultures (phase 2)			Prairie 3 ans (phase 2)			Cultures (phase 3)			Prairie 3 ans (phase 3)		
T3 Prairie 6 ans / cultures annuelles 3 ans, N+	Prairie 6 ans (phase 1)						Cultures (phase 1)			Prairie 6 ans (phase 2)						Cultures (phase 2)		
T4 Prairie 6 ans/cultures annuelles 3 ans, N-	Prairie 6 ans (phase 1)						Cultures (phase 1)			Prairie 6 ans (phase 2)						Cultures (phase 2)		
T5 Prairie permanente, N+	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

TABLEAU 1 : Rotations appliquées sur le dispositif expérimental ACBB de Lusignan. M : maïs grain. B : blé tendre d'hiver. O : orge d'hiver.

Table 1 : Rotations applied on the ACBB experimental system in Lusignan. M: Corn, B: winter wheat, O: winter barley

Ce dispositif permet d'analyser et de comparer la dynamique des adventices au sein et entre chacun des traitements expérimentaux. Il permet également d'analyser l'arrière-effet de la présence d'une phase prairie dans les rotations, sur l'abondance des adventices durant une phase suivante de culture durant trois périodes spécifiques :

- Sur la phase de culture succédant à une première phase de prairies de différentes durées (3 et 6 ans) ou recevant une faible fertilisation en azote, en comparant les traitements T2, T3 et T4 avec T1 dans la période 2011-13 ;
- Sur la phase de culture succédant à la seconde phase prairie de 3 ans, en comparant le traitement T2 à T1 dans la période 2017-19 ;
- Sur la phase culture succédant à la seconde phase de prairie de 6 ans, soumise à deux niveaux de fertilisation azotée, en comparant les traitements T3 et T4 à T1 durant la période 2020-22.

Les modalités T1 à T5 ont été appliquées sur des parcelles de 0,3 à 0,4 ha, dans un dispositif complet randomisé en blocs à 4 répétitions. Le sol est un sol brun argilo-limoneux profond (Cambisol), à pH compris entre 6,2 et 6,8 (Creme *et al.*, 2020). Le site est soumis à un climat de type océanique, caractérisé par des hivers relativement doux, une pluviométrie moyenne annuelle de 698 mm sur les 30 dernières années et une sécheresse estivale marquée se prolongeant plus ou moins longtemps sur l'automne, selon les années.

Afin d'homogénéiser la zone expérimentale, une culture d'orge d'hiver a été conduite sur l'ensemble de la surface durant les deux années précédant la mise en place des traitements expérimentaux.

Toutes les cultures annuelles et toutes les prairies ont été implantées après labour, sur l'ensemble de la période d'expérimentation.

Les prairies ont été semées au printemps, sur la base d'un mélange de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*, cv. *Soni*), dactyle (*Dactylis glomerata*, cv.

Ludac) et raygrass anglais (*Lolium perenne*, cv. *Milca*), à une densité de 10, 12 et 5 kg/ha respectivement. Dans nos conditions expérimentales d'étés relativement secs, le raygrass anglais a disparu après quelques années mais la fétuque élevée et le dactyle se sont maintenus dans des proportions proches de 45 % et 55 %, respectivement. Diverses espèces autres que celles semées se sont installées progressivement au cours des années. Ces espèces, dénommées ici adventices, font l'objet de la présente étude.

Les parcelles en prairie ont généralement subi 3 à 4 fauches par an selon les conditions météorologiques. Les fréquences et dates de fauche ont été similaires pour les prairies fertilisées (T2, T3, T5) et la prairie non fertilisée (T4). Une fertilisation en azote a été appliquée sur les cultures selon les recommandations du logiciel PC-AZOTE (Kunrath *et al.*, 2015). Des doses annuelles moyennes de 103 et 201 kg N minéral/ha ont été appliquées respectivement sur les cultures annuelles et les prairies fauchées. Une fertilisation annuelle moyenne de 44 kg N minéral/ha a été appliquée sur la prairie peu fertilisée (traitement T4). Les sols étaient très largement pourvus en P et K lors de la mise en place du dispositif en 2005, de sorte qu'aucune fertilisation P-K n'a été apportée entre 2005 et l'été 2019. Une fertilisation PK de redressement a été apportée à partir de 2019 (cf Gastal *et al.*, 2022).

Afin de limiter l'envahissement par les adventices, des traitements herbicides ont été appliqués chaque année sur les parcelles en culture. Ainsi, un traitement herbicide antidicotylédones a généralement été appliqué sur les céréales durant la fin de l'hiver ou le tout début du printemps, ou en post-levée sur le maïs. Un traitement anti-graminées a parfois été appliqué à l'automne. Les herbicides appliqués avaient des spectres d'efficacité anti-dicots et anti-graminées assez larges pour contrôler le cortège d'espèces adventices présentes chaque année. Des rattrapages ont parfois été nécessaires pour maîtriser des adventices à levée plus tardive et échelonnée comme le chardon. Pour une année donnée, les traitements herbicides ont été

identiques sur toutes les parcelles en culture puisque les cultures des différentes rotations étant similaires (protocole factoriel).

En revanche, les prairies n'ont reçu aucun traitement herbicide.

1.2. Caractérisation de la flore adventice

Les relevés floristiques ont été réalisés une fois par an sur les prairies (en avril, un peu avant la première fauche). Ils ont été réalisés généralement deux fois par an sur les cultures, le premier relevé étant fait en fin d'hiver pour le blé tendre et l'orge d'hiver, et en fin de printemps pour le maïs. Le second relevé était fait après la récolte des cultures annuelles (juillet à août pour le blé et l'orge d'hiver, octobre pour le maïs). Les relevés floristiques sur culture ont été réalisés avant application des traitements herbicides.

Sur chaque parcelle, 13 relevés ont été répartis le long des deux diagonales, à une distance d'environ 12 m entre relevés. En chaque point, les espèces adventices présentes dans un anneau de 0,25 m² ont été identifiées et leur abondance a été enregistrée à l'aide d'une échelle adaptée de Barralis. Ainsi les notes de 0 à 4 correspondaient respectivement à des abondances de 0, 1, 2 à 5, 6 à 12, et plus de 12 individus par espèce dans la surface de l'anneau. L'abondance a ensuite été convertie en nombre d'individus par m² en affectant la valeur minimale de chaque classe (0, 1, 2, 6, 12 individus par anneau) divisée par la surface de l'anneau. Lorsque deux relevés ont été faits par année (cas des cultures), l'abondance annuelle qui a été retenue pour chaque espèce en chaque point est la valeur maximale d'abondance de chacun des 2 relevés. Les données des 13 points de relevé de chaque parcelle ont été combinées pour calculer le nombre et l'abondance des espèces à l'échelle de la parcelle, qui constitue l'unité expérimentale retenue ici.

Les données de l'année 2016 n'ont pas pu être collectées sur prairie. Les données sur prairies sont également manquantes à l'année 2014, du fait que cette année-là, la période d'observation des adventices était située immédiatement après le semis des nouvelles prairies (T2, T3, T4).

Dans l'objectif d'une analyse plus fonctionnelle et en s'inspirant de l'approche de Meiss *et al.* (2010b), les espèces ont été réparties en groupes homogènes d'une part selon leur cycle de vie (annuel, bisannuel ou pérenne) et d'autre part selon leur port (rosette, dressé, graminéoïde, grimpant ou en touffe).

1.3. Analyse des données

Les données d'abondance se distribuaient selon une loi non pas normale mais binomiale négative. De ce fait les données ont été traitées selon un modèle linéaire généralisé adapté à cette loi binomiale négative, avec la fonction `glm.nb` de R (package MASS). Pour l'abondance totale, une première analyse a été faite en testant les

différentes combinaisons possibles des facteurs traitement, année, bloc et de leurs interactions. Le modèle le plus adapté a été retenu sur la base du critère d'Akaike (AIC). Les interactions traitement x année et bloc x année sont généralement apparues significatives. Compte tenu de la complexité d'interprétation de ces interactions, un second traitement date par date, ou par période de 3 ans (durée élémentaire des phases culture et prairie des rotations) a été effectué, considérant pour chaque date ou période les facteurs traitement et bloc (interaction bloc x traitement très généralement non significative). Les comparaisons de moyenne ont été effectuées avec la fonction `emmeans`, au seuil de 5 % [sauf si spécifié différemment].

L'abondance par espèce variait de manière plus erratique d'une année à l'autre que l'abondance totale. De ce fait l'effet des traitements sur l'abondance par espèce a été testé de manière plus globale sur l'ensemble des années, en utilisant un modèle mixte (fonction `glmer.nb` du package `lme4` de R) avec le traitement et le bloc en effets fixes et l'année en effet aléatoire.

1.4. Modélisation de l'abondance totale

L'abondance totale en adventice a été modélisée en considérant que la biomasse aérienne annuelle de la culture ou de la prairie (cumul des biomasses par cycle de fauche) est un facteur qui régule l'abondance. Si la biomasse annuelle, prairie ou culture, d'une année donnée est plus élevée qu'une valeur seuil critique spécifique à prairie ou culture, elle a un effet négatif sur l'abondance en adventices de l'année suivante. Inversement, si la biomasse annuelle est inférieure à la valeur du seuil critique, elle a un effet positif sur l'abondance en adventice. On considère également que la biomasse annuelle des années précédentes a un effet positif ou négatif qui s'atténue avec le temps : l'année N-1 a un effet plus marqué que l'année N-2, qui elle-même a un effet plus marqué que l'année N-3, etc.

Ainsi, les données d'abondance ont été modélisées selon l'équation (Schuster *et al.*, 2020) :

$$A_N = k \times \left[\left(\frac{Sc(N-1)}{B(N-1)} \right)^\alpha \times \left(\frac{Sc(N-2)}{B(N-2)} \right)^{\alpha/2} \times \left(\frac{Sc(N-3)}{B(N-3)} \right)^{\alpha/3} \times \dots \times \left(\frac{Sc(N-n)}{B(N-n)} \right)^{\alpha/n} \right]$$

dans laquelle A_N représente l'abondance en adventice à l'année N, $B(N-1)$ représente la biomasse annuelle à l'année précédente, Sc représente le seuil critique de biomasse, α représente le taux de d'atténuation de l'effet des cultures ou prairies des années antérieures. Le facteur k est un facteur de proportionnalité.

Les valeurs de seuil critique retenues étaient de 24 et 4,7 t/ha pour les cultures et les prairies, respectivement (Schuster *et al.*, 2020). La valeur de α était de 0,49 pour les cultures et les prairies. Ce modèle est ici utilisé non pas comme un modèle de prédiction à valeur générale de l'abondance en adventices, mais comme un outil permettant de montrer l'effet de la biomasse totale annuelle accumulée sur les traitements.

2. Résultats

2.1. Evolution globale de l'abondance totale en adventices sur les traitements expérimentaux

En moyenne sur l'ensemble de la période 2005-22, l'abondance totale en adventices était plus élevée sur le traitement rotation de cultures (T1), sur la rotation à prairie fertilisée de 3 ans (T2) et sur la rotation à prairie très faiblement fertilisée (T4) (Tableau 2). L'abondance totale en adventices était plus faible sur le traitement prairie semée permanente (T5), et sur la rotation à prairie fertilisée de 6 ans (T3). L'abondance totale en adventices était plus faible sur le traitement prairie semée permanente (T5), et sur la rotation à prairie fertilisée de 6 ans (T3). L'abondance totale en adventices de la rotation à prairie fertilisée de 3 ans (T2), quoique non significativement différente de T1, semblait intermédiaire entre les traitements rotation de cultures (T1) et rotation à prairies fertilisées de 6 ans (T3).

De manière dynamique sur la période d'observation 2005-22, l'évolution année après année de l'abondance en adventices (Figure 1) était relativement fluctuante sur chaque traitement, en particulier sur le

Traitement	T1	T2	T3	T4	T5
Abondance totale moyenne (nombre d'individus/m ²)	52.8 (17.2) a	42.7 (17.7) a	23.3 (10.0) b	51.0 (15.2) a	20.2 (13.2) b
Richesse spécifique annuelle moyenne (individus/m ²)	13.5 (3.0) a	12.5 (3.4) a	9.6 (3.2) b	13.2 (3.5) a	6.7 (1.8) c
Richesse spécifique cumulée sur la période 2005-22 (individus/m ²)	75.5 (5.0) c	91.2 (1.1) b	97.0 (0.6) ab	101.5 (0.9) ab	105.7 (0.7) a

TABLEAU 2 : Effet des traitements expérimentaux sur l'abondance totale moyenne en adventices et la richesse spécifique moyenne ou cumulée sur la globalité de la période d'observation (2005-22). L'erreur standard est donnée entre parenthèses et les lettres indiquent les différences significatives.
Table 2 : Effect of experimental treatments on average total weed abundance and average or cumulative species richness over the entire observation period (2005-22).

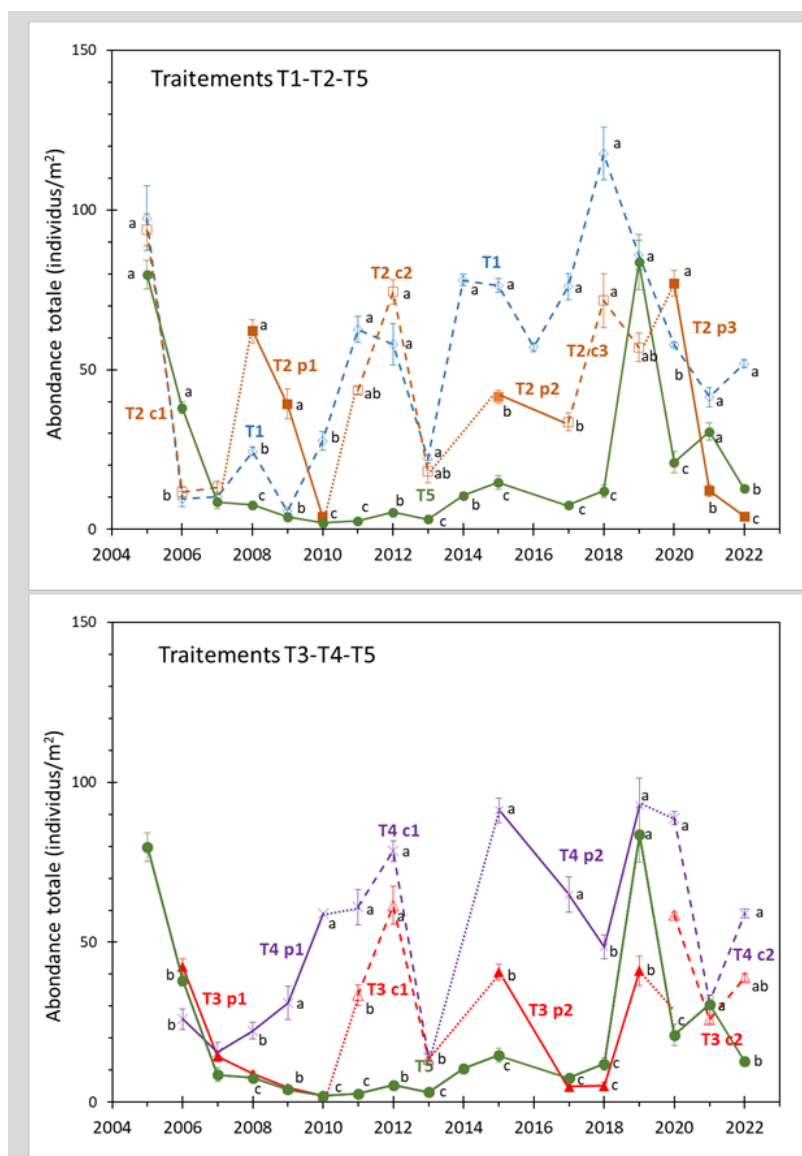


FIGURE 1 : Evolution de l'abondance totale annuelle en adventices dans les traitements expérimentaux cultures, prairie et rotations prairies-cultures. A : rotations cultures (T1, losange bleu), prairie de 3 ans (T2, carré marron) et prairie permanente (T5, rond vert). B : rotations prairie de 6 ans fertilisée en N (T3, triangle rouge), prairie de 6 ans peu fertilisées en N (T4, croix violette) et prairie permanente (T5, rond vert). Les tirets relient les phases en culture, les traits pleins les phases en prairie, et les pointillés les transitions culture-prairie. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres indiquent les traitements significativement différents (analyse date par date, commune aux 5 traitements T1 à T5). Les phases prairie et culture des rotations (T2, T3, T4) sont indiquées par les lettres P et C suivies du numéro de la rotation (cf tableau 1 pour plus de détails).
Figure 1 : Evolution of total annual weed abundance in the crop, grassland and grassland-crop rotations. A: crop rotations (T1, blue diamond), 3-year old grassland (T2, brown square) and permanent grassland (T5, green circle). B: 6-year N-fertilized grassland (T3, red triangle), 6-year low-N grassland (T4, purple cross) and permanent grassland (T5, green circle) rotations.

traitement culture (T1). Malgré les fluctuations entre années, l'abondance totale en adventices est restée plus élevée sur le traitement de cultures (T1) et durant les phases de culture des rotations (T2, T3, tireté) que sur le traitement prairie permanente semée (T5) et durant les phases de prairie fertilisée des rotations (T2, T3, trait continu). Sur prairie, les phases d'installation (première et parfois seconde années) faisaient exception, avec des valeurs plus élevées que les années suivantes (cf paragraphe suivant). Sur la rotation à prairie peu fertilisée (T4), l'abondance totale en adventices était plus élevée que sur les prairies fertilisées (T2, T3, T5), et se situait presque au même niveau que l'abondance en adventices observée sur la rotation de cultures (T1).

La dynamique d'abondance en adventices durant la phase d'installation des prairies peut être illustrée de manière plus précise en représentant l'évolution de l'abondance totale en adventices en fonction de l'âge des prairies depuis leur année d'implantation (Figure 2). L'abondance totale en adventices était toujours élevée durant l'année d'implantation (année 1) puis diminuait rapidement et restait relativement faible et stable dans les 5 à 6 années qui suivaient, si la prairie était fertilisée en N (T2, T3, T5).

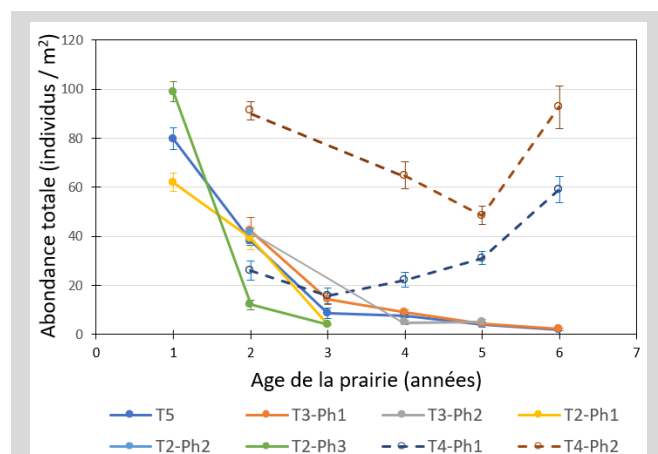


FIGURE 2 : Dynamique de l'abondance totale annuelle des prairies semées dans les années qui suivent leur installation (prairie semée permanente (T5), phases successives en prairie (Ph1, Ph2, Ph3) des rotations fertilisées en N (T2, T3) et de la rotation peu fertilisée (T4, tireté). Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

Figure 2 : Dynamics of total annual abundance of sown grasslands in the years following their establishment (permanent sown grassland (T5), successive grassland phases (Ph1, Ph2, Ph3) of N-fertilized rotations (T2, T3) and the low-fertilized rotation (T4, dashed).

Sur la prairie faiblement fertilisée en N (T4), l'abondance totale en adventices diminuait également durant les 2 à 3 premières années suivant leur implantation, puis réaugmentait rapidement dans les années qui suivaient (T4, fin des phases prairie 1 et 2). On peut aussi noter qu'au-delà d'une dizaine d'années, l'abondance totale en adventices de la prairie semée

permanente (T5) tendait à devenir plus fluctuante (avec notamment un pic inattendu en 2019) et à augmenter progressivement (Figure 1, années 2014-21), alors qu'elle était restée très basse durant les années qui suivaient sa phase d'installation (2009-13).

2.2. Richesse spécifique et dynamique des espèces adventices

Sur l'ensemble des traitements expérimentaux et des années d'observation, 124 espèces adventices ont été observées. Cette diversité d'espèces adventices s'est cumulée progressivement au cours des années. Elle ne préjuge pas de l'abondance de chaque espèce, qui pouvait être relativement élevée pour certaines d'entre elles, intermédiaire ou très faible pour d'autres. La richesse spécifique (le nombre total d'espèces adventices), cumulée sur la période 2005-22 (Tableau 2) était la plus élevée sur le traitement prairie permanente semée (T5), intermédiaire sur le traitement prairie de 3 ans (T2), et la plus faible sur le traitement rotation de cultures annuelles (T1). Quoique non statistiquement différentes, la richesse spécifique cumulée du traitement rotation à prairie de 6 ans (T3) était proche de celle du traitement de rotation à prairie de 3 ans (T2) tandis que la richesse spécifique cumulée du traitement prairie de 6 ans peu fertilisée (T4) était proche de celle du traitement prairie permanente (T5).

La richesse spécifique présente à chaque année était bien entendu plus faible que la richesse spécifique cumulée sur toute la période, puisque certaines des espèces observées durant une ou plusieurs années pouvaient ne plus être présentes durant l'année ou les années qui suivaient, voire disparaître. Le nombre moyen d'espèces adventices présentes par année fluctuait selon les années, mais on n'a pas noté de tendance significative d'évolution au cours de la période 2005-22. En revanche, le nombre moyen d'espèces présentes par année variait significativement selon les traitements expérimentaux (Tableau 2), passant de 6,7 pour le traitement prairie permanente (T5) à 12 à 14 pour les traitements culture (T1), la rotation à prairie courte (T2) et la rotation à prairie peu fertilisée (T4). La valeur était intermédiaire (9,6) pour la rotation à prairie de 6 ans (T3).

Les espèces dominantes de la flore adventice (espèces présentes avec une abondance moyenne sur la période d'observation, supérieure à 1 % de l'abondance totale ; Tableau 3) étaient pour certaines communes aux cultures et aux prairies (capselle bourse à pasteur, jonc des crapauds, pâturin annuel, renouée des oiseaux, verveine officinale, véronique à feuille de lierre). D'autres espèces étaient observées de manière prédominante sur cultures (chénopodes, chardon des champs, coquelicot argémone, lamier pourpre, panic, renouée faux liseron) ou de manière prédominante sur prairie (céraistes, porcelle enracinée, pissenlit, vulpie queue de rat). Enfin, certaines espèces étaient observées de manière prédominante voire exclusive sur la rotation à prairie

Espèce	Nom vernaculaire	Traits	T1	T2	T3	T4	T5
<i>Agrostis stolonifera</i> +sp.	Agrostide stolonifère	P-G	0.9 ab	0.7 ab	0.3 b	1.1 a	0.4 ab
<i>Anagallis arvensis</i>	Mouron des champs	A-T	0.5 b	1.3 a	0.2 bc	0.5 ab	0.1 c
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse à pasteur	A-R	3.0 a	3.0 a	1.0 b	0.6 b	1.4 b
<i>Cerastium arvense</i> +glom	Céraiste	A-T	0.5 c	0.7 c	1.9 b	3.7 a	1.7 bc
<i>Chenopodium</i> sp.	Chénopode	A-D	1.3 a	0.9 ab	0.2 bc	0.4 b	0.1 c
<i>Cirsium arvense</i>	Chardon des champs	P-R	1.7 a	0.2 b	0.1 b	0.1 b	0.1 b
<i>Crepis</i> sp.	Crépide	A-R	0.1 b	0.2 b	0.3 b	2.4 a	0.3 b
<i>Hypericum perforatum</i>	Millepertuis perforé	P-D	0.1 c	0.9 a	0.2 b	0.3 b	0.03 c
<i>Hypochaeris radicata</i>	Porcelle enracinée	I-R	0.0 c	0.0 c	0.1 C	2.8 a	0.8 b
<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	P-D	1.4 a	0.6 b	0.6 b	0.7 b	0.2 c
<i>Kickxia spuria</i> +sp	Linaire commune	A-T	0.2 ab	0.7 a	0.4 a	0.5 a	0.0 b
<i>Lamium purpureum</i>	Lamier pourpre	A-D	0.4 a	0.2 ab	0.1 ab	0.1 ab	0.0 b
<i>Panicum miliaceum</i>	Panic	A-G	0.7 a	0.4 a	0.2 a	0.0 a	0.0 a
<i>Papaver argemone</i>	Coquelicot argemone	A-R	2.9 a	0.3 b	0.1 b	0.1 b	0.5 b
<i>Picris hieracioides</i>	Picride fausse épervière	I-R	0.0 b	0.0 b	0.0 b	1.1 a	0.0 b
<i>Plantago</i> sp.	Plantain	P-R	0.6 ab	0.8 a	0.2 bc	0.3 abc	0.2 c
<i>Poa annua</i>	Paturin annuel	A-G	13.4 a	12.1 a	5.6 b	5.2 b	3.9 b
<i>Poa trivialis</i>	Paturin commun	P-G	0.1 a	0.5 a	0.1 a	0.3 a	0.1 a
<i>Polygonum aviculare</i>	Renouée des oiseaux	A-T	5.6 a	5.1 b	2.4 b	2.4 b	2.0 c
<i>Fallopia convolvulus</i>	Renouée faux liseron	A-T	1.4 a	0.4 ab	0.3 bc	1.1 ab	0.0 c
<i>Polygonum persicaria</i>	Renouée persicaire	A-D	0.8 a	2.0 a	0.4 ab	0.5 a	0.3 b
<i>Senecio vulgaris</i> +sp.	Seneçon	A-D	4.6 a	0.8 b	0.5 bc	0.4 bc	0.3 c
<i>Solanum nigrum</i> +sp	Morelle noire	A-D	1.0 a	1.1 a	0.3 ab	0.5 a	0.4 ab
<i>Sonchus</i> sp.	Laiteron	A-R	0.8 a	0.9 a	0.1 a	0.2 a	0.5 a
<i>Stellaria media</i>	Stélaire intermédiaire	A-T	3.1 a	2.9 ab	1.2 b	1.2 b	0.2 c
<i>Taraxacum officinale</i>	Pissenlit	P-R	0.3 c	0.6 c	1.9 b	11.8 a	3.1 b
<i>Trifolium</i> sp.	Trèfle	P-T	0.1 b	0.2 b	0.1 b	2.6 a	0.1 b
<i>Verbena officinalis</i> +sp.	Verveine officinale	I-D	0.3 b	0.6 ab	0.8 a	0.4 ab	0.9 a
<i>Veronica hederifolia</i>	Véronique à feuille de lierre	A-T	1.1 ab	0.5 b	1.2 ab	3.1 a	0.9 b
<i>Veronica persica</i>	Véronique de perse	A-T	0.7 b	0.3 bc	0.3 bc	2.1 a	0.1 c
<i>Vulpia myuros</i>	Vulpie queue de rat	A-G	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.7 a	0.3 a

TABLEAU 3 : Abondance moyenne (nombre d'individus/m²) et traits fonctionnels des principales espèces observées sur les traitements expérimentaux (espèces dont l'abondance moyenne contribuait à au moins 1% de l'abondance totale). Grisé foncé : espèces présentes de manière prédominante sur le traitement cultures ou les phases en culture de la rotation à prairies de 3 ans (T2). Grisé clair : espèces présentes de manière prédominante sur la prairie permanente semée ou les phases prairie des rotations à prairie de 6 ans (T3, T4). Encadré : espèces présentes de manière prédominante ou exclusive sur le traitement prairie peu fertilisée en N (T4). Cycle de vie : A: annuel, I intermédiaire, P : pérenne. Port : G : graminioïde ; R : rosette ; T : en touffe ; D : dressé ; C : grimpeante.

Table 3 : Average abundance (number of individuals/m²) and functional traits of the main species observed on the experimental treatments (species whose mean abundance contributed to at least 1% of the total abundance).

peu fertilisée (T4). C'est le cas notamment de la porcelle enracinée, du pissenlit, de la véronique à feuille de lierre, de la picride fausse épervière et du trèfle.

L'abondance individuelle de chaque espèce était souvent relativement fluctuante d'une année à l'autre. Toutefois, plusieurs espèces étaient présentes relativement fréquemment et en abondance élevée. C'est notamment le cas du pâturin annuel, qui a présenté l'abondance moyenne la plus élevée (moyenne de 8,3 individus/m² sur l'ensemble des traitements et des années). Certaines années et sur certains traitements, le pâturin annuel a pu représenter près de 50 % de l'abondance totale en adventices.

La flore adventice rencontrée sur les différents traitements se distingue par ses caractéristiques fonctionnelles. La proportion d'espèces annuelles était plus élevée sur la rotation de cultures (T1) et la rotation à prairie de 3 ans (T2) que sur la rotation à prairies de 6 ans et la prairie permanente (T3, T4, T5) (Figure 3A). Inversement, la proportion d'espèces pérennes ou

bisannuelles était plus élevée sur les rotations à prairies de 6 ans et la prairie permanente (T3, T4, T5) que sur la rotation de cultures (T1) ou la rotation à prairie de 3 ans (T2). Par ailleurs, les rotations à prairies de 6 ans et la prairie permanente avaient des abondances relatives en espèces à port en rosette et en touffe plus élevées que les rotations de cultures, tandis qu'inversement les rotations à prairies de 6 ans et la prairie permanente avaient une abondance relative plus faible en espèces à port dressé (Figure 3B).

Sur les prairies, la proportion d'espèces pérennes augmentait avec la durée de la prairie et avec la réduction de fertilisation azotée (augmentation d'abondance de T2 à T3 et T4). De la même manière, la proportion d'espèces à rosette augmentait tandis que la proportion d'espèces à port dressé diminuait.

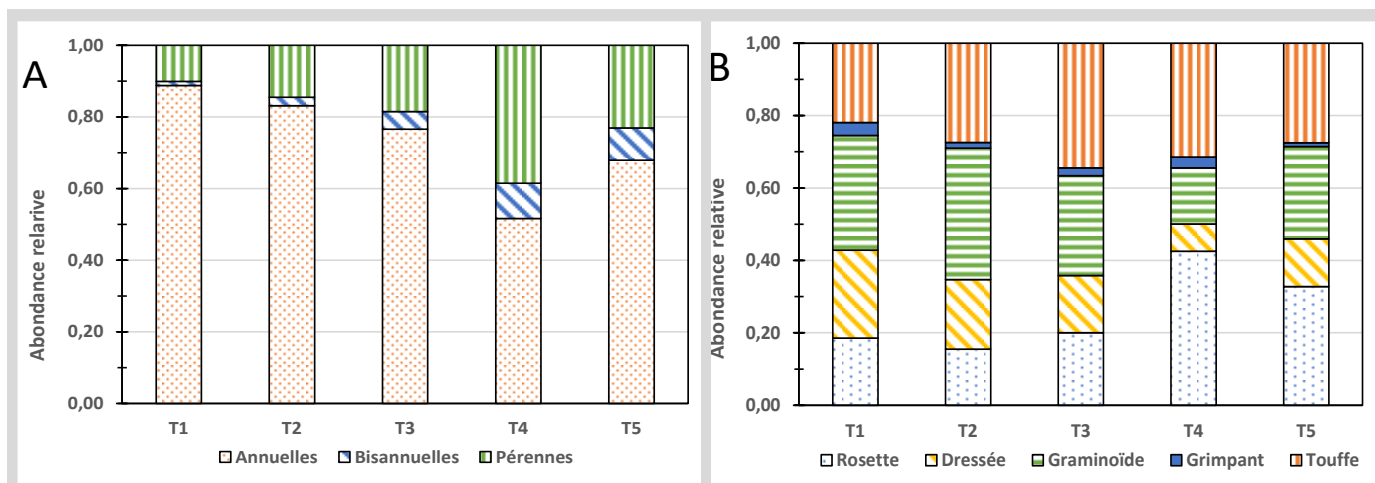


FIGURE 3 : Répartition de l'abondance d'adventices selon leurs types fonctionnels. A : cycle de vie (annuelles, bisannuelles, pérennes). B : port aérien (rosette, dressé, graminoidé, grimpant, en touffe).
 Figure 3 : Distribution of weed abundance according to their functional types. A: life cycle (annual, biennial, perennial). B: aerial habit (rosette, upright, graminoid, climbing, clump).

2.3. Effet de la présence de phases de prairie sur l'abondance des adventices dans les phases de culture suivantes

Les arrière-effets de la présence d'une phase de prairie sur l'abondance des adventices durant une phase suivante de culture peuvent être observés sur trois périodes différentes (Figure 4).

Durant la première de ces périodes (2011-13), la présence d'une phase de prairie fertilisée antérieure diminuait significativement l'abondance des adventices durant la première année (2011) de la phase culture de T3 (rotation à prairie de 6 ans) comparativement à T1 mais pas les deux années suivantes de culture. Sur le traitement T2 (rotation à prairie de 3 ans), la présence

antérieure de prairie ne conduisait à aucun effet durant les trois années suivantes de culture. Durant la seconde période (2017-19), la présence d'une deuxième phase de prairie fertilisée antérieure dans le traitement T2 a conduit à une réduction nette et forte de l'abondance en adventices durant chacune des 3 années de la phase culture, contrairement à ce qui était observé durant la période 2011-13. Enfin, durant la troisième période (2020-22), la présence antérieure de deux phases de prairie fertilisée de 6 ans (T3) a également conduit à une diminution de l'abondance totale en adventices pour 2 années sur 3 (2021-22), quoique pas tout à fait significativement en 2022.

Dans le cas de la prairie peu fertilisée en azote (T4), aucun arrière-effet de la présence de prairie sur l'abondance totale en adventices n'a été observé durant chacune des phases de culture.

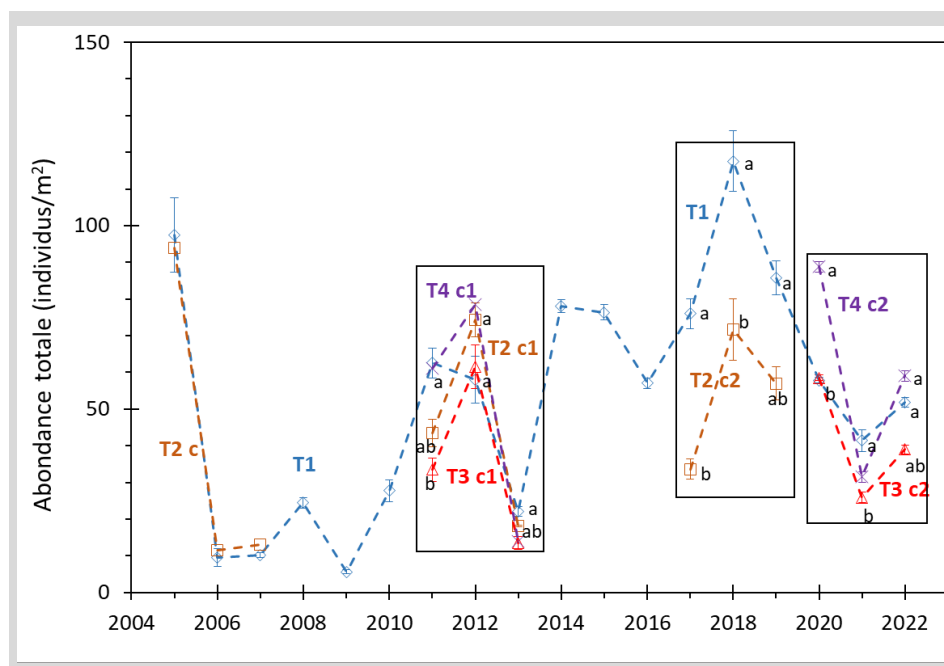


FIGURE 4 : Arrière-effet des phases de prairie des rotations prairie-cultures (T2, T3, T4) sur l'abondance totale en adventices des phases de cultures suivantes. Encadrés : phases de cultures suivant les phases de prairie durant les rotations successives. L'abondance en adventices durant les phases de prairie a été masquée pour plus de lisibilité des phases de cultures. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres indiquent les traitements significativement différents (analyse date par date faite sur les 5 traitements T1 à T5).
 Figure 4 : After-effect of the grassland phases of the grassland-crop rotations (T2, T3, T4) on the total weed abundance of the following crop phases.

3. Discussion

3.1. Abondance totale en espèces adventices

Les fluctuations entre années de l'abondance totale en adventices compliquent un peu la visualisation de l'effet des traitements expérimentaux. Ces fluctuations sont probablement liées à l'impact des caractéristiques climatiques de l'année sur le développement des cultures et des prairies, et sur le développement des différentes espèces adventices selon leurs réponses écologiques. Ces fluctuations sont également probablement liées aux inévitables petites variations de pratiques entre années, notamment aux variations de date d'application d'herbicides sur les cultures, les relevés adventices étant faits un peu avant. Par ailleurs concernant les phases de culture, l'abondance totale en adventices était plus faible durant la culture de l'orge d'hiver (année 3 des rotations) que durant la culture du maïs et de blé d'hiver (Schuster *et al.*, 2020). L'orge d'hiver peut avoir une meilleure couverture du sol en période hiver-début de printemps, ou avoir un effet allélopathique (Jabran, 2017). Concernant les prairies, la décroissance de l'abondance des adventices durant les premières années suivant leur installation, a déjà été décrite (*cf* par exemple Surault *et al.*, 2008). Cette régression progressive des adventices sur prairie après son implantation se fait naturellement (sans application d'herbicide), par compétition entre les adventices et les espèces prairiales semées et par l'effet négatif de la fauche sur de nombreuses espèces adventices. Le développement des espèces semées en prairie est relativement lent mais prend le dessus après un certain nombre de mois. C'est pourquoi on considère généralement que l'application d'herbicide n'est pas nécessaire sur prairie, hors situation ou espèce semée particulière. Sur prairie semée plus âgée, à partir de 8-10 années ou plus, on constate une réinstallation lente mais progressive d'espèces adventices. Là encore, le phénomène est connu et décrit dans la littérature (*cf* par exemple Vertès *et al.*, 2022). Avec le vieillissement de la prairie, les espèces semées finissent par laisser des trous qui peuvent progressivement être occupés par des espèces adventices, présentes dans la banque de graines du sol ou qui ont migré depuis l'extérieur de la parcelle (Hopkins *et al.*, 1985).

Sur toutes les prairies qui étaient en place en 2019 (T2, T3, T5), un pic inhabituel d'abondance a été observé cette année-là. On peut penser que le printemps 2019, relativement humide et succédant à 3 années à été particulièrement secs (2015-18), pourrait avoir été plus favorable au développement des adventices. Ce pic s'efface en partie durant l'année 2020 et les années suivantes. Toutefois, la succession d'années plus ou moins sèches peut être un facteur accélérant la réinstallation progressive d'adventices sur la prairie permanente semée. La prairie permanente semée est le traitement qui accumule le plus grand nombre d'espèces

adventices (Tableau 2). On peut rapprocher cette observation du fait que cette prairie permanente accueille une plus grande présence de petits mammifères comme les mulots (observations faites sur ce même dispositif, Bonnet *et al.*, 2013), qui pourraient favoriser la migration d'espèces végétale depuis l'extérieur de la parcelle. Dans le même temps, la présence de petits vertébrés conduit à une augmentation du niveau de prédation des graines d'adventices, et une réduction de leur abondance par espèce (Meiss *et al.*, 2010c ; Perrot *et al.*, 2021), ce qui s'accorde avec les observations faites dans la présente expérimentation sur le traitement prairie permanente (T5). On peut également mentionner que, sur tous les traitements, l'abondance en adventices était plus élevée sur les placettes d'observation les plus périphériques de la parcelle que sur les placettes les plus au centre (données non montrées), de manière similaire à ce qui a été décrit par Bourgeois *et al.* (2020). Ceci laisse penser que la migration d'espèces adventices depuis l'extérieur des parcelles contribue de manière importante à l'augmentation d'espèces adventices, quel que soit le vecteur du transport, vent, petits mammifères ou autres espèces animales.

L'autre source de maintien ou d'apparition d'espèces adventices est la banque de graines accumulée dans le sol au cours des années précédentes. Les résultats sur ce point seront développés dans un autre article. On peut néanmoins mentionner ici que l'abondance totale en adventices de la banque de graines du sol est devenue significativement plus faible sur le traitement prairie permanente (T5) que sur les rotations cultures (T1) et rotation à prairie de 3 ans (T2) à partir de l'année 2014, soit après 9 années d'application des traitements. La diminution d'abondance en adventices dans la banque de graine du sol pour le traitement prairie permanente (T5), est probablement liée au plus faible développement d'adventices dans la flore émergée sur le traitement T5, entraînant possiblement une moindre production de graines sur ce traitement. Les fauches régulières appliquées sur ce traitement peuvent également être un facteur négatif pour la production de graines chez certaines des espèces adventices, comme décrit par Meiss *et al.* (2008). La diminution d'abondance de la banque de graines du sol contribue probablement à amplifier la divergence d'abondance en adventices de la flore émergée, entre les rotations de cultures et rotations à prairie de 3 ans d'une part, et la prairie permanente (T5) d'autre part.

Quoiqu'il en soit des évolutions d'abondance totale en adventices au cours des années sur les traitements cultures et prairie permanente, les résultats obtenus dans la présente étude montrent clairement que l'abondance totale est restée plus élevée sur la rotation de cultures et durant les phases culture des rotations prairie-culture, que sur prairie permanente et sur les phases de prairie fertilisée des rotations prairie-cultures, exception faite des 2 années qui suivent le semis de ces prairies. Il faut souligner que ce résultat

est obtenu malgré l'application d'herbicides durant les phases de culture, ce qui implique que sans ce désherbage chimique, le contraste entre abondance en adventices sur cultures et sur prairie serait probablement plus important.

L'observation que l'abondance totale en adventices était nettement plus élevée sur les phases de prairie peu fertilisée que sur les phases de prairie fertilisée, montre que l'effet de la prairie sur le développement des adventices est très dépendant de la manière selon laquelle ces prairies sont gérées. Il a été montré dans la littérature que les prairies plus fertilisées ont une diversité végétale plus faible que les prairies moins fertilisées (Kirkham *et al.*, 1996 ; Tallowin *et al.*, 2005). L'origine de la plus grande diversité végétale sur prairies peu fertilisées peut provenir de l'adaptation d'un certain nombre d'espèces végétales aux milieux pauvres en minéraux. Elle peut également provenir d'une moindre compétition pour la lumière liée au moindre développement des organes aériens et à une plus faible biomasse produite en milieu pauvre, permettant à un plus grand nombre d'espèces de s'installer et se développer.

Les différences d'abondance totale en adventices entre les traitements du présent dispositif expérimental sont dans une large mesure déterminées par la quantité de biomasse accumulée au cours des années dans les différents traitements et les différentes phases culture et prairie des rotations. En effet, le modèle proposé par Schuster *et al.* (2020), qui relie l'abondance totale en adventices à la biomasse cumulée annuelle (*cf* Matériel et Méthodes), explique une part substantielle des variations d'abondance entre traitements et entre phases culture et prairie des rotations (Figure 5 : 37 % de la variance expliquée par le modèle). Ainsi, ce modèle permet de mettre en évidence que les plus faibles abondances totales en adventices observées sur la prairie permanente T5 et dans les phases prairie des rotations T2, T3 et T4 sont liées à leur biomasse cumulée annuelle plus importante, tandis que les

abondances en adventices plus importantes observées sur la rotation de cultures (T1) et dans les phases cultures des rotations T2, T3 et T4, sont liées à leur plus faible biomasse annuelle (Figure 5 et Schuster *et al.*, 2020). Sur le même principe, les biomasses annuelles plus faibles présentes dans les phases prairies de la rotation peu fertilisée en N (T4) que dans les phases prairies de la rotation bien fertilisée en N (T3), conduisent à un effet filtre plus faible et en conséquence à une abondance en adventices plus élevée. Ainsi, la biomasse annuelle joue un rôle de filtre, direct ou indirect, sur l'abondance en adventices, à côté des effets plus aléatoires des variations climatiques ou des petites variations de pratiques de culture entre années, qui sont plus difficiles à modéliser.

3.2. Diversité fonctionnelle des espèces adventices

Dans les présentes rotations prairies-cultures, la richesse spécifique en espèces adventices était en partie différente entre les cultures et les phases de culture d'une part, et les prairies et les phases de prairie d'autre part. Le cycle de vie, annuel bisannuel ou pérenne des espèces, est un déterminant important : les adventices bisannuelles et pérennes sont naturellement plus favorisées par les milieux plus pérennes comme les prairies de longue durée, alors que la réinstallation chaque année de cultures annuelles avec labour perturbe leur cycle de vie. Il est donc logique de retrouver une plus grande proportion d'espèces bisannuelles ou pérennes sur les traitements à prairie de longue durée (T3, T4, T5), et inversement une plus grande proportion d'espèces annuelles sur les rotations de cultures ou de prairies de courte durée. Par ailleurs, les fauches régulières auxquelles sont soumises les prairies sont également un facteur défavorable aux espèces adventice à port dressé, et en revanche relativement plus favorable aux espèces en rosette et aux graminées en phase végétative, dont l'appareil végétatif et une partie des méristèmes échappent à la

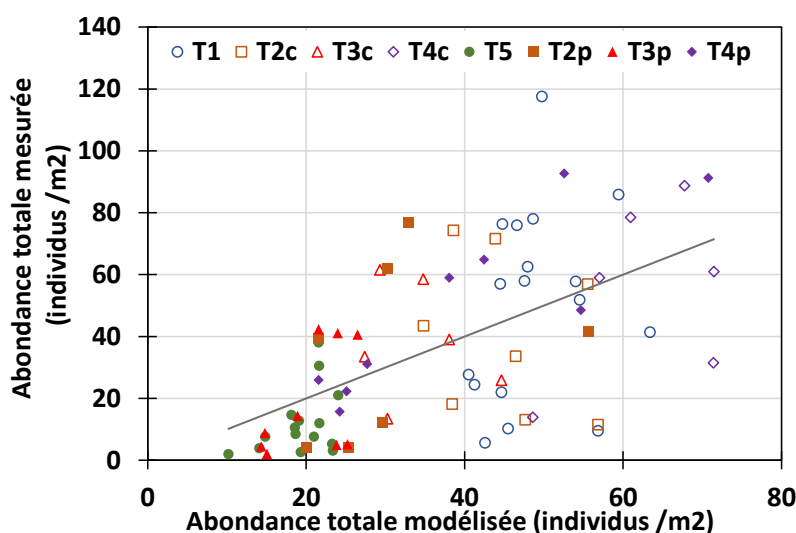


FIGURE 5 : Modélisation de l'effet des traitements expérimentaux sur l'abondance totale en adventices, d'après Schuster et al., 2020 (voir Matériel et Méthodes pour les détails de la modélisation). T1: cultures ; T2c, T2p: phase cultures et phase prairie de la rotation prairie-cultures de 3 ans ; T3c, T3p: phase cultures et phase prairie de la rotation prairie-cultures de 6 ans fertilisée en N ; T4c, T4p: phase cultures et phase prairie de la rotation prairie-cultures de 6 ans peu fertilisée en N ; T5: prairie permanente semée.

Figure 5 : Modeling the effect of experimental treatments on total weed abundance, after Schuster et al., 2020 (see Materials and Methods for modeling details).

fauche (Briske, 1996). Les plus grandes proportions d'espèces adventices à port en rosette ou en touffe, et à cycle de vie bisannuelles ou pérennes, observées sur les traitements de prairie longue durée (T3, T4, T5), résultent probablement de la combinaison de plusieurs caractères écologiques favorables (port en rosette permettant d'échapper à la fauche ; pérennité et système racinaire pivotant permettant une meilleure adaptation à la sécheresse) et d'une faible fréquence de labour. Ces conclusions rejoignent celles de Meiss *et al.* (2010b).

Les espèces qui se développent plus particulièrement sur la rotation à prairie peu fertilisée incluent la porcelle, la picride et le pissenlit. Ces espèces sont considérées plutôt comme des espèces rudérales que comme des espèces adaptées à des conditions de faible fertilité. Toutefois, ce sont des espèces anémochores, qui ont une forte capacité à se disperser et coloniser le milieu. Ce sont également des espèces particulièrement aptes à se développer sur milieu sec, ce qui est le cas de nombre des étés du présent dispositif expérimental.

3.3. Intérêt des rotations prairies-cultures vis à vis du développement des adventices

Les résultats obtenus sur le présent dispositif expérimental montrent que la présence de phases de prairie dans les rotations conduit généralement à une diminution de l'abondance en adventices. Ces résultats confirment certaines observations déjà anciennes (Boiffin *et al.*, 1982). Ils rejoignent également des résultats plus récents obtenus sur des rotations prairie-culture à base de luzerne sur des périodes d'observation plus courtes (Meiss *et al.*, 2010a), ainsi que les résultats obtenus sur des dispositifs de longue durée basés sur des rotations courtes ray-grass d'Italie – maïs-soja au Brésil (Schuster *et al.*, 2016 ; Schuster *et al.*, 2018) ou des rotations plus longues prairie-maïs dans ce même pays (Dominschek *et al.*, 2021).

Les résultats de la présente étude apportent également des informations originales par rapport aux rares études antérieures, du fait de la longueur de la période d'observation. Ils permettent de montrer que l'effet des phases de prairie sur l'abondance en adventice des cultures suivantes nécessite plusieurs années pour se mettre en place de manière significative. Ainsi, à l'issue de la première rotation l'effet filtre des prairies n'apparaissait significatif que sur la première des trois années de culture (2011) et que pour le traitement T3 (rotation à prairie de 6 ans). Il a fallu attendre la seconde rotation pour que l'effet filtre de la prairie de courte durée (T2, rotation de prairie de 3 ans) sur l'abondance en adventices n'apparaisse clairement, dans la phase de cultures de 2017-2019.

Par ailleurs, lors de la phase de cultures 2020-22, l'effet filtre de la prairie de longue durée (T3) apparaît moins marqué que l'effet filtre de la prairie de courte durée (T2) lors de la période 2017-19. L'absence de différence d'abondance entre T3 et T1 durant la culture

de l'année 2020 pourrait provenir du fait que l'abondance en adventices présentait un pic particulièrement élevé sur les prairies durant l'année précédente (2019), comme discuté précédemment, et que l'abondance élevée de 2019 a pu se répercuter sur la présence des adventices lors du passage de T3 à la phase culture en 2020. Alternativement, une autre explication possible serait qu'à long terme, l'effet filtre de prairies de longue durée comme T3 pourrait être moins important que l'effet filtre de prairies de plus courte durée comme T2. On peut envisager qu'une alternance de phases prairie-culture plus rapide crée des contraintes plus importantes sur la flore adventice, compte tenu des perturbations plus fortes que cela lui impose en termes d'adaptation d'espèces, tandis qu'une alternance plus lente de phases de prairie et de culture laisserait plus de temps à la flore adventice plus pérenne de la prairie pour s'installer et se développer. Il faudra attendre la fin de la rotation suivante pour déterminer si l'atténuation de l'effet filtre de la prairie de longue durée (T3), observée durant la période 2020-22, résulte d'un effet conjoncturel lié aux conditions climatiques particulièrement sèches des années qui ont précédé, ou si l'effet filtre de la prairie de longue durée pourrait éventuellement s'atténuer en lui-même après plusieurs rotations.

La présente étude montre également que cet effet filtre n'est observé que si les prairies reçoivent un certain niveau de fertilisation en N, puisqu'il n'apparaît pas sur la rotation à prairie peu fertilisée (T4). L'absence d'effet filtre de la prairie peu fertilisée en N sur l'abondance en adventices des phases de cultures suivantes, est probablement déterminée par le développement et l'abondance en adventices plus élevée observée durant la phase prairie de ce traitement, dont les raisons ont été discutées précédemment.

Parmi les limites de cette étude, on peut relever que les présents résultats, basés fondamentalement sur l'analyse de l'abondance et de la richesse spécifique en adventices, ne permettent toutefois pas de préjuger de manière directe de l'effet de nuisibilité des communautés adventices observées vis-à-vis des niveaux de production des différentes rotations expérimentées. Par ailleurs, l'approche factorielle de la gestion des adventices appliquée dans le présent dispositif, ne permet pas de préjuger de l'effet d'une approche de protection plus intégrée. Enfin, il faut également souligner que les rotations expérimentées dans le présent dispositif ne représentent qu'un type de rotation, lié au choix de la succession culturale qui a été fait et des conduites de culture et d'exploitation de la prairie qui ont été mises en œuvre dans cette étude. Il convient donc d'être prudent pour éventuellement extrapoler les résultats obtenus à d'autres types de rotations.

Conclusion

La présente étude montre que la présence de phases de prairie dans les rotations conduit à réduire la pression en adventices durant les phases de culture. En ce sens elle confirme des résultats obtenus antérieurement sur d'autres types de rotation, dans des systèmes Français mais aussi dans des systèmes de culture assez différents, en régions subtropicales.

La durée importante de la présente expérimentation permet de montrer que l'effet filtre de la prairie se met en place progressivement, sur un nombre d'année d'autant plus long que la durée de la phase prairie dans la rotation est courte. La présente expérimentation montre aussi que l'effet filtre de la prairie est dépendant de la manière dont la prairie est fertilisée : il s'exprime lorsque la prairie est bien fertilisée, et s'estompe ou disparaît si la prairie est faiblement fertilisée. L'importante compétition pour la lumière qu'exerce une prairie bien fertilisée et relativement dense sur la majeure partie de l'année, est probablement l'une des raisons qui détermine sa capacité de filtre sur les adventices.

Les résultats obtenus montrent également que les cortèges floristiques d'adventices diffèrent en partie entre prairies et cultures. Des proportions plus importantes d'espèces annuelles et d'espèces à port érigé sont observées sur cultures, tandis que des proportions plus importantes d'espèces pérennes et d'espèces en rosette sont observées sur la prairie. Le passage d'un type de cortège floristique à l'autre dans les rotations prairies-cultures, est sans doute un autre facteur qui contribue à l'effet filtre des phases prairie sur l'abondance des adventices dans les phases de culture.

Accepté pour publication le 16 janvier 2023

Remerciements

Le présent dispositif expérimental a été soutenu par l'infrastructure de recherche nationale ACBB, par AnaEE France (ANR-11-INBS-0001), AllEnvi, le CNRS-INSU et la Région Nouvelle-Aquitaine.

Laurent Bruneteau est remercié pour sa contribution aux expérimentations. Le programme de coordination et de coopération Brésilien Capes-Cofecub a contribué au soutien financier du séjour en France de Mauricio Schuster.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANGUS J.F., BOLGER T.P., KIRKEGAARD J.A., PEOPLES M.B., (2006). « Nitrogen mineralisation in relation to previous crops and pastures ». *Austr. J. Soil Res.* 44, 355-365.
- BOIFFIN J., SEBILLOTTE M., TAGAUX M.J., (1982). « Systèmes de culture et fertilité des sols limoneux: effets de l'enfouissement des pailles et de la prairie temporaire en champ d'essai de longue durée ». *Recherche Environnement, N° spécial La transformation des terres. Bases méthodologiques. Exemples Français*, pp 74-106.
- BONNET T., CRESPIN L., PINOT A., BRUNETEAU L., BRETAGNOLLE V., GAUFFRE B., (2013). « How the common vole copes with modern farming: Insights from a capture-mark-recapture experiment ». *Agriculture Ecosystems & Environment*, 177, 21-27.

- BOURGEOIS B., GABA S., PLUMEJEAUD C., BRETAGNOLLE V., (2020). « Weed diversity is driven by complex interplay between multi-scale dispersal and local filtering ». *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 287(1940). DOI: 10.1098/rspb.2020.2777.
- BRETAGNOLLE V., et 35 co-auteurs (2020). « Biodiversité en territoires de plaine et grandes cultures » Dans rapport d'expertise « Le rôle de la biodiversité dans la fourniture de services économiques et socio-culturels en Nouvelle-Aquitaine », <https://www.eco-biose.com/rapport/>
- BRISKE D.D., (1996). « Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation ». In: Hodgson J., Illius A.W. (Eds). *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford, pp 37–68.
- CREME A., RUMPEL C., MALONE S.L., SABY N.P.A., VAUDOUR E., DECAU M.L., CHABBI A., (2020). « Monitoring Grassland Management Effects on Soil Organic Carbon-A Matter of Scale ». *Agronomy*, 10(12), 2016; doi:10.3390/agronomy10122016
- DOMINSCHKE R., BARROSO A.A.M., LANG C.R., DE MORAES A., SULC R.M., SCHUSTER M.Z., (2021). « Crop rotations with temporary grassland shifts weed patterns and allows herbicide-free management without crop yield loss ». *Journal of Cleaner Production*, 306, 10.1016/j.jclepro.2021.127140
- FRANZLUEBBERS A.J., (2007). « Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA ». *Agronomy Journal*, 99, 361-372.
- GASTAL F., DECAU M.-L., TEDESCO E., (2022). « Dynamique de nutrition NPK et de production de prairies temporaires en rotation avec des cultures annuelles : enseignements de 15 années de suivi sur le dispositif observatoire de Lusignan ». *Fourrages*, 250, 49-61.
- HOPKINS A., MATKIN E.A., ELLIS J.A., PEEL S., (1985). « South-west England grassland survey 1983. 1. Age structure and sward composition of permanent and arable grassland and their relation to manageability, fertilizer nitrogen and other management features ». *Grass and Forage Science*, 40, 349-359.
- JABRAN K., (2017). « Barley allelopathy for weed control ». In: Jabran, K. (Ed.), *Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control*. Springer, Switzerland, CH.Schuster et al., (2020).
- JUSTES E., THIEBEAU P., CATTIN G., LARBRE D., NICOLARDOT B. (2001). « Libération d'azote après retournement de luzerne. Un effet sur deux campagnes ». *Perspectives Agricoles*, 264, 22-28.
- KIRKHAM F.W., MOUNTFORD J.O., WILKINS R.J., (1996). « The effects of nitrogen, potassium and phosphorus addition on the vegetation of a Somerset peat moor under cutting management ». *Journal of Applied Ecology*, 33(5), 1013-1029.
- KUNRATH T.R., de BERRANGER C., CHARRIER X., GASTAL F., CARVALHO P.C.F., Lemaire G., EMILE J.C., DURAND J.L., (2015). « How much do sod-based rotations reduce nitrate leaching in a cereal cropping system? ». *Agriculture and Water Management*, 150, 46-56.
- LECHENET M., MAKOWSKI D., PY G., MUNIER-Jolain N., (2016). « Profiling farming management strategies with contrasting pesticide use in France ». *Agricultural Systems*, 149, 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.08.005>
- LEMAIRE G., FRANZLUEBBERS A.J., CARVALHO P.C.F., DEDIEU B., (2014). « Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality ». *Agriculture Ecosystems and Environment*, 190, 4-8.
- LEMAIRE G., GASTAL F., FRANZLUEBBERS A.J., CHABBI A., (2015). « Grassland–cropping rotations: An avenue for agricultural diversification to reconcile high production with environmental quality ». *Environmental Management*, doi:10.1007/s00267-015-0561-6.
- MARTIN G., DURAND J.-L., DURU M., GASTAL F., JULIER B., LITRICO I., LOUARN G., MEDIENE S., MOREAU D., VALENTIN-MORISON M., NOVAK S., PARNAUDEAU V., PASCHALIDOU F., VERTES F., VOISIN A.S., CELLIER P., JEUFFROY M.-H., (2020). « Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review ». *Agronomy and Sustainable Development*, 40, 17. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00620-9>
- MEISS H., MUNIER-JOLAIN N., HENRIOT F., CANEILL J., (2008). « Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after

- cutting ». *Journal of Plant Disease 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 and Sustainable Development*, 30(3), 657-666.
- MEISS H., MEDIENE 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. doi:10.1111/j.1365-3180.2010.00784.x
- MEISS H., LE LAGADEC L., MUNIER-JOLAIN N., WALDHARDT R., PETIT S., (2010c). « Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138, 10-16. doi:10.1016/j.agee.2010.03.009.
- PERROT T., RUSCH A., COUX C., GABA S., BRETAGNOLLE V., (2021). « Proportion of Grassland at Landscape Scale Drives Natural Pest Control Services in Agricultural Landscapes ». *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. DOI: 10.3389/fevo.2021.607023
- RUSSELLE M.P., ENTZ M.H., FRANZLUEBBERS A.J., (2007). « Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America ». *Agronomy Journal*, 99, 325-334.
- SCHUSTER M.Z., PELISSARI A., DE MORAES A., HARRISON S.K., SULC R.M., LUSTOSA S.B.C., (2016). « Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop-livestock system ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232, 232-239.
- SCHUSTER M.Z., HARRISON S.K., DE MORAES A., SULC R.M., CARVALHO P.C.F., LANG C.R., ANGHINONI I., LUSTOSA S.B.C., GASTAL F., (2018). « Effects of crop rotation and sheep grazing management on the seedbank and emerged weed flora under a no-tillage integrated crop-livestock system ». *Journal of Agricultural Science*, 156 (6), 810-820.
- SCHUSTER M.Z., GASTAL F., DOISY D., CHARRIER X., DE MORAES A., MEDIENE S., BARBU C.M., (2020). « Weed regulation by crop and grassland competition: critical biomass level and persistence rate ». *European Journal of Agronomy*, 113, DOI : 10.1016/j.eja.2019.125963.
- SEBILLOTE M., (1980). « Rôles de la prairie dans la succession culturale ». *Fourrages*, 83, 79-124.
- SURAUULT F., VERON R., HUYGHE C., (2008). « Production fourragère de mélanges prairiaux et d'associations à diversité spécifique initiale variée ». *Fourrages*, 194, 161-174.
- TALLOWIN J.R.B., SMITH R.E.N., GOODYEAR J., VICKERY A., (2005). « Spatial and structural uniformity of lowland agricultural grassland in England: a context for low biodiversity ». *Grass and Forage Science*, 60, 225-236.
- VERTES F., GASTAL F., DELABY L., DELAGARDE R., DIEULOT R., FALAISE D., WOILTOCK A., PIERRE P., (2022). « Trajectoires et déterminants de la pérennité de prairies semées dans le Grand-Ouest de la France ». *Fourrages*, 250, 25-38.