

# CRÉER DE LA DIVERSITÉ VÉGÉTALE SUR UNE FERME DE POLY-CULTURE-ÉLEVAGE POUR FAVORISER LA BIODIVERSITÉ : APPLICATION ET RÉSULTATS

## Mise en situation

Dans le cadre de sa transition agroécologique, le principe de « diversification végétale » a été appliqué sur la ferme expérimentale de la Prée dans le but de créer une hétérogénéité d'habitats favorable à la biodiversité. Il s'est traduit par la création de 9 hectares de bandes végétales. Ces bandes ont des effets sur la biodiversité mais jouent également un rôle dans le fonctionnement de la ferme.

## Résumé

Reconquérir la biodiversité des espaces agricoles est en enjeu majeur. Cet objectif peut être recherché en augmentant la diversité végétale et l'hétérogénéité des habitats au sein des fermes. La mise en place de bandes végétales peut contribuer à cet enjeu de préservation, tout en jouant un rôle dans les processus de production. Sur la ferme expérimentale INRAE de polyculture-élevage de Saint-Laurent-de-la-Prée, située dans les marais atlantiques, quatre types de bandes végétales ont été implantés pour favoriser la microfaune, sur un total de 9 hectares : 1) des bandes enherbées ; 2) des bandes refuges dans les prairies naturelles de fauche ; 3) des bandes de luzerne non fauchées et 4) des bandes fleuries. Chaque type de bande a fait l'objet de mesures spécifiques selon les fonctions attendues. Les bandes refuges dans les prairies et les luzernes favorisent la présence d'araignées, de Coléoptères, de punaises et de Diptères. Les bandes enherbées favorisent l'émergence et la présence d'une diversité d'espèces de Carabidés. La mise en place des bandes fleuries s'est avérée difficile, du fait d'une faible implantation des espèces semées et d'une forte concurrence des adventices. Certaines espèces semées semblent tout de même mieux adaptées aux conditions pédoclimatiques des marais. L'ajout de ces bandes sur la ferme, en modifiant l'occupation du sol, réduit la production fourragère et de grains sans compromettre l'autonomie fourragère de la ferme.

## Summary

### Creating plant diversity on a mixed crop-livestock farm to promote biodiversity: implementation and results

Increasing plant diversity and habitat heterogeneity within agricultural areas is favourable to biodiversity. Vegetation strips can contribute to the preservation of biodiversity, while also playing a role in production processes. At the INRAE mixed crop-livestock research farm of Saint-Laurent-de-la-Prée, located in the Atlantic marshes, four types of vegetation strips were created to encourage microfauna, over a total of 9 hectares: 1) grass strips; 2) uncut refuge strips in natural hay meadows; 3) uncut refuge strips in alfalfa and 4) flower strips. Each type of strip was subject to specific measures according to its expected function. Uncut refuge strips in natural hay meadows and alfalfa encourage the presence of spiders, Coleoptera, bugs and Diptera. Grass strips encourage the emergence and presence of a variety of Carabidae species. Setting up flower strips has proved difficult, due to poor establishment of sown species and strong competition from weeds. An initial selection was made of species that seemed suited to the soil and climate conditions of the marshes. The addition of these strips on the farm, by modifying land use, reduces forage and grain production without compromising the farm's forage self-sufficiency.

## Auteurs

Clément C., Durant D., Lemaire N., Cadet E., Grandeau G., Roux P., Faure P. et Farruggia A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, DSLP, 17450 SAINT-LAURENT-DE-LA-PRÉE, FRANCE

Auteur correspondant :  
anne.farruggia@inrae.fr

## Mots clés

Bandes végétales, diversification, infrastructures agroécologiques, mosaïque paysagère, transition agroécologique

## Key words

Vegetation strips, diversification, agroecological infrastructures, landscape mosaic, agroecological transition.

## Références de l'article

Clément C., Durant D., Lemaire N., Cadet E., Grandeau G., Roux P., Faure P. et Farruggia A. (2025). Créer de la diversité végétale sur une ferme de polyculture-élevage pour favoriser la biodiversité : application et résultats - *Fourrages* 262, 27-39.

Article accepté pour publication le 01 avril 2025.

## 1. Introduction

Aujourd'hui, nous attendons des systèmes de production agroécologiques d'être particulièrement économes en intrants, et ce grâce à un recours accru aux processus écologiques. Un des principes majeurs de l'agroécologie est de considérer la biodiversité comme une ressource. L'objectif est de la préserver à l'échelle d'une ferme (Altieri, 1999) afin de stimuler l'activité biologique dans les agro-écosystèmes en renforçant notamment les régulations biologiques qui y sont à l'œuvre (Hatt *et al.*, 2017). Benton *et al.* (2003) montrent que l'hétérogénéité des habitats est associée à une plus grande biodiversité des milieux agricoles. Pour ces auteurs, recréer cette hétérogénéité est la clé pour favoriser, voire restaurer la biodiversité mise à mal par des décennies d'intensification agricole. Mais comment re-créez cette hétérogénéité perdue ? Pour passer des principes de l'agroécologie à leur application concrète sur le terrain, Duru *et al.* (2015) proposent de travailler sur la matrice paysagère, à savoir raisonner la répartition spatiale des cultures et prévoir des surfaces dédiées à la biodiversité, telles que des bandes enherbées, haies et autres éléments semi-naturels. L'expertise collective ReguINat (Tibi *et al.*, 2023) introduit le concept de « diversification végétale » qui renvoie à l'action d'augmenter le niveau de diversité végétale dans les parcelles et/ou le paysage, en raisonnant à l'échelle de la ferme mais aussi à celle du petit territoire agricole. Cette diversification combine augmentation de la diversité végétale (i.e. sur un gradient de cultures et de mélanges d'espèces) et diversification à l'échelle spatiale (i.e. parcelle, ferme ou paysage). Leur synthèse bibliographique montre des effets majoritairement positifs de la diversité végétale sur la régulation des bioagresseurs (Tibi *et al.*, 2023).

La ferme expérimentale INRAE de polyculture-élevage de Saint-Laurent-de-la-Prée (dite ferme de la Prée), située dans les marais atlantiques, opère une transition agroécologique depuis 2009 en suivant les préceptes de la conception de systèmes « pas-à-pas » (Durant *et al.*, 2020 ; Meynard *et al.*, 2023). Dans ces vastes espaces ouverts, consacrés à l'élevage herbager et à la production céréalière sur terres drainées, les enjeux environnementaux sont prégnants, notamment en ce qui concerne la préservation d'une biodiversité typique de ces milieux. Miser sur l'arbre et les haies étant peu adapté aux conditions de marais, appliquer le principe de diversification végétale au sein de ces fermes semble constituer un levier intéressant à explorer pour augmenter la mosaïque d'habitats favorables à cette biodiversité. C'est pourquoi les parcelles cultivées et les prairies naturelles de la ferme de la Prée ont été aménagées avec quatre types de bandes végétales : 1) des bandes enherbées autour des parcelles cultivées ; 2) des bandes refuges dans les prairies de fauche ; 3) des bandes de luzerne et 4) des bandes fleuries au sein des parcelles cultivées.

Ces bandes constituent des zones refuges au sein de l'agro-écosystème (Ernault *et al.*, 2013) et confèrent de nombreux services écosystémiques, comme le rôle de corridors écologiques à l'échelle du paysage (Haddaway *et al.*, 2018). Les bandes enherbées (BE),

instaurées dans le cadre de la Directive Nitrates, fournissent des habitats pour la biodiversité des milieux agricoles (Desender, 1982 ; Ernault *et al.*, 2013 ; Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014). Elles peuvent en particulier renforcer les populations d'auxiliaires de culture naturellement présents dans le milieu (ex : insectes, araignées, oiseaux) notamment les Coléoptères Carabidés, considérés comme un des principaux régulateurs naturels des populations de pucerons, mollusques, mauvaises herbes et autres bio-agresseurs (Kromp, 1999 ; Kulkarni *et al.*, 2015). Les bandes refuges non fauchées au moment de la première coupe des prairies naturelles (BRprai) ont pour vocation d'accueillir la micro et macrofaune et de réduire les perturbations pour la faune associée à la fauche (Thorens, 1993). Les surfaces non exploitées au sein d'une prairie sont très favorables à la biodiversité (Farruggia *et al.*, 2012) et ont un effet significativement positif sur la richesse spécifique en Orthoptères et en papillons spécialisés (Buri *et al.*, 2013 ; Humbert *et al.*, 2012). Les bandes non fauchées dans les parcelles de luzerne (BRluz) consiste à laisser fleurir la luzerne de manière à fournir aux insectes pollinisateurs des ressources alimentaires. Cette pratique permet notamment d'allonger la période de présence de fleurs et ainsi d'augmenter la fréquentation de ces bandes par les pollinisateurs par rapport au reste de la parcelle (Rollin, 2013). Certains groupes d'insectes, notamment les papillons de jour, viennent s'y alimenter et s'y reproduire (Thiébeau *et al.*, 2010). Les densités d'Orthoptères sont également significativement plus élevées (Badenhausser *et al.*, 2005). Enfin, l'intégration de bandes fleuries (BF) aux abords de parcelles cultivées est également considérée comme un moyen de favoriser la présence de pollinisateurs ainsi que de fournir des zones de refuges et d'alimentation aux auxiliaires de culture, notamment les Arthropodes (Kowalska *et al.*, 2022 ; Ouvrard *et al.*, 2018). Ces BF jouent aussi le rôle de protection des milieux notamment en limitant l'érosion, en créant des zones d'hibernation pour la faune ainsi que des corridors biologiques (Haaland *et al.*, 2011). De plus, les régulations entre ravageurs et auxiliaires de culture conférées par ces bandes s'accompagnent d'effets positifs sur le rendement de parcelles de blé (Mei *et al.*, 2021) et de betterave (Twardowski *et al.*, 2005).

Cette étude retrace la mise en place de ces quatre types de bandes végétales dans le but de créer de l'hétérogénéité au sein de la ferme de la Prée. Elle a pour objectifs : 1) de mieux comprendre l'intérêt qu'il peut y avoir à ajouter des BE ou des BR pour la biodiversité, en particulier pour les invertébrés rampants et présents dans les couverts, 2) de caractériser l'implantation et le développement de BF en vue d'identifier les espèces végétales adaptées aux conditions pédoclimatiques locales et 3) d'explorer les autres rôles que peuvent jouer ces bandes dans le fonctionnement de l'exploitation.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Présentation de la ferme expérimentale

La ferme de la Prée est située dans les marais de Rochefort-sur-mer (17) (45°58'52"N, 0°02'28"W). C'est un système de polyculture-élevage bovin allaitant conduit en agriculture biologique (AB) depuis 2017 (Durant *et al.*, 2020). Le troupeau est composé de 45 mères de race Maraîchine et leur suite (soit une centaine d'animaux au total). La majorité du parcellaire de la ferme est localisée sur deux sites Natura 2000. Il est composé de 114 ha de prairies naturelles humides, fauchées ou pâturées, et de 52 ha de terres arables drainées. Ces surfaces sont situées à 90% en zone de marais et sont caractérisées par des sols argileux hydromorphes (> 50% d'argile). Les 10% restants se situent en « terres hautes » sur des sols sablo-limoneux. La ferme est parcourue par un réseau hydraulique dense de 25 km de fossés d'eau douce. Les prairies sont utilisées pour l'alimentation du troupeau par le pâturage et la production de foin. Les terres assolées sont implantées pour produire des cultures à destination de l'alimentation humaine et

pour garantir l'autonomie alimentaire du troupeau (foin de luzerne et méteil). L'exploitation est autonome pour l'alimentation des animaux depuis 2014 (Durant *et al.*, 2020). La ferme vise quatre objectifs : (1) Restaurer la biodiversité terrestre et aquatique et la concilier avec la gestion de l'eau et la production agricole, (2) Approvisionner le territoire en produits végétaux et animaux pour une alimentation humaine de proximité, en préservant les sols de marais, (3) Contribuer à l'atténuation du changement climatique et, (4) Assurer la viabilité économique du système.

### 2.2. Description, mise en place et entretien des bandes végétales

Les quatre types de bandes végétales : bandes enherbées autour des parcelles cultivées ; bandes refuges dans les prairies de fauche ; bandes refuges dans les luzernes et bandes fleuries au sein des parcelles cultivées, ont été implantés progressivement sur la ferme (Figure 1). Elles couvrent au total 9,2 ha (~ 6% de la SAU) (Tableau 1 et Figure 2).

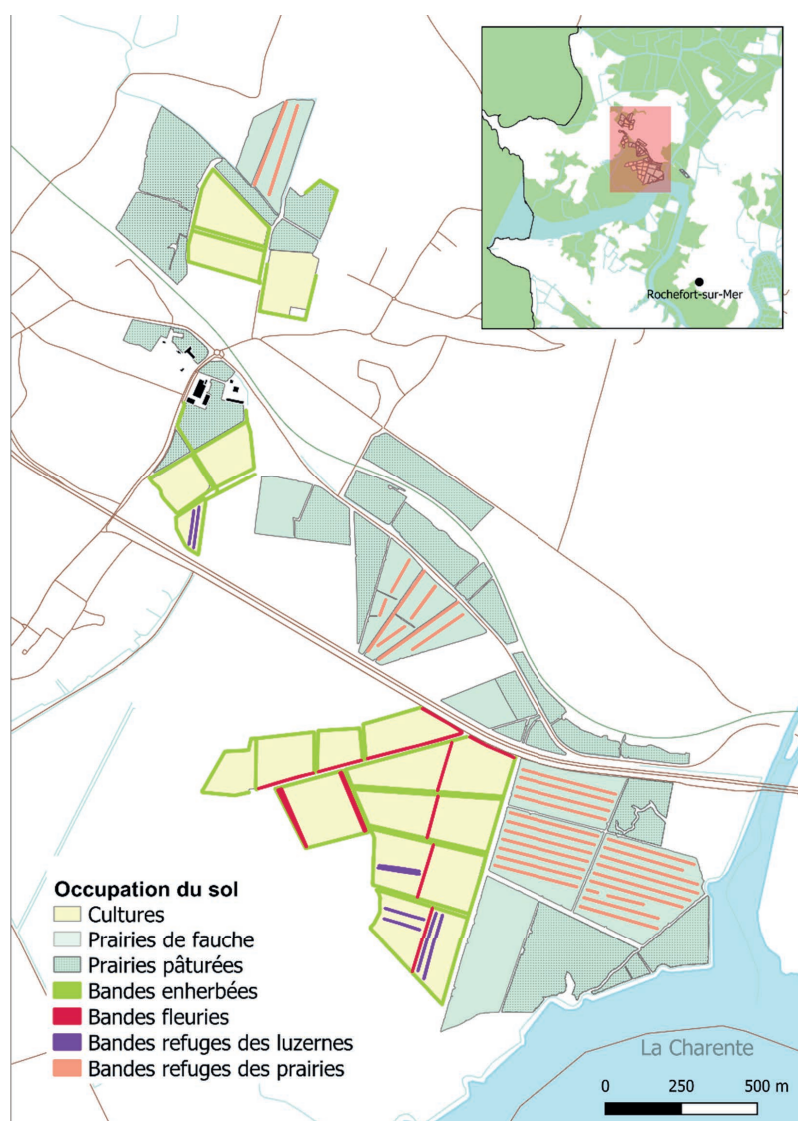


Figure 1 : Occupation du sol et localisation des quatre types de bandes végétales sur la ferme expérimentale de la Prée en 2023. Les zones Natura 2000 (en vert), estuaire et rivières à proximité de la ferme sont représentés dans l'aperçu en haut à droite.

Tableau 1 : Surfaces des différents types de bandes végétales pour l'année 2023.

	Surface (ha)	Couverture des bandes (%) par rapport au reste du parcellaire
Bandes enherbées	5	9% des surfaces cultivées
Bandes refuges (prairies)	3	6% des surfaces de prairies de fauche
Bandes refuges (luzernes)	0,3	1% des surfaces en luzerne
Bandes fleuries	0,9	2% des surfaces cultivées
Total	9,2	

### 2.2.1. Les bandes enherbées (BE) autour des cultures

En 2011, des BE de 5 mètres de large ont été installées sur le pourtour des parcelles cultivées situées le long de tous les canaux. Après un travail du sol peu profond, un couvert végétal composé d'un mélange de ray-grass anglais et de luzerne a été semé à l'automne.

De 2012 à 2018, ces bandes étaient gérées avec un broyage de printemps, une fauche en mai-juin et un broyage « de nettoyage » à l'automne. Le produit de la fauche était exporté pour constituer un complément fourrager pour le troupeau, impliquant des opérations d'andainage, de bottelage et de ramassage. L'objectif était de limiter le risque d'enherbement des cultures à partir de la flore de ces bandes. À partir de 2019, suite à la faible production fourragère de ces bandes et au risque limité de diffusion des adventices (Cordeau *et al.*, 2012), un seul broyage annuel a été pratiqué afin d'alléger leur gestion. En 2021, une gestion différenciée a été mise en place:

- En zone de marais, la moitié des BE sont broyées mi-juillet afin de créer une végétation assez rase à l'automne favorable aux amphibiens,
- L'autre moitié est broyée fin septembre-octobre pour maintenir les hauteurs d'herbe favorables aux alouettes des champs et aux Orthoptères,

- En zone de terres hautes, le BE sont broyées après la floraison des Orchidées (à partir de juin). Parallèlement à ces attributions de fonctions écologiques (« amphibiens », « alouette » ou « orchidées »), une carte des bandes sur lesquelles la circulation des tracteurs et des voitures est restreinte a été actée par le collectif de la ferme.

### 2.2.2. Les bandes refuges sur les prairies naturelles (BRprai)

Les BRprai, non fauchées, ont été mises en place en 2021 dans les prairies naturelles. Ces bandes de 4 à 5 m de large, sont conservées dans les prairies fauchées le long d'un des bords des rigoles ou en bordure de parcelle le long du fossé. Leur localisation est choisie en fonction de la facilité de fauchage et change d'une année sur l'autre. La flore de ces prairies est composée majoritairement de Poacées (80%), le reste étant représenté par des Cypéracées (8%), des Fabacées (5%) et des espèces d'autres familles de dicotylédones (7%). Chaque année une fauche unique est réalisée, entre mi-mai et fin juin suivant les conditions météorologiques. Environ 6 à 8 semaines après la fauche, les faibles repousses d'herbe (~5-10 cm) de ces prairies humides sont pâturées. La végétation épiée des BRprai constituent donc un stock d'« herbe sur pied » contigu aux repousses. En 2021, cette pratique a été mise en place sur 3 parcelles. De 2022 à 2024, elle s'est généralisée sur toutes les parcelles de fauche représentant 1,5 ha et 3 ha, respectivement, soit 5 et 8% de la surface fauchée.

Figure 2 : Les quatre types de bandes végétales : A. bande enherbée ; B. bande refuge (dans une prairie de fauche) ; C. bande refuge (dans une luzerne) ; D. bande fleurie. Photos : ©INRAE.



### 2.2.3. Les bandes refuges dans les parcelles de luzerne (BRLuz)

Selon les années, l'assolement comprend 3 à 10 ha de luzerne destinée à la production de foin pour le troupeau. Deux à trois fauches sont réalisées chaque année. Depuis 2022, des bandes non fauchées de 3 à 4 m de large sont conservées sur un des côtés de chaque parcelle. L'emplacement de cette bande change de côté à chaque fauche de l'année.

### 2.2.4. Les bandes fleuries (BF) au sein des cultures

Onze bandes fleuries de 3 m de large ont été implantées en bordure ou à l'interface entre deux parcelles cultivées couvrant une surface totale de 0,9 ha. Un mélange composé de 25 espèces a été semé. Le choix des espèces a été réalisé de manière à fournir des ressources floristiques ainsi que des habitats aux insectes et pollinisateurs d'avril à octobre. Des semences labellisées « Végétal Local » ont été utilisées afin de préserver la diversité génétique. Les coûts en semence sont de 3008 €/ha. L'orge commune a été ajoutée au mélange afin de concurrencer les adventices en début d'implantation. Le sol a été travaillé avec un fissurateur le 30/03/2022 suivi de deux passages de déchaumeur à dents les 02/06 et 01/09/2022. Deux faux-semis ont été réalisés le 30/03 et le 02/06/2022 suite à l'utilisation d'un rotalabour et d'un déchaumeur à dent ; l'objectif étant de créer un lit de semence fin et de réduire la pression adventice. Le mélange a été semé avec un combiné de semis le 16/09/2022.

Les conditions météorologiques, au cours des 15 jours suivants le semis, ont été assez favorables, avec 15 mm de pluie et des températures relativement douces (~10 °C). Les bandes ont été fauchées sans exportation en octobre 2023.

## 2.3. Mesures ou observations réalisées

Pour chaque type de bande, les mesures effectuées ont été adaptées aux fonctions attendues sur la biodiversité et la production fourragère.

### 2.3.1. Suivis de biodiversité

- **Suivi des insectes dans les BRprai**

Cinq BRprai ont été suivies dans deux parcelles de fauche situées en zone de marais et une parcelle située en zone de terres hautes. Ces parcelles ont été choisies pour être représentatives du gradient marais-terres hautes du contexte agricole local.

Entre 2021 et 2024, trois couples de pots Barber ont été positionnés dans chaque BRprai suivie et en dehors (zone fauchée : Bfa), distants entre eux d'au moins 10 mètres. Ces pots de 10 cm de diamètre et 15 cm de hauteur ont été posés pendant 24 heures, en juin-juillet avant l'entrée des animaux. Ces pots sont enfoncés dans le sol à l'aide d'une tarière jusqu'à ce que le haut du pot affleure à la surface du sol. Une plaque de plexiglas est disposée au-dessus de

chaque pot (sur des petits supports laissant une fente d'entrée pour les insectes d'1,5 cm de haut environ) afin d'éviter son remplissage en cas de pluie. Le choix a été fait de ne pas disposer de liquide de conservation dans le pot afin de recueillir les individus vivants et de les relâcher ensuite.

Entre 2022 et 2024, l'inventaire des insectes volants ou vivant au sein du couvert végétal (insectes du couvert dans la suite) s'est fait à l'aide d'un filet fauchoir. Un seul passage a été réalisé entre les mois de juin et d'août. L'inventaire se fait en réalisant des mouvements de fauchage réguliers au nombre de 6, en répétant 3 fois l'opération par modalité (BR et BF). À partir de 2023, nous avons distingué au sein de l'ordre des Hémiptères, les punaises (sous-ordre des Hétéroptères), les cicadelles et les pucerons (sous-ordre des Homoptères).

- **Suivi de l'émergence des Carabidés au sein des BE**

L'émergence des Carabidés au sein des BE a été étudiée en 2013, 2014 et 2015 sur 3, 4 et 2 BE respectivement (certaines étant communes d'une année à l'autre). Sur chaque BE suivie, 1 (en 2013) et 3 (en 2014 et 2015) pièges à émergence ont été installés. Pour chaque BE, un autre piège similaire a été positionné dans la parcelle de culture adjacente - cultures d'hiver (blé tendre, triticales ou féverole d'hiver) ou cultures de printemps (tournesol ou orge de printemps) (décrit dans Durant *et al.*, 2018). Chaque piège est constitué d'un cadre de plexiglas (i.e. 30 x 100 cm) enfoncé dans le sol à plus de 10 cm et recouvert d'un filet empêchant les insectes d'y entrer ou d'en sortir. À l'intérieur, deux pots Barber remplis d'un liquide de conservation ont été placés dans le sol selon le dispositif de Fadl *et al.* (1996).

- **Piégeage des insectes et intensité de floraison au sein des BRLuz**

Entre les mois de juin et août, de 2022 à 2024, la collecte d'insectes du couvert a été réalisée au filet fauchoir (Cf. méthode ci-dessus) sur 11 BRLuz. En parallèle, une évaluation visuelle du pourcentage de recouvrement des fleurs dans les parcelles de luzerne a été réalisée. Cette évaluation de l'intensité de floraison a été réalisée sur 3 tronçons de 40 m<sup>2</sup> (diagonale de chaque parcelle), tous les 15 jours entre mars et octobre (Farruggia *et al.*, 2012). En parallèle, une mesure de la hauteur du couvert a été réalisée à chaque évaluation visuelle des fleurs.

### 2.3.2. Suivi floristique au sein des BF

Des relevés floristiques ont été effectués à trois périodes en novembre 2022, juillet 2023 et juin 2024. À chaque relevé, la végétation a été observée le long d'un transect (i.e. 20 x 3 m) positionné au centre des bandes. L'abondance de chaque espèce semée et l'abondance globale des adventices ont été notées suivant l'échelle de Barralis (Barralis, 1976). Elle comprend six niveaux : + (vue 1 fois) ; 1 (moins de 1 individu/m<sup>2</sup>) ; 2 (de 1 à 2 individus/m<sup>2</sup>) ; 3 (de 3 à 20 individus/m<sup>2</sup>) ; 4 (de 21 à 50 individus/m<sup>2</sup>) et 5 (plus de 50 individus/m<sup>2</sup>). Le stade phénologique de chaque espèce a été également noté en 2023 et 2024.

### 2.3.3. Suivi de la production fourragère dans les BRprai et BRluz

Le rendement fourrager est utilisé comme mesure de la production fourragère. Il est calculé à partir du poids et du nombre de bottes produites par parcelle. Les productions sont pesées à l'aide d'un pont bascule. Sur les BE, le rendement fourrager annuel produit a été évalué de 2013 à 2017. Sur les BRprai, le stock d'herbe sur pied a été estimé à partir du rendement fourrager de la parcelle rapportée à la surface de chaque BRprai. En 2021, 2022 et 2023, avant la mise en pâture de ces parcelles, des prélèvements de biomasse ont été réalisés à la motofaucheuse au milieu de chaque BRprai sur une longueur de 2 mètres sur 5 zones de la bande et sur les 3 parcelles. Deux sous-échantillons ont été prélevés par bande pour mesurer d'une part, le taux de matière sèche (MS) et, d'autre part, la valeur nutritive (Matière Azotée Totale - MAT, les fibres - ADF, NDF et la digestibilité). Les analyses ont été réalisées au laboratoire INRAE de Lusignan (URP3F <https://ror.org/04247y265>). Des hauteurs de végétation ont été mesurées à l'herbomètre en 2022 sur les BRprai d'une des parcelles de marais, à 3 dates différentes (27 juin, 28 juillet et 27 septembre soit respectivement 41 jours, 72 jours et 133 jours après la date de fauche).

Sur les BRluz, la perte de production de foin de luzerne a été estimée à partir du rendement fourrager de la parcelle rapportée à la surface de chaque BRluz.

## 2.4. Analyses statistiques

Les données issues des pièges à émergence (pour les BE), pots Barber et filets fauchoir (pour les BR) ne suivant pas la loi normale, des analyses statistiques non paramétriques ont été privilégiées. Nous avons considéré le piège à émergence, le pot Barber ou le filet fauchoir comme individu statistique de base. Des tests de comparaison de moyenne (tests de Mann-Whitney ou de Kruskal-Wallis) ont été réalisés grâce au logiciel R (version 4.3.1 ; R Core Team, 2023). Le détail des analyses statistiques pour les BE ainsi que le calcul de l'indice de similitude de Sørensen de la diversité spécifique en Carabidés est consultable dans Durant *et al.* (2018).

Pour les données sur les BF, la richesse spécifique totale est utilisée comme indicateur de diversité végétale et correspond au nombre d'espèces observées sur une BF. La fréquence d'observation correspond au nombre de BF sur lesquelles l'espèce est présente divisé par le nombre total de BF. Le centre de chaque classe d'abondance Barralis est utilisé pour calculer l'abondance moyenne et maximale de chaque espèce. L'abondance totale est calculée pour chaque BF en additionnant l'abondance de toutes les espèces observées. L'indicateur Potentiel pour les pollinisateurs (Chammard, E., 2018) représente l'attrait de l'espèce pour les pollinisateurs (0 : nul - 3 : fort). L'évolution du potentiel pour les pollinisateurs du cortège floral a été estimé en additionnant pour chaque mois le potentiel de chaque espèce en fleur pondéré par sa fréquence d'observation sur la ferme.

Un cortège floral théorique a été calculé sur la base d'une réussite d'implantation de toutes les espèces (fréquence d'observation de 100%).

## 3. Résultats

### 3.1. Les bandes enherbées

L'analyse des émergences de Carabidés a révélé une communauté riche de 55 espèces sur la sole cultivée contenant les BE, dominée cependant par un nombre restreint d'espèces ( $\leq 10$ ), représentant à elles seules plus de 70% de l'effectif total (1564 individus piégés sur 3 ans). En extrapolant à l'hectare les données obtenues dans les pièges, nous avons confirmé qu'un nombre élevé de Carabidés émergent des sols des agro-écosystèmes, de l'ordre de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'individus par semaine et par ha (Durant *et al.*, 2018). L'abondance et la richesse spécifique en Carabidés sont supérieures dans les parcelles cultivées par rapport aux BE adjacentes pour les cultures d'hiver (-31 individus et -4 espèces sur les BE par rapport à la partie cultivée). Le résultat inverse a été obtenu pour les cultures de printemps (+15 individus et +5 espèces sur les BE). Les BE et les cultures montrent une différence dans les cortèges d'espèces qui y émergent (indices de similitude : 0,2 à 0,4), certaines montrant une préférence pour émerger des cultures, par exemple *Poecilus purpurascens* et *P. cupreus*.

### 3.2. Les bandes refuges dans les prairies et les luzernes

#### 3.2.1. Présence des invertébrés du sol et dans le couvert dans les BRprai

L'abondance des insectes du sol est similaire dans les BRprai et dans le reste de la parcelle fauchée (Bfa), quels que soient les groupes taxonomiques étudiés (Tableau 2).

Toutefois, il existe une tendance à ce que l'abondance en Carabidés soit légèrement plus élevée dans la Bfa par rapport à la BRprai. Concernant les invertébrés du couvert, l'abondance des araignées, des Coléoptères, et des punaises est significativement plus élevée dans les BRprai que dans la Bfa. En revanche, l'abondance des Orthoptères est significativement plus élevée dans la Bfa (Tableau 2).

#### 3.2.2. Apport en fleurs et présence des invertébrés dans le couvert des BRluz

Les BRluz permettent de maintenir des fleurs tout au long de la saison au sein de la sole de parcelles cultivées. Le recouvrement des fleurs sur les parcelles chute en effet brutalement après la récolte de la 2ème et de la 3ème coupe de foin lorsqu'il n'y a pas de bandes non fauchées (Figure 3).

Tableau 2 : Abondance des taxons dans les bandes refuges de prairies naturelles et de luzernes selon le type de piégeage sur 3 ans (# données sur 2 ans). n = nombre total de captures par modalité ; BR : bande refuge ; Bfa : bande fauchée. Niveau de significativité : ns : non significatif, t : tendance, p < 0,1 ; \* : p < 0,05 ; \*\* : p < 0,01 ; \*\*\* : p < 0,001.

Couvert végétal	Type de captures	Groupe taxonomique	n par modalité	Modalité BR	Modalité Bfa	p-value	Significativité
Prairie naturelle	Pot piège	Araignées	59	9,7	8,9	0,91	ns
		Coléoptères	59	1,6	1,0	0,20	ns
		Carabidés	59	2,4	3,2	0,09	t
		Cloportes	59	3,3	3,3	0,40	ns
Prairie naturelle	Filet fauchoir	Araignées	48	4,0	2,4	<0,01	**
		Coléoptères	48	6,2	1,8	<0,001	***
		Diptères	48	3,1	4,7	0,42	ns
		Orthoptères	48	2,3	5,9	<0,001	***
		Punaises #	30	3,5	1,4	0,01	*
		Cicadelles #	30	2,6	3,6	0,34	ns
Luzerne	Filet fauchoir	Araignées	33	6,0	2,1	<0,001	***
		Coléoptères	33	14,6	2,5	<0,001	***
		Diptères	33	2,2	1,3	0,02	*
		Orthoptères	33	0,1	0,0	0,08	t
		Punaises#	27	25,8	12,0	<0,001	***
		Cicadelles#	27	2,2	1,7	0,26	ns

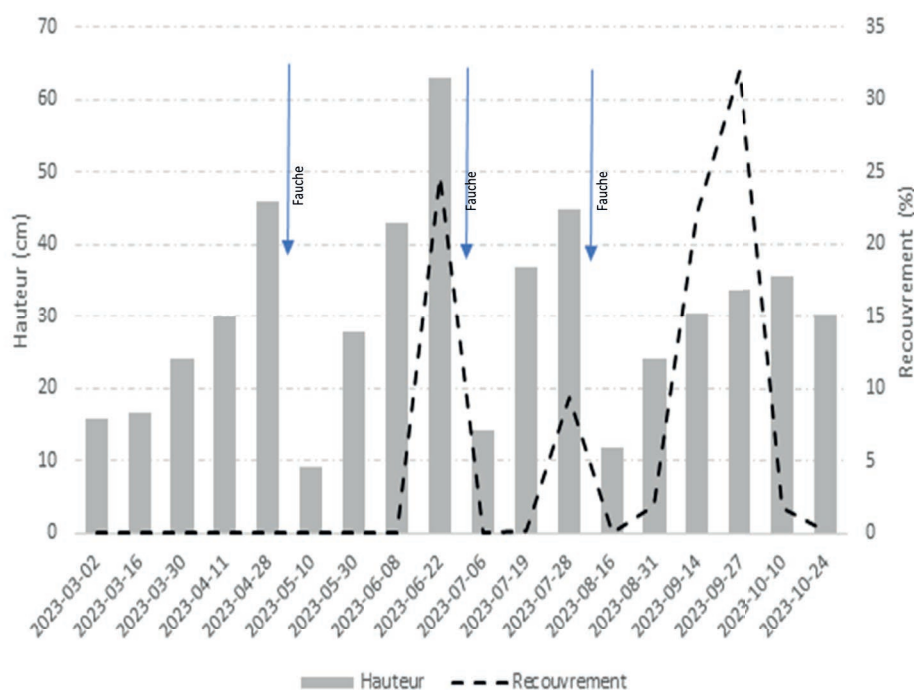


Figure 3 : Hauteur moyenne du couvert de luzerne (cm) et pourcentage de recouvrement surfacique des fleurs de luzerne sur les parcelles de mars à octobre 2023. Fauche (flèche bleue).

Concernant les insectes du couvert, tous les taxons sont globalement plus abondants dans les BRLuz en comparaison au reste de la parcelle, et ceci de manière significative pour les araignées, les Coléoptères, les Diptères et les punaises (Tableau 2). Il faut également noter qu'en dehors des taxons ayant fait l'objet de l'analyse statistique, de nombreuses espèces de Lépidoptères et d'Hyménoptères ont été observées, mais non capturées au filet fauchoir.

### 3.2.3. Surface et production fourragère des BRprai et des BRLuz

De 2022 à 2024, la surface des BRprai a été de 1,5 ha et 3,0 ha, soit respectivement 5 à 8% de la surface totale fauchée de la ferme. La biomasse présente dans les BRprai au moment de la fauche a été évaluée entre 3,2 à 14,4 t de MS suivant les années, ce qui représente 4 à 6% du stock annuel de foin récolté dans les prairies naturelles. Les valeurs nutritives moyennes sont peu élevées avec 7,0% de MAT (écart type 1,15), 41,1% d'ADF (2,81) et 33,4% (9,57) de digestibilité. Elles sont similaires aux valeurs des foins de la récolte. De la fin juin à la fin septembre, la hauteur du couvert des BRprai est passée de 13,6 cm à 5,5 cm en moyenne, montrant ainsi que la végétation des bandes se couche au fur et à mesure de l'avancée de la saison.

Concernant la luzerne, compte tenu des coupes successives, la surface totale des BRLuz représente 0,31 à 0,79 ha soit entre 1 et 3% de la surface cumulée de fauche (surface des parcelles\*nombre de coupes par parcelle). La biomasse présente dans les BRLuz au moment de la fauche a été estimée entre 0,1 et 1,5 t de MS, soit 0,7 à 2,4% du stock annuel de luzerne.

### 3.3. Les bandes fleuries

Durant les 3 années de suivi, il a été observé en moyenne 15 espèces par bande. Chaque année, la richesse spécifique globale moyenne a diminué (2022 : 11,7 ; 2023 : 8,1 ; 2024 : 6,5) (Figure 4). L'abondance totale diminue entre 2022 et 2023 sur toutes les bandes (~ 7,6 ind./m<sup>2</sup>) et augmente entre 2023 et 2024 (~ 4,4 ind./m<sup>2</sup> en 2024). Cette augmentation varie en fonction des bandes. L'abondance totale reste relativement faible durant les 3 années de suivis (i.e. < 30 ind./m<sup>2</sup>).

Les espèces annuelles sont présentes sur la majorité des BF après l'implantation mais elles se maintiennent assez peu dans le temps (Figure 5a). Les espèces pérennes s'implantent plus lentement et apparaissent au cours du temps. Leurs abondances moyennes tendent à augmenter progressivement en année 2023 et 2024 (Figure 5b).

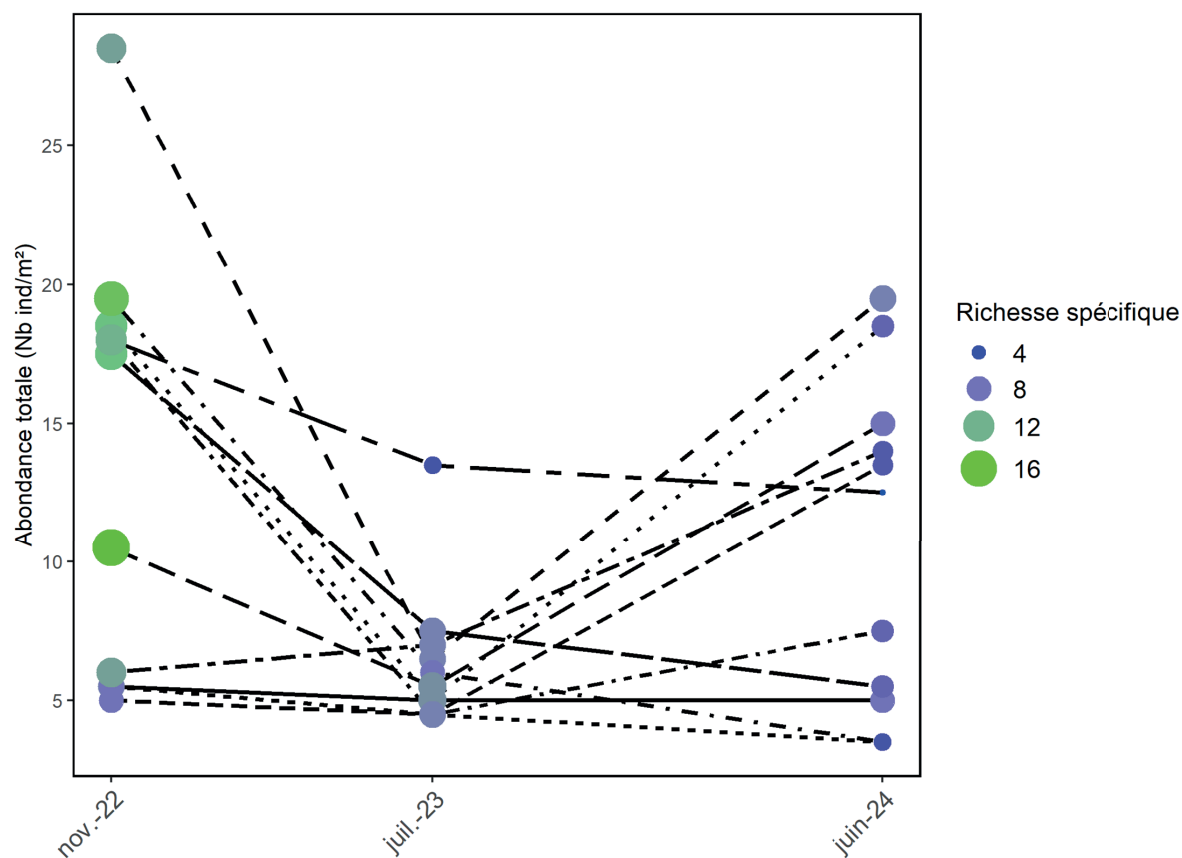


Figure 4 : Évolution de l'abondance totale et de la richesse spécifique des espèces semées au sein de chaque bande fleurie. Un point = une bande fleurie.

La première année, 8 espèces étaient présentes sur plus de 90% des BF. Parmi celles-ci, 2 espèces annuelles (*Borago officinalis* et *Sinapis alba*) ne sont plus réapparues les années suivantes. C'est également le cas d'*Hordeum vulgare* qui se maintient en 2023 puis qui n'est plus présente en 2024. *Daucus carota*, *Malva sylvestris*, *Vicia sativa*, et *Pastinaca sativa* se sont maintenues durant les 3 années mais leur fréquence diminue dans le temps. Seule *Centaurea jacea* se maintient et est présente sur 10 BF sur 11 en 2024. En 2022, *Achillea millefolium*, *Cyanus segetum*, *Knautia arvensis* et *Trifolium repens* étaient présentes sur plus de 50% des BF. La fréquence de ces espèces diminue fortement en 2023 et 2024. Seul *C. segetum* se maintient sur 7 BF en 2023. On retrouve uniquement *T. repens* sur 2 BF en 2024.

Parmi les 5 espèces présentes sur moins de 50% des BF en 2022, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* et *Plantago lanceolata* ont vu leur fréquence augmenter au fil du temps. *Barbarea vulgaris*, présente sur 45% des bandes et *Galium verum*, 9% des bandes, se sont maintenues dans le temps. *Schedonorus arundinaceus* (ex *festuca arundinacea*) n'est pas observée la première année mais très fréquente en 2023 et 2024. Parmi les espèces observées en 2022, 6 espèces n'ont pas été revues en 2024 (*A. millefolium*, *B. officinalis*, *C. segetum*, *H. vulgare*, *K. arvensis*, *S. alba*) (Figure 5a).

De plus, sur l'ensemble des 3 années de relevés, 5 espèces sur les 25 semées n'ont jamais été observées (*Echium vulgare*, *Hypericum perforatum*, *Scabiosa columbaria*, *Tanacetum vulgare*, *Trisetum flavescens*). *Cichorium intybus* et *Medicago sativa* ont été observées uniquement sur une BF et leurs présences semblent plus liées au précédent cultural qu'au semis de BF.

La première année, *S. alba* et *P. sativa* sont les deux espèces les plus abondantes avec en moyenne 6,8 et 2,0 ind./m<sup>2</sup>. *P. sativa* est également abondante en 2023 puis décroît en 2024. L'abondance moyenne de *S. arundinacea* augmente progressivement et atteint 7,0 ind./m<sup>2</sup> en 2024. L'abondance maximale enregistrée pour ces trois espèces est de 11,5 ind./m<sup>2</sup>. Les abondances moyennes de toutes les autres espèces ne dépassent pas 1 ind./m<sup>2</sup> (Figure 5b). Parmi celles-ci, Il est intéressant de noter que les abondances moyennes de *B. vulgaris*, *L. corniculatus*, *D. glomerata*, *P. lanceolata* et *C. jacea*, bien que faibles (i.e. entre 0,3 et 0,7 ind./m<sup>2</sup>), tendent à augmenter au fil des trois années de suivi. *D. carota* tend également à se maintenir. L'abondance maximale observée pour ces espèces est de 1,5 ind./m<sup>2</sup>. De manière générale, les espèces semées ont été fortement concurrencées par les adventices (i.e. > 50 ind./m<sup>2</sup>) dès l'implantation et tout au long des trois années de suivi (i.e. *Helminthotheca echioides* et *Ranunculus sardous*).

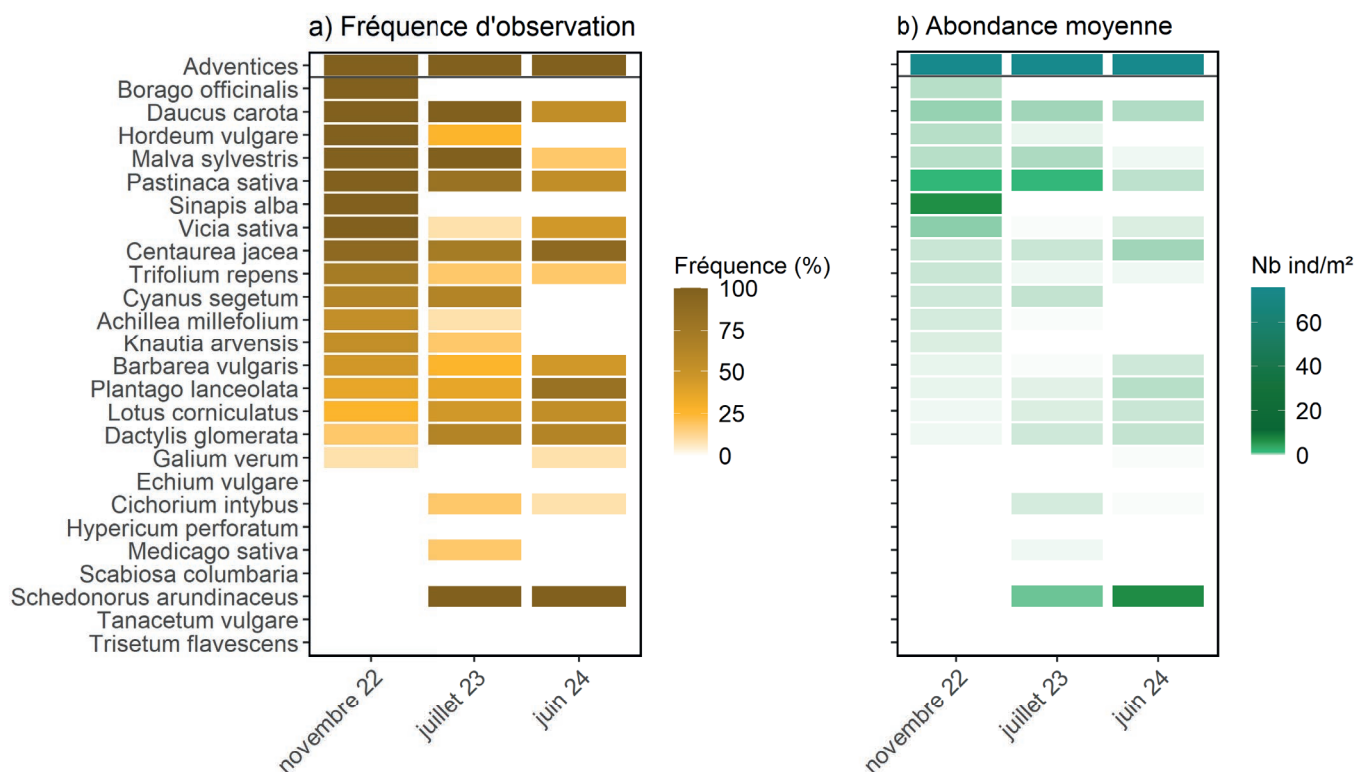


Figure 5 : a) Fréquence d'observation (nombre de bandes où l'espèce a été observée) pour chaque espèce semée et pour l'ensemble des adventices ; b) Abondance moyenne par espèce semée et pour l'ensemble des adventices.

Tableau 3. Potentiel pour les pollinisateurs du cortège floral théorique et du cortège floral obtenu.

Cortège floral	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Théorique	0	0	0	1	24	46	52	41	35	7	0	0
Nov. 2022	0	0	0	0	15	29	29	20	18	3	0	0
Juil. 2023	0	0	0	0	10	18	19	14	13	3	0	0
Jun-24	0	0	0	1	5	10	10	9	9	2	0	0

Le mélange d'espèces semées sur les bandes fleuries permet d'obtenir un cortège floral théorique d'avril à octobre avec un pic de potentiel pour les pollinisateurs au mois de juillet (Tableau 3). Le cortège floral obtenu fournit une ressource florale de mai à octobre durant les trois années de suivi. Il décroît dans le temps du fait de la faible occurrence de certaines espèces.

## 4. Discussion

Cette étude illustre la démarche de diversification végétale entreprise sur une ferme de polyculture-élevage en zone de marais. Cette diversification y est réfléchi à l'échelle de la parcelle (i.e. mise en culture de mélanges d'espèces et de variétés), de l'assolement (i.e. mise en culture d'une diversité d'espèces, gestion des prairies) et de la ferme (i.e. entretien et mise en place d'habitats semi-naturels tels que haies, bords de fossés, bords de chemins, roselière). Ainsi, l'introduction de bandes végétales permet de créer des habitats supplémentaires. Ces bandes contribuent à augmenter l'hétérogénéité paysagère sur la ferme 1) en augmentant le nombre d'espèces végétales présentes, 2) en créant une diversité de couverts végétaux en termes de hauteur, densité, composition, gestion/entretien, etc. et 3) en réduisant la taille des parcelles cultivées et en augmentant ainsi la mosaïque des cultures (Tibi *et al.*, 2023). Cette démarche a permis de créer, à l'échelle de la ferme, plus de 9 ha d'habitats nouveaux et de fragmenter le parcellaire (Figure 1). Ces bandes végétales couvrent 6% de la SAU, 8% des surfaces de fauche et 10% des surfaces arables. Cet effort notable est cependant en dessous des préconisations rencontrées dans la littérature scientifique, e.g. garder entre 10 et 20% de zones non fauchées (Buri *et al.*, 2013).

### 4.1. L'effet positif des bandes végétales sur la biodiversité

Notre étude contribue à confirmer les effets globalement positifs sur la biodiversité des bandes végétales démontrés par plusieurs auteurs (BE : Grashof-bokdam et van Langevelde, 2005 ; BR : Révész *et al.*, 2024 ; BF : Mei *et al.*, 2021). Les observations montrent que les communautés de Carabidés ne sont pas tout à fait les mêmes dans les bandes enherbées et dans les cultures et que cette différence permet d'augmenter la richesse spécifique des Carabidés de l'agroécosystème. Nous avons également montré que l'abondance et la richesse spécifique en Carabidés sont supérieures

dans les BE par rapport aux parcelles cultivées - pour les cultures de printemps - alors que le résultat est inverse pour les cultures d'hiver. Il est probable que le travail du sol au printemps ait plus de conséquences que celui réalisé en fin d'été-début d'automne, bien que ce dernier soit réalisé à une plus grande profondeur, i.e. décompactage ou labour. Ainsi, les espèces de Carabidés les plus exigeantes et les plus sensibles aux perturbations liées aux travaux agricoles seraient d'autant favorisées sur une ferme qu'il existe des espaces non perturbés tels que les BE pour les accueillir (Ernout *et al.*, 2013).

Notre étude ne montre pas d'effet des bandes refuges sur les insectes du sol dans les prairies naturelles. Elle montre en revanche que l'abondance en araignées, Coléoptères, et punaises est plus élevée dans les BRprai que dans les zones fauchées. Les Orthoptères, à l'inverse, étaient significativement plus nombreux dans la zone adjacente fauchée par rapport à la BRprai, ce qui n'est pas en accord avec l'étude de Bosshard *et al.* (2007) ou celle de Buri *et al.* (2013) qui montrent au contraire un effet positif des BR sur la densité d'Orthoptères (doublée par rapport aux zones fauchées). Nous n'avons pour le moment pas d'explication à ces observations. Pour la suite de ces suivis dans les BR, il serait ainsi judicieux de focaliser les mesures sur un unique groupe taxonomique, les Orthoptères notamment, pour lesquels des différences ont été relevées. Se nourrissant principalement de Poacées, nous savons que les Orthoptères sont sensibles à la structure de la végétation (Mazurier, 2021), aussi bien en termes de hauteur que de densité de couvert végétal. Des mesures réalisées au moment de la fauche permettraient d'explorer si les Orthoptères ayant survécu à la fauche (20% selon Humbert *et al.*, 2010) se déplacent vers les BR, comme cela a été suggéré dans Humbert *et al.* (2012). Il serait également utile d'explorer si la présence des deux types de couverts contigus, i.e. ras (dans les zones fauchées) et haut (dans les BR) permettrait à ce taxon d'accomplir l'ensemble de son cycle de vie. De même, il serait bon de reconsidérer l'intérêt d'utiliser le filet fauchoir pour d'autres insectes que ceux qui sont fixés dans la végétation, car il ne semble pas adapté à la capture des imagos de Lépidoptères ou des Hyménoptères par exemple qui avaient tendance à fuir à l'approche du filet. Enfin, nous n'avons pas fait d'observation ou de piégeage dans les BF, mais ces surfaces herbacées et fleuries non perturbées constituent *a priori* sur la ferme un habitat pour de nombreuses espèces d'invertébrés (Haaland *et al.*, 2011).

Ainsi, l'ensemble de ces aménagements intra ou extra-parcellaires, souvent qualifiés de "réservoirs biologiques" jouent un rôle dans l'enrichissement de la biodiversité dans les agroécosystèmes (Diwo-Allain et Bout, 2004).

## 4.2. Le défi de la mise en place des bandes fleuries en marais

La mise en place de BF en contexte de marais demeure un défi technique. D'une manière générale, la plantation des BF n'a pas permis d'obtenir un couvert végétal dense et diversifié. En 2024, seules 7 espèces sont présentes sur plus de 50% des BF et, hormis *S. arundinaceus* leur abondance est très faible (i.e. < 1 ind./m<sup>2</sup>). Ce résultat peut s'expliquer par 1) la forte pression des adventices présentes dès 2022, 2) la difficulté à faire germer de petites graines dans ces sols très argileux, et 3) des conditions hivernales très humides et des sols engorgés en eau, particulièrement durant l'hiver 2023-2024. Les espèces annuelles fréquentes en première année mais peu abondantes n'ont pas permis de limiter le développement des adventices en première année, tout comme le travail du sol et les faux semis réalisés en amont. Il est intéressant de noter que les espèces très fréquentes en 2022 sont en majorité les espèces ayant les plus grosses graines. À l'inverse les espèces n'ayant pas été observées possèdent de très petites graines. Des problèmes de levée de dormance ne sont pas à écarter. Le mélange d'espèces annuelles, bisannuelles et pérennes semble intéressant car la succession des différents types biologiques se retrouve dans nos suivis.

L'analyse des suivis floristiques permet cependant de hiérarchiser les espèces selon leur fréquence et abondance et ainsi d'entrevoir leur potentiel vis-à-vis du milieu. Parmi les espèces annuelles *S. alba* et *V. sativa* semblent s'implanter suite au semis puis décroître. Les espèces bisannuelles, *D. Carota* et *P. sativa* sont également présentes suite à l'implantation puis leur présence diminue. Parmi les espèces pérennes, les plus prometteuses sont *B. vulgaris*, *L. corniculatus*, *D. glomerata*, et *P. lanceolata* et *C. jacea* dont la fréquence et l'abondance augmentent durant les 3 années de suivi. *S. arundinaceus* est très fréquente et abondante à partir de 2023 mais elle semble concurrencer les autres espèces. Ces espèces ont contribué à enrichir les ressources florales et en pollen de la ferme, mais moins que ce que l'on aurait pu attendre. Schmied et al. (2023) conseillent de semer des BF à différentes périodes afin de créer une différence d'âge des BF. Pour finir, *C. intybus*, bien que présente sur une BF semble adaptée au contexte de marais.

Les espèces annuelles ont achevé leur cycle la première année, sans maintien ni augmentation de l'abondance en 2023. Un léger travail du sol pourrait éventuellement favoriser la germination des graines dispersées. Les espèces bisannuelles ont fleuri pendant l'été 2023, mais cela n'a pas conduit à une augmentation de l'abondance en 2024. Les espèces pérennes dont l'abondance a augmenté ont été observées en fleurs et fruits en 2023 et à nouveau en 2024. Il serait à vérifier si les graines produites contribuent à l'augmentation du nombre d'individus. De nombreuses espèces ont montré

des résultats mitigés (fréquences et abondances partielles). Ces espèces pourraient dans un contexte plus favorable (i.e. pression adventice plus faible) donner de meilleurs résultats.

Limiter la concurrence des adventices et maximiser la germination et l'implantation des graines constituent les deux leviers pour réussir la mise en place de BF. Dans ce contexte, prioriser l'objectif d'implantation des espèces avant l'objectif de production de fleurs semble être pertinent. Afin de réduire le risque financier, les espèces ayant un coût en semence faible (i.e. < 100 €/ha) pourraient également être favorisées dans le mélange. Le semis de BF plus spécifique constituées uniquement d'espèces annuelles, de pérennes et ou d'espèces de printemps ou d'hiver pourrait également être envisagé. Intégrer de nouvelles espèces à nos mélanges telles que *Coriandrum sativum* (Twardowski et al., 2005) ou encore *Leucanthemum vulgare* (Mei et al., 2021) serait intéressant.

## 4.3. Les autres rôles des bandes végétales dans le fonctionnement de l'exploitation

Bien que l'effet positif des éléments semi-naturels sur la biodiversité et les services écosystémiques qu'ils fournissent ait été démontré (Tibi et Therond, 2017 ; Tibi et al., 2023), les compromis qu'ils génèrent et leur intégration dans les exploitations agricoles restent un angle mort de la littérature scientifique. Dans le cas de la ferme de la Prée, la mise en place de 9 ha (en 2023) de bandes végétales a inévitablement entraîné une perte de surface cultivable ou fauchable équivalente. Il existe ainsi une relation *a priori* antagoniste entre la production agricole et l'accueil de la biodiversité, dans la mesure où la soustraction de ces surfaces productives au parcellaire engendre une baisse de production de fourrages et de grain. Sur le modèle des études menées sur les compromis entre services (Bennett et al., 2009) et sur la base de l'année 2023, la perte de grain a été estimée en admettant – pour simplifier et pour les besoins de cet exercice théorique – que les BE et les BF ont été implantées sur des parcelles de blé tendre et en considérant un rendement médian en AB de cette céréale sur la ferme de 21 qx / ha. La perte de produits s'élève ainsi en 2023 à 12,3 t de grain et 15,1 t de MS de foin, soit respectivement 13% du potentiel maximum de récoltes et 4% du stock total annuel de fourrages. Cela représente une perte non négligeable pour l'atelier culture, mais reste raisonnable pour l'atelier élevage.

Ces bandes végétales jouent par ailleurs d'autres rôles sur la ferme. Les BE permettent la circulation autour des parcelles de cultures facilitant, de fait, l'observation des cultures, les tours de plaine et les suivis scientifiques. Elles apportent aussi une certaine flexibilité vis-à-vis des manœuvres dans les parcelles en conditions humides. La décision de ne plus produire de fourrages à partir des BE à partir de 2015 a également permis d'alléger le temps de travail. Pour les BF, la réduction de la taille des parcelles cultivées a contribué à réduire les risques d'échec en réduisant la surface engagée pour une même espèce végétale.

En contrepartie, de plus petites parcelles compliquent le recours aux entreprises de travaux agricoles pour les récoltes (i.e. surfaces trop petites pour couvrir les frais de déplacement).

Le raisonnement sur ce que ces bandes impliquent en termes de « pertes » est un peu différent pour les BRprai. Elles sont considérées sur la ferme non pas comme une perte de fourrages mais comme un stock d'herbe sur pied pour le troupeau en période estivale. Les animaux peuvent en effet se constituer une ration composée de végétation épiée issue des bandes, en complément de la pâture des faibles repousses d'herbe de ces prairies de marais (Kerneis *et al.*, 2007). Les observations et mesures de hauteur d'herbe montrent cependant que la végétation dans les bandes se couche très vite et que les animaux ont tendance à l'utiliser comme couchage plutôt que de la pâturer. Il n'est pas exclu cependant qu'en cas d'été très sec, les animaux aillent pâturer davantage sur ces bandes. Des observations comportementales seront mises en place à l'avenir pour mieux appréhender et quantifier l'attitude des vaches vis-à-vis de ces bandes. Quant aux BRluz, elles constituent une perte « sèche » de fourrages pour la ferme même si celle-ci reste négligeable par rapport au stock de foin de luzerne (1 à 2%). Il pourrait être envisagé à terme de les conduire avec une certaine flexibilité : en cas d'année très sèche qui rend la constitution des stocks peu assurée, la surface de bande pourrait être réduite et a contrario, elle serait augmentée en cas d'année favorable. Ces deux derniers types de bandes refuges sont « faciles » à mettre en place du point de vue du travail au champ. Ce choix pourrait toutefois être repensé en fonction de leur effet sur la biodiversité et/ou de la praticabilité de leur mise en place.

## 5. Conclusion

Les bandes végétales sont souvent préconisées sur les fermes dans le but de fournir des éléments-semi-naturels favorables à la biodiversité. Cette étude montre que la présence de différents types de bandes végétales favorise plusieurs taxons sur notre ferme qui jouent notamment le rôle d'auxiliaires de culture. Elle renforce l'idée que l'agriculteur peut favoriser la biodiversité à travers la modification de l'occupation du sol ou du mode de gestion de ses parcelles sans compromettre tout son système de production. Le cas singulier d'une ferme de marais illustre le fait que la mise en place de ces diverses bandes se raisonne en fonction du contexte agropédoclimatique local. Le choix des espèces végétales, l'emplacement au sein du parcellaire et le mode de gestion doivent également être réfléchis et évalués au cours du temps afin de maximiser les services écosystémiques et minimiser l'impact sur le système de production. L'étude des compromis dans la relation « production-fonctionnement de l'exploitation-biodiversité » constitue ainsi, de notre point de vue, un axe de recherche à développer. Cela permettrait d'explorer les effets de l'intégration de ces bandes dans l'exploitation agricole au regard des bénéfices écologiques qui ne sont pas toujours facilement quantifiables et qui s'inscrivent sur le long terme.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des agents INRAE œuvrant pour l'expérimentation système Transi'marsh. Cette étude a bénéficié du soutien financier de la Région Nouvelle-Aquitaine et de métaprogrammes INRAE.

## Références bibliographiques

- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Badenhausser, I., Bretagnolle, V., Bruneteau, L., Vandier, M. (2005). Grasshopper abundance in grassland habitats in Western France. 13. *International occasional symposium of the European Grassland Federation*, Tartu, Estonia. (hal-02763414)
- Barralis, G., (1976). Méthode d'études des groupements adventices des cultures annuelles : application à la Côte-d'Or. *Vème Colloque International sur l'Ecologie et la biologie des mauvaises herbes*, 59-68, Dijon, INRA.
- Bennett, E.M., Peterson, G.D., Gordon, I.J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12, 1394-1404.
- Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key ? *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9).
- Bosshard, A., Oberwil-Lieli, Ö., Stäheli, B., Koller, N. (2007). Des bandes de prairie non fauchées pour favoriser la biodiversité. *AGRIDEA Lausanne*, 4 p.
- Buri, P., Arletaz, R. et Humbert, J.-Y. (2013). Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.003>.
- Chapelin-Viscardi, J.-D., Mezeray, J.-M., Tossier, V., Wartelle, R. (2014). – Émergences de Carabidés en milieux agricoles : intérêt des habitats, diversité et exigences spécifiques (Coleoptera Carabidae). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 83 (7-8), 157-170.
- Chammard, E., 2018. Base de données Couverts végétaux & Pollinisateurs. Observatoire de la biodiversité végétale en Nouvelle-Aquitaine. Mise à jour : 21/12/2018. Disponible à : [https://obv-na.fr/ofsa/ressources/6\\_conservation/Ref\\_Couverts\\_vegetaux\\_et\\_pollinisateurs\\_V7.xlsx](https://obv-na.fr/ofsa/ressources/6_conservation/Ref_Couverts_vegetaux_et_pollinisateurs_V7.xlsx)
- Cordeau, S., Petit, S., Reboud, X., Chauvel, B. (2012). The impact of sown grass strips on the spatial distribution of weed species in adjacent boundaries and arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 155, 35-40.
- Desender K. (1982). Ecological and faunal studies on Coleoptera in agricultural land. Part I: hibernation of Carabidae in agro-ecosystems. *Pedobiologia*, 23, 295-303.
- Diwo-Allain S., Bout A. (2004). Impact des aménagements paysagers et des techniques culturales sur les Carabidés, auxiliaires de culture. *Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques*, 30 novembre et 1er décembre 2004.
- Durant, D., Martel, G., Chataigner, C., Farruggia, A., Kernéis, E., Prieur, M., Roux, P., Tricheur, A. (2020). Comment évoluer vers davantage d'autonomie au sein des systèmes de polyculture-élevage ? : l'expérience d'une ferme expérimentale en marais. *Fourrages*, 241, 21-34.
- Durant, D., Lemaire, N., Aviron, S. (2018). Contribution des bandes enherbées aux communautés émergentes de Carabidés en milieux agricoles de marais (Coleoptera, Carabidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 123 (3), 315-325. [https://doi.org/10.32475/bsef\\_2018](https://doi.org/10.32475/bsef_2018)
- Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.-A., Justes, E., Journet, E.-P., Aubertot, J.N., Savary, S., Bergez, J.E., Sarthou, J.-P. (2015). How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1259-1281.
- Ernoul, A., Vialatte, A., Butet A., Michel, N., Rantier, Y., Jambon, O., Burel, F. (2013). Grassy strips in their landscape context, their role as new habitat

- for biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 166, 15-27.
- Fadl A., Purvis G., Towey K. (1996). The effect of time of soil cultivation on the incidence of *Pterostichus melanarius* (Illig.) (Coleoptera: Carabidae) in arable land in Ireland. *Annales Zoologici Fennici*, 33, 207-241.
- Farruggia, A., Dumont, B., Scohier, A., Leroy, T., P. Pradel, Garel, J.-P. (2012). An alternative rotational stocking management designed to favour butterflies in permanent grasslands. *Grass and Forage Science* 67, n° 1, 136-49. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00829.x>
- Fiche Conditionnalité 2011 - Domaine « BCAE ». Fiches BCAE I à VII - *Maintien des particularités topographiques*. 17 p. [https://bdm.typepad.com/files/fiche\\_conditionnalite2011-bonnes\\_conditions\\_agricoles\\_et\\_environnementales.pdf](https://bdm.typepad.com/files/fiche_conditionnalite2011-bonnes_conditions_agricoles_et_environnementales.pdf)
- Gargominy, O., Terceire, S., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P., Daszkiewicz, P., Poncet, L. (2022). TAXREF, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion. *Rapport PatriNat* (OFB-CNRS-MNHN), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 47 pp.
- Grashof-Bokdam, C.J., van Langevelde, F. (2005). Green veining: landscape determinants of biodiversity in European agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 20, 417-439.
- Haaland, C., Naisbit, R. E., Bersier, L.-F. (2011). Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity*, 4(1), 60-80. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x>
- Haddaway, N. R., Brown, C., Eales, J., Eggers, S., Josefsson, J., Kronvang, B., Randall, N. P., Uusi-Kämpä, J. (2018). The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. In *Environmental Evidence*, Vol. 7, Issue 1. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0126-2>
- Hatt, S., Lopes, T., Boeraeve, F., Chen, J., Francis, F. (2017). Pest regulation and support of natural enemies in agriculture: Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecological engineering* 98, 240-245.
- Humbert, J.-Y., Ghazoul, J., Richner, N., Walter, T. (2010). Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 522-527.
- Humbert, J.-Y., Ghazoul, J., Richner, N., Walter, T. (2012). Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation*, 152, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.015>.
- Julve, Ph., 1998 ff. baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Version [2024-12-25]. Programme Catminat. <<https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie/porte-documents/>>.
- Kernéis, E., Chevallier, C., Pons, Y. (2007). Production prairiale, gestion de l'eau et conflits d'usage dans les marais de l'ouest de la France : l'été est-il une période clé ? *Fourrages*, 191, 323-335
- Kleyer, M., Bekker, R. M., Knevel, I. C., Bakker, J. P., Thompson, K., Sonnenschein, M., Poschlod, P., van Groenendael, J. M., Klimes, L., Klimesova, J., Klotz, S., Rusch, G. M., Hermy, M., Adriaens, D., Boedeltje, G., Bossuyt, B., Dannemann, A., Endels, P., Götzenberger, L., Peco, B. (2008). The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology*, 96, 1266-1274. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01430.x>
- Kowalska, J., Antkowiak, M., Sienkiewicz, P. (2022). Flower Strips and Their Ecological Multifunctionality in Agricultural Fields. *Agriculture*, 12(9), 1470. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091470>
- Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 187-228.
- Kulkarni, S. S., Dossall, L. M., Willenborg, C. J. (2015). The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Science*, 63, 355-376
- Mazurier, M. (2021). Suivi du peuplement d'Orthoptères sur la RNR du Poiré-sur-Velluire (Les Velluire-sur-Vendée, 85), rapport pour le Parc naturel régional du Marais poitevin, 50 p.
- Mei, Z., de Groot, G. A., Kleijn, D., Dimmers, W., van Gils, S., Lammertsma, D., van Kats, R., Scheper, J. (2021). Flower availability drives effects of wildflower strips on ground-dwelling natural enemies and crop yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 319, 107570. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107570>
- Meynard, J.-M., Cerf, M., Coquil, X., Durant, D., Le Bail, M. et al. (2023). Unravelling the step-by-step process for farming system design to support agroecological transition. *European Journal of Agronomy*, 150, pp.126948. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126948>. hal-04187826
- Ouvrard, P., Transon, J., Jacquemart, A.-L. (2018). Flower-strip agri-environment schemes provide diverse and valuable summer flower resources for pollinating insects. *Biodiversity and Conservation*, 27(9), 2193-2216. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1531-0>
- Révész, K., Torma, A., Szabó, M., Korsoveczky, L., Gallé-Szpisjak, N., Batáry, P., Gallé, R. (2024). Supportive effect of uncut refuge strips on grassland arthropods may depends on the amount and width of strips. *Journal of Applied Ecology*, 61, 1894-1904.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>
- Rollin, O. (2013). Etude multi-échelle du patron de diversité des abeilles et utilisation des ressources fleuries dans un agrosystème intensif. *Biologie animale*. Université d'Avignon. Français. (NNT : 2013AVIG0654). (tel-00993034)
- Schmied, H., Getrost, L., Hamm, A., Dünzkofer, T. (2023). The flower strip dilemma (FSD): An overlooked challenge in nature conservation and a possible first step towards a solution by combining different aged flower strips. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 347. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108375>
- Thorens, P., (1993). Effets de la fauche sur une population du Criquet *Chorthippus mollis* (Charp.) (Orthoptera, Acrididae) dans une prairie du pied sud du Jura suisse. *Bull. Soc. Ent. Suisse*, 66, 173-182.
- Thiébeau, P., Badenhausser, I., Meiss, H., Bretagnolle, V., Carrère, P., Chagué, P., Decourtye, A. et al. (2010). Contribution des légumineuses à la biodiversité des paysages ruraux. *Innovations agronomiques* 11, 187-204, 2010. <https://doi.org/10.17180/2M6W-JH64>.
- Tibi A., Therond, O. (2017). Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFES. *Synthèse du rapport d'étude*, Inra (France), 118 pages.
- Tibi, A. (coord.), Martinet, V. (coord.), Vialatte, A. (coord.), Alignier, A., Angeon, V., Bohan, D.A., Bougherara, D., Cordeau, S., Courtois, P., Deguine, J.-P., Enjalbert, J., Fabre, F., Fréville, H., Gateau, R., Grimonprez, B., Gross, N., Hannachi, M., Launay, M., Lelièvre, V., Lemarié, S., Martel, G., Navarrete, M., Plantegenest, M., Ravigné, V., Rusch, A., Suffert, F., Thoyer, S. (2023). Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles. *Synthèse du rapport d'ESCo*. INRAE (France), 86 p. <https://dx.doi.org/10.17180/awnsn-rf06>
- Twardowski, J. P., Hurej, M., Klukowski, Z. (2005). The effect of the strip-management on reduction of *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae) populations by predators on sugar beet crop. *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 45, Issue 3, pp. 213-219.