HAL
open science

Valorisation des bordures de chemins par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentations en plaine céréalière

Valentin Cabon

To cite this version:

Valentin Cabon. Valorisation des bordures de chemins par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentations en plaine céréalière. Sciences agricoles. 2015. dumas-01232694

HAL Id: dumas-01232694

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01232694

Submitted on 24 Nov 2015

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

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

AGROCAMPUS OUEST

☐ **CFR Angers**

☑ **CFR Rennes**

Année universitaire : 2014-2015

Spécialité : Génie de l'environnement

Spécialisation :

Préservation et aménagement des milieux – Ecologie Quantitative

Mémoire de Fin d'Études

☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Valorisation des bordures de chemins par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentations en plaine céréalière

Valentin CABON

Soutenu à Rennes le 17 septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Manuel Plantegenest

Maîtres de stage : Caroline Le Bris, Lucie Rivière

Enseignant référent : Didier Le Coeur

Jury extérieur: Audrey Alignier (INRA SAD-Paysage), Rennes

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Confidentialité :

☐ Non ☑ Oui si oui : ☑ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible[1].
A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).
Date et signature du maître de stage[2] :

ASSOCIATION HOMMES ET TERRITOIRES
Cité de l'agriculture
13, avenue des droits de l'Homme
45921 ORLEANS CEDEX 9
E-mail : contact@hommes-et-territoires.asso.fr
Tél. 02 38 71 90 03 SIRET : 401 470 877 00036

Droits d'auteur :

L'auteur[3] autorise la diffusion de son travail

☑ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☑ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

☑ Oui ☐ Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.
Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☑ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

le 6/10/2015

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Dépôt numérique de mémoire

ATTESTATION DE CONFORMITE DE LA VERSION NUMERIQUE

Je, soussigné(e),

Nom : CABON

Prénom : Valentin

Ci-après désigné « l'Auteur »

Atteste que la version numérique de mon mémoire de fin d'études dans sa version définitive (incluant les corrections demandées par le jury de soutenance),

Intitulé :

Valorisation des bordures de chemins par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentation en plaine céréalière

correspond à la version imprimée du document, déposé à la bibliothèque générale d'AGROCAMPUS OUEST (CFR de référence).

A Orléans le 11/09/2015 Signature

Dépôt numérique de mémoire

CONTRAT DE DIFFUSION NUMERIQUE DE MEMOIRE

Entre

AGROCAMPUS OUEST, Institut supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage dont le siège est basé 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 RENNES, représenté par son Directeur Général, Grégoire THOMAS

et

L'auteur du mémoire :

Nom : Cabon

Prénom : Valentin

Adresse personnelle 11 boulevard Charles Tillon – 35300 Fougères

Intitulé du mémoire :

Valorisation des bordures de chemins par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentation en plaine céréalière

Ci-après désigné auteur,

Article 1

Le présent contrat ne concerne que les mémoires de fin d'études des cursus de formation d'AGROCAMPUS OUEST, déposés suite à la soutenance dans leur version validée par le jury. La diffusion de ces mémoires est conditionnée au visa du responsable de spécialisation/ option, garantissant la prise en compte de l'avis du jury.

Article 2

L'auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à diffuser le mémoire sur le site Internet de l'établissement ou sur les plateformes choisies par AGROCAMPUS OUEST en conformité avec la fiche de diffusion correspondante. Le présent contrat a pour objet de permettre à AGROCAMPUS OUEST de diffuser le mémoire dans le respect des droits de propriété intellectuelle de son auteur.

Le présent contrat n'implique pas l'obligation pour AGROCAMPUS OUEST de faire usage de l'autorisation qui lui est donnée. La diffusion effective, tout comme son éventuelle suppression, n'implique en aucun cas une appréciation au bénéfice de l'auteur ou des tiers et n'est pas source de responsabilité à l'égard des tiers.

Article 3

L’auteur demeure responsable du contenu de son œuvre. L’auteur garantit à AGROCAMPUS OUEST qu’il détient tous les droits nécessaires à la diffusion de son œuvre, en particulier les autorisations écrites des titulaires des droits sur les œuvres reproduites, partiellement ou intégralement. En cas de non respect de cette clause, AGROCAMPUS OUEST se réserve le droit de refuser, suspendre ou arrêter la diffusion des parties du mémoire intégrant des documents ou parties de documents pour lesquels les droits de reproduction et de représentation n’auraient pas été acquis.

AGROCAMPUS OUEST ne pourra être tenu responsable de représentations illégales de documents, pour lesquels l’auteur n’aurait pas signalé qu’il n’en avait pas acquis les droits.

Article 4

L’auteur pourra à tout moment retirer l’autorisation de diffusion qu’il accorde par le présent contrat. Pour cela, il devra en aviser formellement AGROCAMPUS OUEST par lettre recommandée avec accusé de réception. AGROCAMPUS OUEST aura alors l’obligation de retirer l’œuvre lors de la plus prochaine actualisation du site de l’établissement et du portail documentaire.

Article 5

L’auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à procéder, le cas échéant, au reformatage de son mémoire en vue de l’archivage, de la diffusion ou de la communication dans le respect des autorisations de diffusion définies par lui précédemment.

Article 6

Les autorisations de diffusion données à AGROCAMPUS OUEST n’ont aucun caractère exclusif et l’auteur conserve toutes les autres possibilités de diffusion de son mémoire.

Article 7

L’auteur autorise, à titre gracieux, la cession des droits de diffusion, concernant le mémoire qui lui appartient. Cette autorisation, dans la durée maximale définie par le droit patrimonial, est strictement réservée à la diffusion du mémoire à des fins pédagogiques et de recherche.

Fait à Orléans le 11/09/2015

Pour AGROCAMPUS OUEST,

Pour Le Directeur Général

L’auteur,

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Lucie Rivière qui, pendant ces six mois m'a accompagné, conseillé et soutenu inlassablement ! Nos échanges au quotidien, sur le terrain, comme au bureau m'ont été très précieux au cours du stage.

Je remercie ensuite Caroline Le Bris pour le temps qu'elle a su m'accorder malgré les événements. Ses nombreux conseils, toujours avisés, et relectures très constructives m'ont permis de pousser la réflexion dans la bonne direction.

Un grand merci également à Florent Mulot, avec qui les sorties tritons et libellules se sont avérées à la fois utiles et agréables. L'Agrion de Mercure n'a qu'à bien se tenir !

Merci à Alexandre Soudieux pour sa relecture appliquée et exhaustive.

Merci également à Richard Chevalier de nous avoir accompagné sur le terrain pendant ces chaudes journées de juin. Ses compétences apportent une fiabilité précieuse à ce projet.

Je souhaite aussi remercier Christian Bockstaller et Chantal Rabolin qui nous ont cordialement accueillis à l'INRA de Colmar. Leur disponibilité et leur appui ont été décisifs en ce qui concerne le contenu de ce présent mémoire.

Merci à l'ensemble des agriculteurs-expérimentateurs. Leur curiosité et leur investissement dans les projets de l'association permettent la mise en œuvre d'expérimentations, mais également la construction d'un dialogue fructueux.

Plus personnellement, je tiens maintenant à remercier Clément pour son hospitalité et sa bienveillance ! Merci d'avoir été toujours partant, nos soirées orléanaises me laisseront d'agréables souvenirs !

Enfin, merci à Anna pour ses visites et son soutien sans failles et à tous les amis venus partager un moment en bord de Loire.

Sommaire

Liste des tableaux I
Liste des figures I
Liste des abréviations II
Introduction 1
1. Contexte et enjeux 2
1.1. Géographie et paysage du site d'étude 2
1.2. Les bordures de chemin : des espaces à valoriser en plaine beauceronne 2
1.2.1. Définition d'une « bordure extérieure de champ » ou « bordure de chemin » 2
1.2.2. De forts enjeux liés à ces espaces 3
1.2.3. Un projet de valorisation par semis des bordures de chemin 3
1.2.3.1. Obtention d'une végétation stable et diversifiée 4
1.2.3.2. Limitation du développement d'adventices à proximité les parcelles 4
1.2.3.3. Mise à disposition de ressources pour les insectes pollinisateurs 4
2. Matériels et méthode 5
2.1. Une expérimentation en place depuis 2013 5
2.1.1. Choix des espèces et confection des mélanges 5
2.1.2. Dispositifs expérimentaux 5
2.1.2.1. Dispositif « placettes » 5
2.1.2.2. Dispositif « bordures » 5
2.2. Acquisition et mise en forme des données en 2015 6
2.2.1. Méthode de relevés 6
2.2.1.1. Suivi « flore » 6
2.2.1.2. Suivis « inflorescences » 6
2.2.1.3. Suivi pollinisateurs 7
2.2.2. Calcul d'indices et de ratios explicatifs 7
2.2.2.1. Dans la continuité de l'étude en cours depuis 2014 7
2.2.2.2. Considérant un aspect supplémentaire : le potentiel de pollinisation 8
2.2.3. Analyses statistiques des données 9
2.2.3.1. Tests préliminaires 9
2.2.3.2. Analyses de variance 9
2.2.3.3. Représentations graphiques 10
2.2.3.4. Comparaison des critères et des mélanges 10
3. Résultats 11
3.1. Evaluation de la réussite des semis 11

3.1.1. Etude de l'expression des espèces semées 11
3.1.2. Etude du recouvrement des espèces semées 12
3.1.3. A l'échelle des espèces 12
3.2. Evaluation de la pérennité de la végétation 13
3.3. Evaluation de la richesse et diversité de la végétation 14
3.3.1. Etude de la richesse spécifique 14
3.3.2. L'indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (1949) 15
3.3.3. L'indice d'équitabilité de Piélou (1966) 15
3.4. Evaluation du risque « adventice » 16
3.4.1. Recouvrement des adventices 16
3.4.2. Evolution du sol nu 16
3.4.3. Etude conjointe de l'évolution des recouvrements entre 2014 et 2015 17
3.5. Evaluation de l'intérêt de la végétation pour les pollinisateurs 17
3.5.1. Test de l'indicateur sur le territoire d'étude 17
3.5.2. Etude du potentiel pollinifère sur le dispositif « placettes » 17
3.5.3. A l'échelle des espèces 18
4. Interprétations et Discussion 20
4.1. Interprétations des résultats 20
4.1.1. Réussite des semis 20
4.1.2. Pérennité et recouvrement des adventices 21
4.1.3. Diversité de la végétation 22
4.1.4. Potentiel pour les pollinisateurs 23
4.2. Comparaisons et pistes pour la création de nouveaux mélanges 23
4.2.1. A l'échelle des mélanges 23
4.2.2. A l'échelle des espèces semées 25
4.3. Limites de la démarche 27
4.3.1. Biais potentiels dus aux protocoles et à la méthode 27
4.3.1.1. Utilisation d'indicateur 27
4.3.1.2. Variables environnementales 27
4.3.2. Particularités du milieu agricole 28
4.3.3. Des espèces sauvages mais non locales 29
Conclusion et perspectives 30
Bibliographie 31
ANNEXES 35

Liste des tableaux

Tableau 1 - Résultats des tests statistiques réalisés sur les variables mesurées.. 11
Tableau 2 - Evolution du ratio "richesse spécifique des espèces semées observées / richesse spécifique des espèces semées" entre 2014 et 2015..... 11
Tableau 3 - Evolution du ratio "recouvrement des espèces semées / recouvrement des espèces spontanées" entre 2014 et 2015. 12
Tableau 4 - Occurrence des espèces semées et évolution entre 2014 et 2015. 13
Tableau 5 - Evolution du ratio "recouvrement des espèces annuelles / recouvrement des espèces vivaces" entre 2014 et 2015. 14
Tableau 6 - Evolution des la richesse spécifique par mètre carré entre 2014 et 2015. 14
Tableau 7 - Evolution de l'indice de Shannon entre 2014 et 2015..... 15
Tableau 8 - Evolution de l'indice de Shannon entre 2014 et 2015..... 15
Tableau 9 - Evolution des recouvrements d'adventices entre 2014 et 2015..... 16
Tableau 10 - Evolution des recouvrements de sol nu entre 2014 et 2015..... 16
Tableau 12 - Résultats des tests statistiques réalisés, évaluant l'impact du facteur « modalité » sur l'indice pollinifère.. 18
Tableau 13 - Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges simples au mois de juin. 19
Tableau 14 - Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges simples au mois de juillet. 19
Tableau 15 - Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges élaborés au mois de juin. 20
Tableau 16 - Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges élaborés au mois de juillet..... 20

Liste des figures

Figure 1 - Situation géographique de la région Centre Val de Loire et du Pays Loire Beauce 2
Figure 2 - Délimitation d'une bordure de chemin 2
Figure 3 - Graphique de type « boxplot »..... 10
Figure 4 - Tableau des résultats de l'analyse diachronique..... 10
Figure 5 - Valeurs du ratio "*richesse spécifique des espèces semées observées / richesse spécifique des espèces semées*" selon les modalités testées en 2015. 11
Figure 6 - Valeurs du ratio "*recouvrement des espèces semées / recouvrement des espèces spontanées*" selon les modalités testées en 2015. 12
Figure 7 - Valeurs du ratio "recouvrement des espèces annuelles / recouvrement des espèces vivaces" selon les modalités testées en 2015. 13
Figure 8 - Richesse spécifique par mètre carré selon les modalités testées en 2015 14
Figure 9- Valeurs de l'indice de Shannon calculé selon les modalités testées en 2015 15
Figure 10- Valeurs de l'indice de Piélou calculé selon les modalités testées en 2015 15
Figure 11 - Recouvrements cumulés des espèces adventices en 2015 et 2014, selon les modalités testées. 16

Figure 12 - Evolution du recouvrement par mètre carré des espèces selon leur statut, entre 2014 et 2015. 17
Figure 13 - Evolution du potentiel pollinifère selon le mois et les modalités testées en 2014 18
Figure 14 - Réponse des mélanges aux objectifs 24

Liste des abréviations

AbFlo : Abondance florale

AC : Ancienne culture

ACTA : Association de Coordination Technique Agricole

AJ : Ancienne jachère

ANOVA : ANalysis Of Variance

APCA : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture

FCBN : Fédération des Conservatoires Botanique Nationaux

FNC : Fédération Nationale des Chasseurs

FNSEA : Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles

H&T : Hommes et Territoires

Ipol : Indice pollinifère

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

LSD: Least Significant Difference

MEL: Mélange

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

TNT : Témoin Non Travaillé

TT : Témoin Travaillé

Vpol : Valeur pollinifère de l'espèce dans le mélange

Vpol tot : Valeur pollinifère de la bordure

Introduction

En Europe, les territoires agricoles représentent une part très importante des paysages (Tscharntke *et al*., 2005). Environ quarante-cinq pourcent du territoire rural est en effet concerné par cette activité (EEA, 2006 ; cité par Kleijn *et al*., 2011). Ces surfaces, dédiées majoritairement à la production alimentaire, jouent également un rôle écologique très important puisque la moitié des espèces du continent côtoient ce type d'habitat (Stoate *et al*., 2009). Certaines d'entre elles sont très fortement inféodées aux agrosystèmes. Parmi les plus représentatives, on compte les oiseaux de plaines céréalières comme la perdrix grise (Bro *et al*., 2013; Marshall, 2004) ou les plantes messicoles (www.tela-botanica.org). Ces dernières décennies, d'importantes pertes de biodiversité on été observées, notamment en milieu agricole (Storkey *et al*., 2011). L'intensification des pratiques a fortement impacté un certain nombre de processus écologiques tels que la pollinisation des cultures (Tscharntke *et al*., 2005). De nombreuses mesures sont donc prises, à l'échelle du continent, pour tenter d'enrayer les pertes de biodiversité (Kleijn *et al*., 2011).

En 2006, un programme national Agrifaune a vu le jour en France, suite à la signature d'une convention « Agriculture – Faune sauvage – Chasse – Réseau agrifaune » entre différents acteurs reconnus à l'échelle nationale : l'ONCFS, la FNC, l'APCA ainsi que la FNSEA. Ce regroupement d'acteurs a pour vocation de travailler sur le développement de pratiques agricoles innovantes pour la préservation de la faune sauvage, et plus largement de la biodiversité en milieu agricole, tout en considérant l'aspect économique. La particularité des programmes Agrifaune réside dans leur vocation démonstrative. Un objectif fondamental est d'agir localement, sur une échelle de temps relativement courte, pour récolter des données spécifiques à une région (Agrifaune, 2006). Ce type d'informations présente une forte valeur démonstrative et persuasive vis-à-vis des acteurs du territoire. A cela s'ajoute la volonté marquée de concrétiser et de diffuser efficacement les innovations apportées par les expérimentations menées.

Le territoire beauceron est marqué d'une importante dynamique d'échanges entre acteurs des mondes agricole et cynégétique. Ainsi, forte d'une volonté marquée d'innover pour la protection des milieux semi-naturels, l'association Hommes et Territoires (H&T), structure d'accueil du stage réalisé (Annexe I), s'intéresse depuis 2009 aux bordures extérieures de champs en région Centre-Val de Loire. Différentes études ont été menées sur cette thématique, à commencer par la création de l'outil *Ecobordure, Plaine de Beauce* (Annexe II), initialement développé par l'INRA SAD-Paysage de Rennes pour le bocage armoricain. Les constats sont les suivants : il est possible de favoriser l'état écologique des bordures par l'adaptation des pratiques d'entretien, si celles-ci n'atteignent pas un certain degré de « détérioration ». Ces espaces sont en effet en proie aux activités agricoles pouvant avoir comme effet de favoriser l'enrichissement en nutriments et la mise à nu du sol. Ce phénomène a pour effet le développement d'une communauté végétale adventice des cultures, annuelle et rudérale, ainsi qu'une baisse de la diversité spécifique végétale (Baessler and Klotz, 2006; Bassa *et al*., 2011; Storkey *et al*., 2011).

De cette observation est née la réflexion à laquelle nous nous intéressons dans ce rapport : Quels moyens mettre en œuvre pour valoriser les bordures extérieures de champs ainsi dégradées ? Le semis d'espèces végétales sauvages peut il favoriser l'état écologique des bordures tout en répondant aux exigences agronomiques associées ?

1. Contexte et enjeux

1.1. Géographie et paysage du site d'étude

L'étude présentée dans ce rapport se déroule au cœur de la région Centre-Val de Loire (Figure 1), première région céréalière de France. Cette région est largement connue pour son activité agricole de grande ampleur sur la plaine de Beauce qui s'étend sur 6 640 km², à cheval entre l'Eure-et-Loir, le Loir-et-Cher, le Loiret, l'Essonne et les Yvelines. L'ensemble des dispositifs mis en place pour cette étude est situé plus précisément sur le Pays-Loire-Beauce, représenté sur la Figure 1.

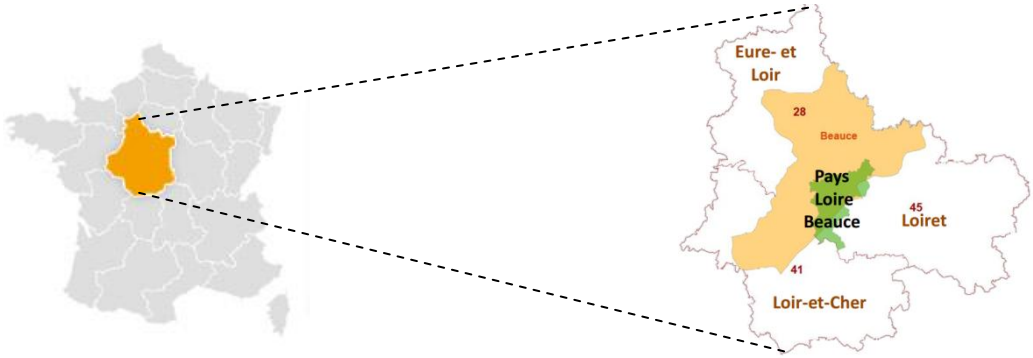


Figure 1 - Situation géographique de la région Centre Val de Loire (en orange) et du Pays Loire Beauce (en vert)

La topographie très plate ainsi que les terres limono-argileuses, reposant sur une formation calcaire, font de la Beauce un territoire très fertile. La taille des exploitations varie entre 30 et plus de 300 ha (agreste.agriculture.gouv.fr). Les éléments naturels non perturbés y sont relativement rares et très fragmentés. Quelques friches et bosquets, refuges pour la faune et la flore sauvage, ponctuent le paysage (www.atlasdespaysages.caue41.fr) ainsi que certains éléments verticaux cassant la ligne d'horizon tels que les pylônes de lignes électriques ou les éoliennes.

1.2. Les bordures de chemin : des espaces à valoriser en plaine beauceronne

1.2.1. Définition d'une « bordure extérieure de champ » ou « bordure de chemin »

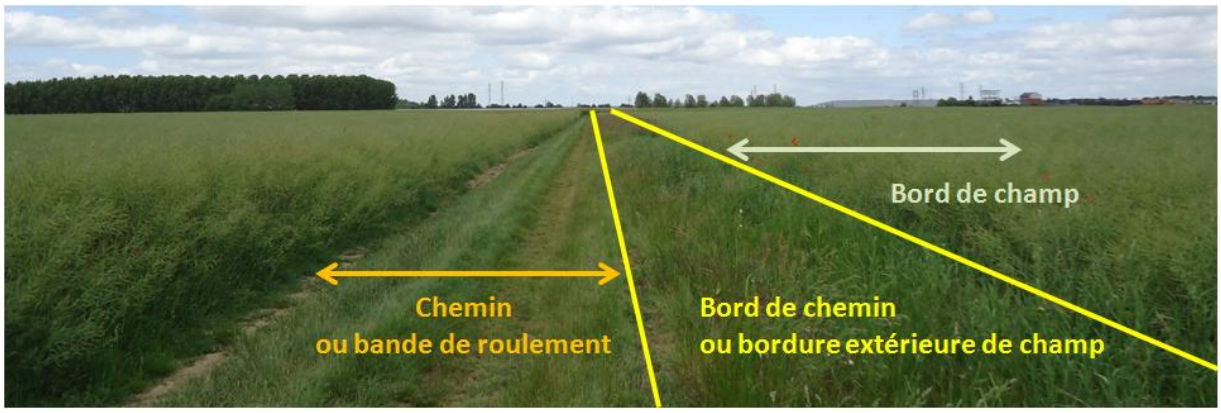


Figure 2 - Délimitation d'une bordure de chemin (photo : V.Cabon)

Une bordure extérieure de champ peut être définie comme la zone non cultivée adjacente à la parcelle agricole, la séparant de tout autre élément du paysage (Bokenstrand *et al.*, 2004).

Ce présent document ne s'intéresse qu'aux bordures herbacées, caractéristiques des milieux agricoles ouverts. Leur utilité la plus basique est de délimiter visuellement le parcellaire. Elles sont également présentes à l'interface entre les parcelles exploitées et les haies, ou encore à la lisière des chemins permettant le passage d'engins agricoles entre deux parcelles (ONCFS, 2009). L'étude présentée dans ce rapport se penche précisément sur ce dernier cas de figure. L'objet d'étude peut donc être défini comme « la banquette herbeuse, bordure extérieure de champs qui se situe entre la bande de roulement d'un chemin et la culture » (H&T, 2013) (Figure 2).

Deux visions semblent s'affronter en ce qui concerne la perception de ces espaces, à savoir, d'une part le rôle bénéfique pour la conservation des espèces sauvages ou d'espace tampon limitant l'érosion et les pollutions diffuses (Cordeau, 2010), d'autre part le réservoir d'adventices et de ravageurs, problématique d'un point de vue agronomique (Bokenstrand *et al*., 2004). Cette dernière vision étant la plus répandue, il est important de redéfinir les différents rôles que jouent les bordures de chemin.

1.2.2. De forts enjeux liés à ces espaces

Dans le paysage agricole très épuré de la Beauce, peu de surfaces restent stables d'une année sur l'autre. En effet, les zones cultivées chaque année constituent une part très majoritaire des éléments structuraux du paysage rural. Ces terres arables, régulièrement perturbées, ne permettent souvent que l'installation d'une flore spontanée très rudérale, annuelle, considérée comme adventice et influençant négativement le rendement. Autour de ces espaces fortement soumis à la pression de l'Homme, on trouve certains éléments semi-naturels caractéristiques comme les bordures extérieures de champs, adjacentes aux bosquets, routes et chemins. L'ensemble de ces éléments représentent une surface de 2 ha en moyenne sur une exploitation de 120 ha (Le Bris and De Montaigne, 2014).

Les bordures extérieures de champs jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité floristique comme faunistique. Elles sont un des rares habitats potentiels pour la petite faune représentée par les mammifères, passereaux (Le Cœur *et al*., 2002), arthropodes (Hof and Bright, 2010) ou encore pollinisateurs (Carvell *et al*., 2004). Le maintien de la flore des milieux pérennes, riche en diversité d'espèces mais en déclin dans les milieux agricoles, est également lié au bordures extérieures de champs (Marshall, 2004; Persson, 1995).

1.2.3. Un projet de valorisation par semis des bordures de chemin

Le projet « Valorisation des bordures de chemins et pieds de pylônes par semis de fleurs sauvages » a pour objectif d'améliorer les connaissances relatives aux méthodes de création ou de réhabilitation de ces espaces lorsqu'ils sont jugés « dégradés » par le constat d'une végétation composée majoritairement d'espèces adventice des cultures, caractéristique des milieux perturbés. Des essais sont également réalisés sous des pieds de pylônes électriques, qui peuvent présenter le même type de végétation que les bordures de chemin, mais les données relatives à ces dispositifs n'ont pas été traitées durant la période de stage.

Dans le cadre d'un projet Agrifaune lancé par l'association Hommes et Territoires (H&T) en 2012 avec 14 partenaires (Annexe III), des opérations de semis de bordures de chemin ont été menées. Celles-ci ont pour but de favoriser une végétation répondant aux exigences écologiques du milieu tout en répondant aux attentes techniques des agriculteurs (partie détaillées ci-dessous). Les questions relatives aux préconisations de bonnes pratiques d'entretien sont également posées dans le cadre de ce projet. L'objectif, à terme, n'est pas d'obtenir un couvert dont la végétation serait issue exclusivement de semis, mais bien de favoriser l'installation d'une flore pérenne caractéristique des milieux stables.

1.2.3.1. Obtention d'une végétation stable et diversifiée

Le premier objectif vise à faire évoluer la végétation des bordures vers une flore stable, c'est-à-dire composée majoritairement d'espèces vivaces, s'établissant durablement sur des sols peu perturbés, notamment par la mise à nue (Westbury *et al*., 2008). La dégradation des milieux induit généralement la diminution du nombre d'espèces présentes (Smart *et al*., 2002), le semis d'espèces permet de donner une impulsion à la diversité parfois appauvrie des paysages gérés intensivement (Critchley *et al*., 2006). Cette démarche peut être ainsi considérée comme un « coup de pouce » donné en faveur de la diversité du milieu.

1.2.3.2. Limitation du développement d'adventices à proximité les parcelles

D'un point de vue agronomique, le terme « adventice » désigne l'ensemble des plantes non cultivées se trouvant au sein d'une parcelle agricole (Schabol, 1770). Dans le cadre de cette étude, on considérera les espèces comme « adventices » si elles sont reconnues comme pouvant nuire aux cultures. L'ensemble des plantes non semées sera désigné sous le terme de « spontanées ». Les adventices peuvent présenter des aspects bénéfiques pour le milieu naturel (apport de nectar et de pollen) mais représentent également un risque pour les activités agricoles, lorsque leur développement devient non contrôlé (Petit *et al*., 2008). Bien que plusieurs études aient montré qu'il n'existe qu'une faible relation entre la végétation des bordures et la végétation adventice des cultures (Marshall and Arnold, 1995; Marshall and Smith, 1987), certaines pratiques comme le désherbage ou la fertilisation peuvent favoriser l'implantation d'espèces problématiques (Tarmi *et al*., 2009).

Ainsi, le second objectif du projet est de limiter le développement des adventices par le semis d'espèces caractéristiques des milieux stables.

1.2.3.3. Mise à disposition de ressources pour les insectes pollinisateurs

L'étude s'intéresse également aux communautés d'insectes pollinisateurs observées sur les bordures de chemins et aux ressources florales disponibles. Leur présence est à la fois bénéfique aux populations d'espèces végétales sauvages et à certaines cultures retrouvées localement comme le colza, le tournesol ou les cultures porte-graines (www.itsap.asso.fr). Le choix des mélanges ou des espèces sera donc influencé par la réponse de la végétation à ce critère. Des résultats positifs concernant la mise à disposition de ressources pour les pollinisateurs peuvent appuyer l'intérêt global de valoriser les bordures de chemins.

La problématique générale de cette étude peut donc être posée comme suit :

Le semis d'espèces sauvages peut-il favoriser les fonctionnalités écologiques des bordures de chemins, en termes de stabilité et de diversité floristique, tout en favorisant la disponibilité de ressources pour la faune pollinisatrice ?

2. Matériels et méthode

2.1. Une expérimentation en place depuis 2013

2.1.1. Choix des espèces et confection des mélanges

Un des enjeux principaux du projet réside dans l'utilisation d'espèces végétales retrouvées localement à l'état sauvage, donc adaptées à la région. A partir des relevés de flore effectués entre 2009 et 2012 sur les bordures et les jachères par les partenaires du projet, des espèces caractéristiques des milieux herbacés, prairiaux ou de pelouses calcicoles ont été retenues. Les facteurs décisionnels ayant permis de finaliser la sélection de 30 espèces sont leurs interactions avec la faune (notamment les pollinisateurs), les taux de réussite de germination théoriques et leur coût (H&T, 2013).

Six mélanges ont été conçus sur la base des trente espèces sélectionnées. Ces mélanges diffèrent les uns des autres par les espèces contenues, leur richesse spécifique, ainsi que les proportions de graminées/dicotylédones (Annexe IV) :

- Le mélange I peut être considéré comme simple car composé de peu d'espèces (n=7). Celles-ci sont plutôt rustiques et ont tendance à s'établir facilement (*Dactylis glomerata, Bellis perennis, Plantago lanceolata…*).
- Les mélanges II à V sont intermédiaires en termes de nombre d'espèces. Ils sont composés d'espèces rustiques mais également d'espèces moins généralistes. Les mélanges IV et V sont constitués des mêmes espèces. Ils diffèrent par leur proportion de graminées/dicotylédones avec une dominance de 70% de graminées pour le mélange IV et 50% pour le mélange V.
- Le sixième et dernier mélange est le plus élaboré en termes de nombre et de type d'espèces. Il est principalement composé d'espèces plus spécialistes (prairies de fauche, pelouses calcaires). On y retrouve des espèces telles que *Salvia pratensis*, *Eryngium campestre* ou encore *Gallium verum*. Graminées et dicotylédones y sont représentées à proportions égales.

2.1.2. Dispositifs expérimentaux

Deux types de dispositifs ont été mis en place pour étudier le développement de semis sur les bordures de chemin. Chacun des dispositifs présente un intérêt particulier. Ils ne font pas systématiquement l'objet de protocoles de suivis similaires mais sont néanmoins complémentaires. Les mélanges ont été semés en octobre 2013 à une densité de 40 kg/Ha.

2.1.2.1. Dispositif « placettes »

Ce dispositif a permis le semis des 6 mélanges décrits ci-dessus, ainsi qu'un témoin travaillé selon le même itinéraire technique, mais non semé. Les 7 modalités, mesurant chacune 8m par 4m, sont mises en place à trois reprises au sein des « blocs », non désignés par « répétition » car ils peuvent avoir un effet significatif (Rivière, 2014). Le dispositif est installé à l'interface entre une parcelle cultivée et une jachère adjacente sur une longueur totale de 168 mètres comme décrit sur le schéma de l'Annexe V.

Ce dispositif à pour vocation d'étudier le développement et l'expression des espèces, et ainsi d'affiner les mélanges en menant l'étude à l'échelle de l'espèce. Pour cela, des suivis de la flore et des inflorescences y sont réalisés.

2.1.2.2. Dispositif « bordures »

Ce dispositif mis en place sur deux sites distincts permet de suivre le développement de trois mélanges en situation réelle (Annexe VI). Les dimensions du dispositif permettent de prendre en

considération l'influence du milieu environnant (notamment le passage des engins agricoles sur le chemin à proximité). Chaque modalité mesure 50m de long, pour 2m de large.

Les mélanges II, IV et V sont ici testés. Le dispositif met donc à l'étude un mélange simple et deux autres élaborés. L'étude conjointe des mélanges IV et V (composés des mêmes espèces) permet d'appréhender l'effet des proportions graminées/dicotylédones sur le développement de la végétation. Pour comparer les modalités semées avec un milieu régénéré naturellement, une première modalité témoin a été intégrée à l'étude. Un travail du sol y a été effectué de la même manière que sur le reste des modalités (témoin travaillé : TT). Un témoin non travaillé (TNT), élargi à 2 mètres, est également mis en place.

Ce dispositif fait l'objet d'un suivi de la flore au sein des modalités. Des suivis de pollinisateurs et d'inflorescences sont également réalisés sur les bordures. En effet, sur ces sites, un intérêt particulier est porté aux interactions entre flore et insectes. Le but de ce dispositif est donc bien d'étudier les mélanges dans leur contexte réel de mise en place en prenant en compte les interactions avec le milieu.

2.2. Acquisition et mise en forme des données en 2015

Les premiers suivis ont été réalisés en 2013, avant mise en place des dispositifs, pour connaitre la composition de la végétation à T=0. Une phase de suivis à également été réalisée durant la première année de développement des semis, en 2014 (N+1). Les suivis réalisés dans le cadre de ce stage, en 2015, interviennent donc lors de la seconde année d'expérimentation (N+2).

2.2.1. Méthode de relevés

2.2.1.1. Suivi « flore »

Pour évaluer le développement des espèces semées et spontanées sur les dispositifs, et appréhender la réponse des mélanges par rapport aux objectifs, des suivis exhaustifs de la flore sont effectués une fois sur l'ensemble des dispositifs, au mois de juin. L'abondance-dominance des espèces est relevée par l'utilisation des coefficients de Braun-Blanquet détaillés en Annexe VII. Des quadrats sont disposés de façon déterminée pour chaque dispositif, comme décrit par les schémas en Annexes VIII et IX. Le pourcentage de sol nu et le coefficient d'abondance dominance des espèces présentes sont systématiquement relevés.

2.2.1.2. Suivis « inflorescences »

Ce suivi comprend un inventaire exhaustif des espèces en fleur ainsi qu'un comptage du nombre d'inflorescences de façon unitaire jusqu'à 20, puis par 10 si leur nombre est supérieur. Un espace tampon est laissé aux extrémités de chaque modalité. Ce suivi est réalisé une fois par mois de mai à septembre (inclus), sur chaque modalité des dispositifs « placettes » et « bordures ».

Le comptage d'inflorescences s'effectue de manière différente selon les espèces végétales (Carvell *et al*., 2004). On considère comme unité florale : une ombelle pour les *Apiaceae*, une tête pour les espèces du genre *Trifolium*, un capitule pour les *Asteraceae*, un corymbe de capitule pour *Achillea millefolium* (Dramstad and Fry, 1995), ou un épi (porteur d'au moins une étamine) pour *Plantago lanceolata*. Le comptage est effectué de manière plus précise sur *Reseda lutea*, *Lotus corniculatus* et *Vicia villosa*, pour lesquels le nombre d'épis est compté, puis multiplié par le nombre moyen de fleur par épis. Pour les autres espèces, le nombre de fleurs est compté de manière unitaire. Lors d'un couvert et d'une floraison homogène d'une espèce sur la longueur d'une modalité, le nombre d'unités florale a pu être compté sur les premiers mètres, puis multiplié pour ajustement à la longueur totale de la modalité.

2.2.1.3. Suivi pollinisateurs

Les pollinisateurs sont suivis uniquement sur le dispositif « bordures », une fois par mois de mai à septembre (inclus). Les suivis des pollinisateurs sont réalisés en même temps que chaque suivi « inflorescences ». Les syrphes (*Syphidae*), abeilles domestiques (*Apis mellifera*), abeilles sauvages (*Apis spp.*), bourdons (*Bombus spp.*) et papillons (*Lepidoptera*) y sont décomptés, sur toute la longueur de chaque modalité testée. Une bande tampon de deux mètres est exclue des relevés à chaque extrémité.

2.2.2. Calcul d'indices et de ratios explicatifs

2.2.2.1. Dans la continuité de l'étude en cours depuis 2014

Les informations relevées sont saisies dans une base de données spécifique à chaque suivi. Afin de pouvoir étudier le recouvrement des espèces, les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet sont convertis en pourcentages de recouvrement selon la méthode décrite par Van der Maabel (1979), adaptée en accord avec les partenaires scientifiques (Annexe X). Suite à cela, différents indices et ratios sont calculés pour chaque quadrat dans le but de caractériser la végétation. Seules les données relatives au dispositif « placettes », intégrant l'ensemble des mélanges testés, sont étudiées au travers des variables décrites dans cette parie.

<u>Evaluer la réussite des semis :</u>

- La **levée des espèces semées** est étudiée au travers du ratio suivant : « *Nombre d'espèces semées observées / Nombre d'espèces semées* ».
- Le **développement des espèces semées** est illustré par le ratio « *Recouvrement des espèces semées / Recouvrement des espèces spontanées* ».

Un **tableau regroupant les espèces semées** reprend leur pourcentage moyen d'occurrence (le nombre de relevés sur lesquels l'espèce a été observée) pour 2014 et 2015 confondus. L'évolution de l'occurrence entre 2014 et 2015 est également visible dans ce tableau.

<u>Caractériser la stabilité de la végétation</u>

- La **pérennité de la végétation** est caractérisée par un ratio se basant sur le cycle de vie des espèces : « *Recouvrement des espèces annuelles / Recouvrement des espèces vivaces* ».

<u>Caractériser la diversité de la végétation</u>

- La **richesse spécifique** désigne le nombre d'espèces végétales recensé sur le relevé.
- L'indice de **diversité de Shannon-Weaver** prend en compte la richesse spécifique et les proportions de recouvrement de chaque espèce (Annexe XI)
- L'indice d'**équitabilité de Piélou** renseigne sur les proportions relatives des espèces (Annexe XI). L'indice se situe entre 0 et 1. Une note proche de 1 indique que les espèces sont réparties équitablement en termes de recouvrement.

<u>Evaluer l'impact sur le développement des adventices</u>

- Le pourcentage **de recouvrement cumulé** de chaque type d'espèce par relevé : **spontanées adventices, spontanées non-adventices, semées** est calculé.

Le calcul de ces recouvrements nécessite au préalable de définir le **statut attribué aux espèces**. Au total, 55 espèces observées sur les relevés 2014 et 2015 ont été considérées comme « adventices des cultures » (Annexe XII). L'attribution des statuts s'est faite à l'aide de bibliographie (ACTA, 2011) et d'échanges avec des acteurs du monde agricole (agriculteurs, conseiller agricole).

- Le pourcentage de **recouvrement du sol nu** observé informe sur la place non occupée par la végétation, pouvant permettre aux espèces adventices de se développer.

2.2.2.2. Considérant un aspect supplémentaire : le potentiel de pollinisation

Evaluer le potentiel d'attractivité pour les insectes pollinisateurs

Pour valoriser les relevés relatifs aux inflorescences et donc aux ressources accessibles pour les pollinisateurs, l'**indice de potentiel pollinifère** (Ricou *et al.*, 2014), créé par l'équipe « Agriculture durable » de l'INRA de Colmar est utilisé sur les relevés des dispositifs « bordures » et « placettes » réalisés en 2014.

Cet indice a pour vocation d'attribuer une note de potentiel pollinifère à l'échelle d'une bordure extérieure de champ, en fonction de la composition floristique et de l'abondance florale des espèces présentes. Pour cela, des notes comprises entre 1 et 10 ont été attribuées à 300 espèces végétales communes des bordures extérieures de champs selon trois grands critères. L'attraction visuelle de la fleur est caractérisée par sa taille, sa couleur et son reflet UV. La note d'accessibilité est définie par la famille botanique de l'espèce, la symétrie de sa fleur et la forme de sa corolle. Pour finir, la récompense fournie à l'insecte est évaluée par la quantité et la qualité de nectar et de pollen fournies.

Ainsi, une note globale de valeur pollinifère est attribuée à chaque espèce, pour chacun des quatre types de pollinisateurs suivants : Abeilles, syrphes, papillons et bourdons. La valeur de pollinisation ($Vpol_{tot}$) à l'échelle de la bordure de champs s'effectue par le calcul suivant :

$$Vpol_{tot} = \frac{\sum(Vpol)}{\sum(AbFlo)}$$

Avec $Vpol = Ipol \times b \times c$
$AbFlo = b \times c =$ Abondance florale
Et $Ipol =$ Valeur pollinifère de l'espèce
$b =$ Nombre d'unités florales de l'espèce sur la bordure
$c =$ Taille de la fleur

La note finale de la bordure est calculée pour chaque modalité sur les dispositifs « bordures » et « placettes ». Des indices sont calculés indépendamment pour les syrphes et pour les bourdons. La valeur pollinifère ($Vpol_{tot}$) d'une bordure est située entre 1 et 10, plus la note est haute, plus la bordure est susceptible d'être attractive pour le groupe étudié.

- Tester le fonctionnement de l'indicateur sur le territoire d'étude grâce au dispositif « bordures » :

Pour tester l'indicateur sur le territoire d'étude et évaluer son fonctionnement suivant l'insecte étudié, les résultats obtenus sur le dispositif « bordures » sont utilisés. Les suivis portant à la fois sur les pollinisateurs et les inflorescences, la mise en relation de l'abondance de chaque type de pollinisateurs avec les valeurs prises par l'indicateur ($Vpol_{tot}$) en 2014 et 2015 (juin, juillet et août) a été réalisée.

Seuls les indicateurs « bourdons » et « syrphes » sont testés. Des données manquent pour l'utilisation de l'indicateur «abeilles ». L'indicateur « papillons », quant à lui nécessiterai d'être adapté pour correspondre aux relevés.

La corrélation entre le nombre d'individus observé et la valeur de l'indice pour chaque modalité ($Vpol_{tot}$) est calculée à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman (test non paramétrique). Les indicateurs présentant une corrélation positive significative seront donc utilisés sur le dispositif placettes où l'ensemble des mélanges est représenté.

- <u>Appliquer au dispositif « placettes » sur l'ensemble des mélanges</u>

Dans le but d'affiner les mélanges grâce au dispositif « placettes », l'indicateur peut être utilisé à l'échelle des mélanges mais également à l'échelle des espèces. Pour cela, la note de chaque modalité ($Vpol_{tot}$) est calculée pour les 5 mois de relevés. Les espèces semées fleuries sont regroupées par tableaux selon la période de relevé. Leur poids respectif en terme d'attraction est calculé pour chaque mélange, à chaque période de relevé par la valeur $Vpol$ ($Ipol \times b \times c$). Les espèces sont alors classées par poids décroissant et l'intensité des impacts est mise en avant par un jeu de couleurs.

2.2.3. Analyses statistiques des données

Suite aux résultats obtenus l'année passée (2014), seule la partie « ancienne culture » (AC) est suivie car plus représentative du bon développement des semis réalisés.

Les analyses statistiques sont ici réalisées à l'aide du logiciel R version 3.2.0 (package *agricolae*) et portent sur des données issues du dispositif « placettes ».

2.2.3.1. Tests préliminaires

La normalité des résidus est tout d'abord calculée pour les facteurs considérés, sur chaque variable. Il en est de même pour l'homoscédasticité des variances, afin de déterminer quel type de test effectuer. La normalité des résidus est calculée à l'aide du test de Shapiro-Wilk et l'homoscédasticité à l'aide du test de Bartlett.

2.2.3.2. Analyses de variance

Les analyses ont pour but de traiter les thématiques suivantes :

- l'expression des mélanges à N+2 (2015), prenant en compte les facteurs « bloc » et « modalité ».
- Le potentiel pollinisateur à N+1 (2014), prenant tout d'abord en considération les facteurs « modalité » et « date » pour traiter chaque relevé répété 5 fois dans la saison. Les facteurs « bloc » et « modalité » sont ensuite considérés pour l'analyse mois par mois.
- L'évolution de la végétation entre 2014 et 2015 intégrant les facteurs « bloc » et « année ».

Le facteur « bloc » est pris en compte dans les analyses car il ne s'agit pas de réelles répétitions. Seul l'impact du facteur « modalités » sera interprété par la suite.

Si la normalité des variables est vérifiée par p-value > 0,01 pour les tests préliminaires, une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs est réalisée. Sinon l'analyse doit être réalisée à l'aide de l'équivalent non paramétrique : le test de Scheirer-Ray-Hare.

Afin de comparer les modalités deux à deux, un test de Fisher (ou LSD) compare les moyennes entre les modalités d'un facteur pour déterminer s'il existe ou non des différences significatives.

2.2.3.3. Représentations graphiques

Pour chaque variable étudiée par l'analyse à N+2 (2015), un graphique de type « boxplot », montre les variations de la variable selon les modalités testées (Figure 3). Les résultats des tests statistiques portant sur chaque variable étudiée en 2015 sont compilés dans le Tableau 1 de la partie résultats.

Les résultats du facteur « année » étudié par l'analyse diachronique sont consignés dans des tableaux spécifiques à chaque variable (Figure 4).

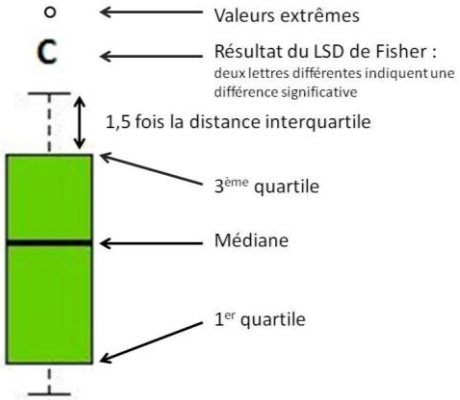


Figure 3 – Graphique de type « boxplot »

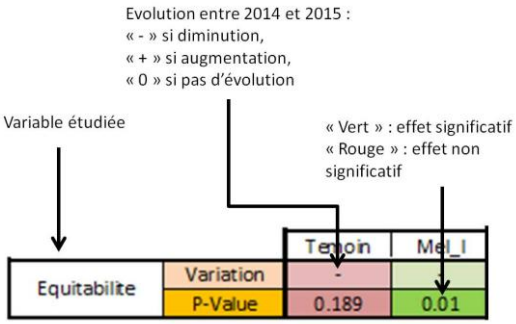


Figure 4 – Tableau des résultats de l'analyse diachronique

2.2.3.4. Comparaison des critères et des mélanges

Pour comparer les mélanges en prenant en compte l'ensemble des objectifs du projet, les résultats sont interprétés au sein d'une analyse multicritères permettant de statuer qualitativement sur la réponse des mélanges aux objectifs fixés aussi bien globalement (tous les critères pris en compte) que pour un critère donné. Ce type d'analyse a pour but de mettre en avant les compositions d'espèces permettant de répondre au mieux à l'ensemble des objectifs. Les interprétations tirées de l'étude à l'échelle des espèces semées viendront appuyer les choix dans la composition de nouveaux mélanges.

Pour cette analyse, les variables étudiées (détaillées dans la partie 2.2.2.1) sont regroupées suivant 6 critères :

- « **Levée et développement des semis** » intègre les variables « levée des espèces semées » et « développement des espèces semées »
- « **Stabilité de la flore** » est représenté par la variable « pérennité de la végétation »
- « **Diversité de la végétation** » regroupe les variables « Richesse spécifique », « Equitabilité de Piélou » et « diversité de Shannon »
- « **Limitation des adventices** » intègre le recouvrement des espèces adventices et le recouvrement du sol nu
- « **Potentiel pollinifère** » est représenté par l'indice de potentiel pollinifère.

Dans le but d'intégrer l'aspect financier à l'étude, un critère désigné par « **Faible coût** » est ajouté et intègre le prix des mélanges.

Dans le but de mettre les différentes variables testées sur une même échelle, des notations sont calculées en attribuant, pour chaque modalité, la note de 0 à la valeur de la variable la plus faible et 10 pour la valeur la plus élevée. Les notes intermédiaires sont calculées par proportionnalité (Annexe XIII). Les notes attribuées à chaque critère sont détaillées dans l'annexe XIV.

3. Résultats

Le Tableau 1 résume l'ensemble des p-values obtenue par les tests intégrant les facteurs « bloc » et « modalité ». Un tableau récapitulatif des résultats de l'analyse diachronique est consultable en Annexe XV.

Tableau 1 - Résultats des tests statistiques réalisés sur les variables mesurées. Une cellule verte indique un impact significatif (p-value<0,05), une cellule rouge indique un impact non significatif (p-value>0,05).

		Nombre d'espèces semées obsevées/ Nombre d'espèces semées	Recouvrement des espèces semées/Recouvrement des espèces spontanées	Richesse spécifique	Shannon	Equitabilite	Recouvrement des annuelles / Recouvrement des vivaces	Recouvrement des adventices
Tests préliminaires	p.value - Shapiro-Wilk	0.2443	2.235e-04	0.476	0.962	0.496	4.123e-11	2.776e-07
	p.value - Bartlett - Bloc	0.4347	1.488e-07	0.319	0.026	0.377	1.881e-07	0.208
	p.value - Bartlett - Modalité	0.5152	0.005	0.497	0.458	0.721	< 2.2e-16	6.779e-09
ANOVA à 2 facteurs	pvalue - Bloc	0.2051	x	0.021	0.004	0.145	x	x
	pvalue - Modalité	1.326e-08	x	0.001	0.002	0.006	x	x
Scheirer Hare	pvalue - Bloc	x	1.953e-06	x	x	x	0.0016	1.234e-05
	pvalue - Modalité	x	3.204e-07	x	x	x	1.536e-08	2.455e-07
	Formule :	Variable~Bloc+Mod						

3.1. Evaluation de la réussite des semis

3.1.1. Etude de l'expression des espèces semées

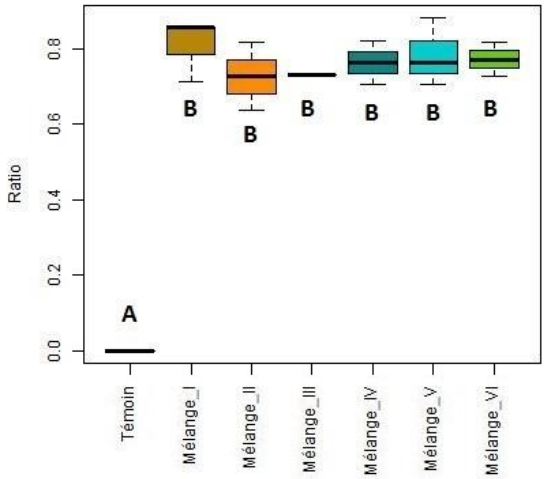


Figure 5 - Valeurs du ratio "*richesse spécifique des espèces semées observées / richesse spécifique des espèces semées*" selon les modalités testées en 2015.

En 2015 :

L'absence d'effet significatif du facteur « modalité » est ici mise en évidence. Les mélanges ont en moyenne 70% à 85% de leurs espèces semées qui s'expriment. La valeur du ratio obtenu par le mélange I est légèrement plus élevée que les cinq autres (Figure 5).

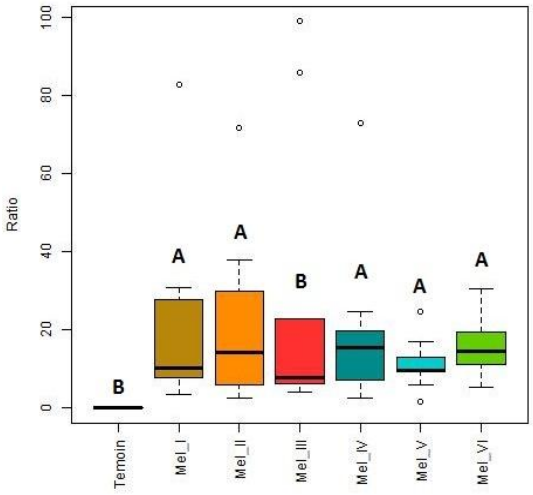
Analyse diachronique :

Tableau 2 - Evolution du ratio "richesse spécifique des espèces semées observées / richesse spécifique des espèces semées" entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
RS_Sp_SemObs/Sp_Sem	Variation	0	+	-	-	-	+	+
	P-Value	1	0.643	0.537	0.184	0.423	0.136	0.165

Le Tableau 2 indique qu'aucune variation significative du ratio n'a été observée entre 2014 et 2015 sur l'ensemble des modalités (P-values<0,05 ; ANOVA sur mélanges III à V, Scheirer-Hare sur Témoin, Mel_I, Mel_II et Mel_VI). Les variations indiquent cependant une tendance à l'augmentation du nombre d'espèces semées observées sur les mélanges I, V et VI ainsi qu'une diminution sur les mélanges II, III et IV.

3.1.2. Etude du recouvrement des espèces semées



En 2015 :

Le facteur « modalité » présente un effet significatif sur le ratio « Recouvrement des espèces semées / Recouvrement des espèces spontanées » (p-value=$3{,}2e^{-7}$). Le test de Fisher indique cependant que seul le mélange III se distingue significativement des autres par un ratio plus faible. Tous les mélanges obtiennent néanmoins des valeurs supérieures à 1 et recouvrent 15 à 20 fois plus la végétation que les espèces spontanées (Figure 6).

Figure 6 - Valeurs du ratio "*recouvrement des espèces semées / recouvrement des espèces spontanées*" selon les modalités testées en 2015.

Analyse diachronique:

Tableau 3 - Evolution du ratio "recouvrement des espèces semées / recouvrement des espèces spontanées" entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Rec_SemSpont	Variation	0	+	+	+	+	+	+
	P-Value	1	0,139	0,02	0,042	0,028	0,001	0,006

Chaque modalité semée a vu ce ratio augmenter entre 2014 et 2015 (Tableau 3). Cette hausse est significative pour les mélanges II à VI (p-value<0,05 ; Scheirer-Hare sur Mel_III, ANOVA sur les autres).

3.1.3. A l'échelle des espèces

Dans le Tableau 4, les espèces semées ont été classées par occurrence d'observation dans les relevés de 2014 et 2015, sur les modalités où elles ont été semées. Leur évolution est également visible. L'occurrence des espèces, séparée par modalité et par année, est visible en Annexe XVI.

Certaines espèces se maintiennent, voire s'établissent, alors que d'autres régressent. Par exemple, *Knautia arvensis* et *Securigera varia* n'avaient été observées dans aucun relevés en 2014, alors qu'elles sont bien représentées en 2015 (respectivement 6 et 5 relevés sur 9). D'autres espèces comme *Ranunculus acris* et *Echium vulgare* étaient déjà présentes l'année passée, mais se sont développées depuis. A l'inverse, l'occurrence de certains taxons a tendance à diminuer puisqu'ils sont observés sur moins de relevés en 2015 qu'en 2014. Cette tendance est observable pour *Malva sylvestris*, *Leontodon autumnalis* et *Vicia villosa*, sur la majorité des mélanges.

Centaurea scabiosa a été observée de manière ponctuelle en 2014, mais plus en 2015.

D'autres espèces n'ont été observées ni en 2014, ni en 2015. Il s'agit d'*Anthriscus sylvestris*, *Reseda lutea* et *Plantago media*.

Tableau 4 - Occurrence des espèces semées et évolution entre 2014 et 2015 (« 0 » signifie le maintien de l'espèce ; « + » signifie que l'espèce est observée sur plus de relevés en 2014 qu'en 2015 ; « - » : signifie que l'espèce est observée sur moins de de relevés en 2015 qu'en 2014).

Espèces semées	Evolution de l'occurrence entre 2014 et 2015	Occurrences moyennes (%) par classes	
Hypericum perforatum	+	100	100 % : Observation sur l'ensemble des relevés
Dactylis glomerata	0	100	
Festuca rubra	0	100	
Holcus lanatus	0	100	
Origanum vulgare	0	100	
Bellis perennis	0	96,3	80 à 99 % : Observation sur une grande majorité des relevés
Galium verum	-	96,3	
Trifolium repens	+	94,4	
Trifolium dubium	-	92,6	
Achillea millefolium	-	88,9	
Medicago lupulina	0	88,9	
Centaurea jacea	+	88,9	
Plantago lanceolata	-	84,4	
Arrhenatherum elatius	-	77,8	60 à 79 % : Observation sur la majorités des relevés
Lotus corniculatus	-	77,8	
Ranunculus acris	+	75,9	
Knautia arvensis	+	66,7	
Salvia pratensis	0	66,7	
Securigera varia	+	55,6	10 à 59 % : Observation sur un nombre moyen de relevés
Malva sylvestris	-	53,3	
Prunella vulgaris	-	48,1	
Eryngium campestre	+	44,4	
Vicia villosa	-	25,9	
Echium vulgare	+	19,4	
Poa pratensis	+	9,3	0 à 9 % : Très peu d'observations, voire aucune
Leontodon autumnalis	-	7,4	
Reseda lutea	0	0	
Anthriscus sylvestris	0	0	
Centaurea scabiosa	-	0	
Plantago media	0	0	

0 Pas d'évolution d'occurrence | - Diminution de l'occurrence | + Augmentation de l'occurence

3.2. Evaluation de la pérennité de la végétation

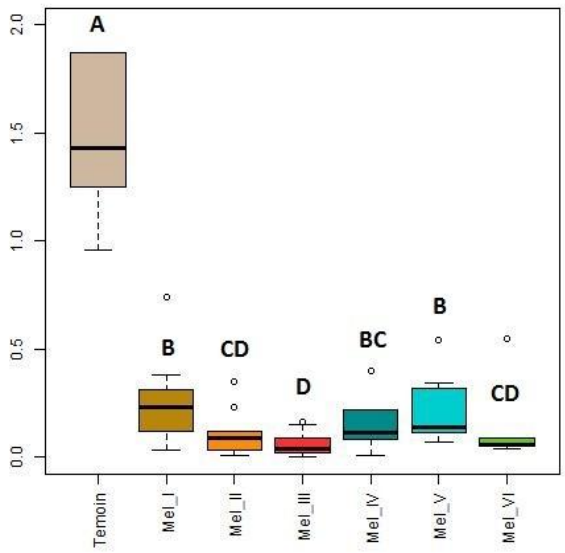


Figure 7 - Valeurs du ratio "recouvrement des espèces annuelles / recouvrement des espèces vivaces" selon les modalités testées en 2015.

En 2015 :

Le facteur «modalité» impact significativement le ratio « Recouvrement des espèces annuelles / recouvrement des espèces vivaces » (p-value=1,53e^{-8}). Tout d'abord, on observe une différence très marquée entre les témoins et les modalités semées (Figure 7). Le ratio prend une valeur supérieure à 1 pour les témoins. Les modalités semées, quant à elles, présentent des ratios qui varient entre 0,1 et 0,4. Elles présentent ici aussi des différences significatives: les mélanges I et V sont caractérisés par des valeurs plus élevées que les mélanges II, III et VI. Les modalités semées I et V possèdent donc une végétation significativement recouverte de plus d'annuelles que les mélanges II, III et VI.

Analyse diachronique :

Tableau 5 - Evolution du ratio "recouvrement des espèces annuelles / recouvrement des espèces vivaces" entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Rec_AnnViv	Variation	-	-	-	-	-	-	-
	P-Value	0.061	0.162	0.007	4.468e-05	1.652e-04	2.564e-05	0.019

Le ratio « recouvrement des annuelles/recouvrement des vivaces » a diminué pour toutes les modalités d'une année à l'autre (Tableau 5). Les tests réalisés montrent cependant que seuls les mélanges II à VI ont vu leur ratio varier de manière significative entre 2014 et 2015 (P-value<0,05 ; ANOVA sur mélanges I à V et Scheirer-Hare sur Témoin et Mel_VI).

3.3. Evaluation de la richesse et diversité de la végétation

3.3.1. Etude de la richesse spécifique

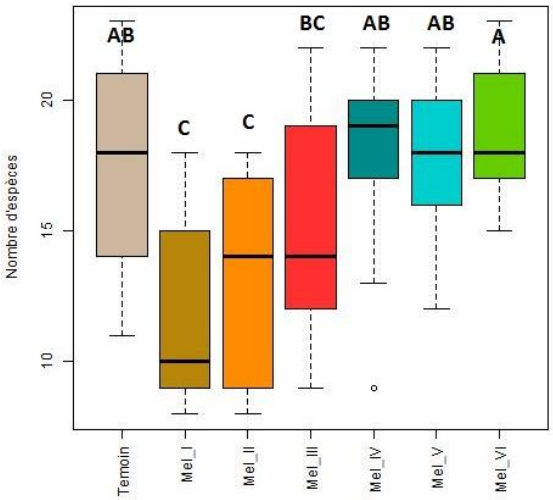


Figure 8 - Richesse spécifique par mètre carré selon les modalités testées en 2015

En 2015 :

Le facteur « modalité » impacte significativement la richesse spécifique de la végétation (P-value=0,001). Celle-ci est significativement plus faible pour les modalités I et II que pour les modalités IV à VI et le témoin. Les mélanges IV à VI présentent une richesse spécifique similaire à celle du témoin avec une médiane variant aux alentours de 18 espèces observées par mètre carré (Figure 8).

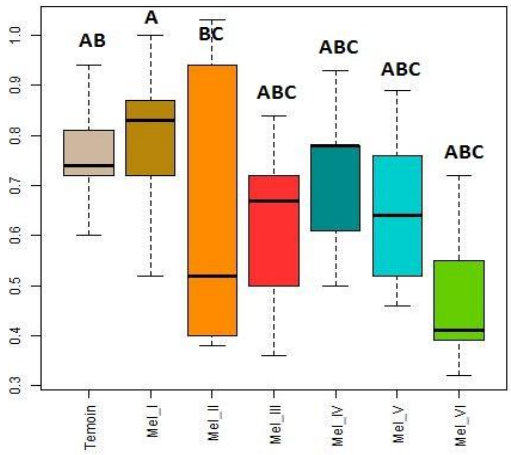
Analyse diachronique:

Tableau 6 - Evolution des la richesse spécifique par mètre carré entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
RS	Variation	+	-	-	-	-	-	-
	P-Value	0.05	0.005	4.773e-04	0.071	0.026	4.578e-05	1.512e-04

Les diminutions du nombre d'espèces ont été observées de manière significative sur les modalités semées (Tableau 6) (p-value<0,05 ; ANOVA), sauf sur la modalité semée III (P-value>0,05 ; Scheirer-Hare).

3.3.2. L'indice de diversité spécifique de Shannon-Weaver (1949)



En 2015 :

Le facteur « modalité » influence significativement les valeurs prises par l'indice de Shannon (p-value=0,002). Seules les modalités semées I et II se distinguent de manière significative l'une de l'autre. La modalité semée avec le mélange I présente la diversité la plus élevée, avec des valeurs situées entre 0,7 et 0,9. Les modalités III à VI présentent des diversités intermédiaires (Figure 9).

Figure 9- Valeurs de l'indice de Shannon calculé selon les modalités testées en 2015

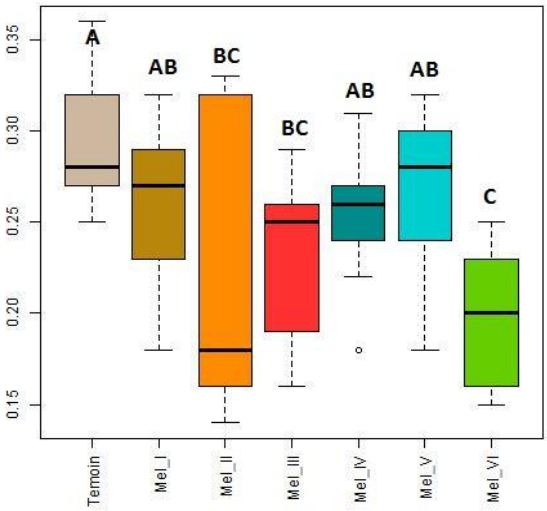
Analyse diachronique:

Tableau 7 - Evolution de l'indice de Shannon entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Shannon	Variation	-	-	-	-	-	-	-
	P-Value	0.07	0.074	0.037	2.52e-05	1.362e-05	8.348e-10	2.648e-05

Les modalités semées avec les mélanges II à VI ont vu leur diversité diminuer significativement entre 2014 et 2015 (Tableau 7) (p-values>0,05 ; ANOVA).

3.3.3. L'indice d'équitabilité de Piélou (1966)



En 2015 :

Le facteur « modalité » a un impact significatif sur l'équitabilité de Piélou (p-value=0,006). La modalité témoin présente l'indice le plus élevé, et donc une meilleure équi-répartition de l'abondance des espèces avec des valeurs comprises entre 0,27 et 0,33. Ces valeurs sont significativement différentes de celles du mélange VI situées entre 0,16 et 0,23. Les mélanges I à V présentent des valeurs intermédiaires (Figure 10).

Figure 10- Valeurs de l'indice de Piélou calculé selon les modalités testées en 2015

Analyse diachronique:

Tableau 8 - Evolution de l'indice de Shannon entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Equitabilite	Variation	-	-	-	-	-	-	-
	P-Value	0.189	0.01	0.023	0.0001774	1.421e-04	7.13e-07	0.005

L'ensemble des modalités semées a vu l'indice de Piélou diminuer de manière significative entre 2014 et 2015 (Tableau 8) (p-value<0,05 ; Scheirer-Hare sur Mel_II, sinon ANOVA), contrairement à la modalité témoin (pvalue>0,05 ; ANOVA).

3.4. Evaluation du risque « adventice »

3.4.1. Recouvrement des adventices

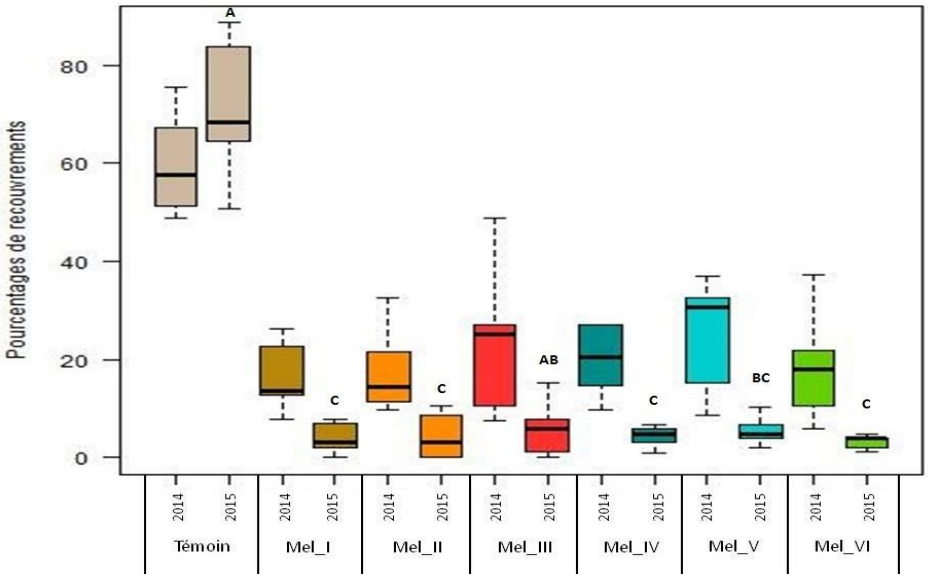


Figure 11 - Recouvrements cumulés des espèces adventices en 2015 et 2014, selon les modalités testées.

<u>En 2015 :</u>

La Figure 11 s'intéresse aux recouvrements cumulés des espèces considérées comme adventices, pour chaque modalité. Le facteur « modalité » présente un impact significatif sur le recouvrement des espèces adventices. Le test de Fisher indique que seul le mélange III présente un recouvrement supérieur en adventices. De manière générale, l'ensemble des valeurs se situent entre 5 et 10% de recouvrement d'adventices pour les modalités semées, contre 65 à 80% pour la modalité témoin.

<u>Analyse diachronique :</u>

Tableau 9 - Evolution des recouvrements d'adventices entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Rec_Adv	Variation	+	-	-	-	-	-	-
	P-Value	0.392	0.006	1.982e-04	1.982e-04	0.004	0.013	0.004

Une diminution significative des recouvrements d'adventices est observable pour l'ensemble des modalités semées entre 2014 et 2015 (Tableau 9) (p-values<0,05 ; ANOVA sur toutes les modalités sauf Mel_IV, Scheirer-Hare). Les recouvrements d'adventices subissent une baisse avoisinant les 15%.

3.4.2. Evolution du sol nu

Tableau 10 - Evolution des recouvrements de sol nu entre 2014 et 2015, selon les modalités testées.

		Temoin	Mel_I	Mel_II	Mel_III	Mel_IV	Mel_V	Mel_VI
Sol_Nu	Variation	-	-	-	-	-	-	-
	P-Value	4.249e-04	0,296	0,022	0,042	8.384e-05	0,234	0,118

Le recouvrement de sol nu a diminué significativement sur les modalités semées II à IV et sur la modalité témoin (Tableau 10) (p-value<0,05 ; ANOVA).

3.4.3. Etude conjointe de l'évolution des recouvrements entre 2014 et 2015

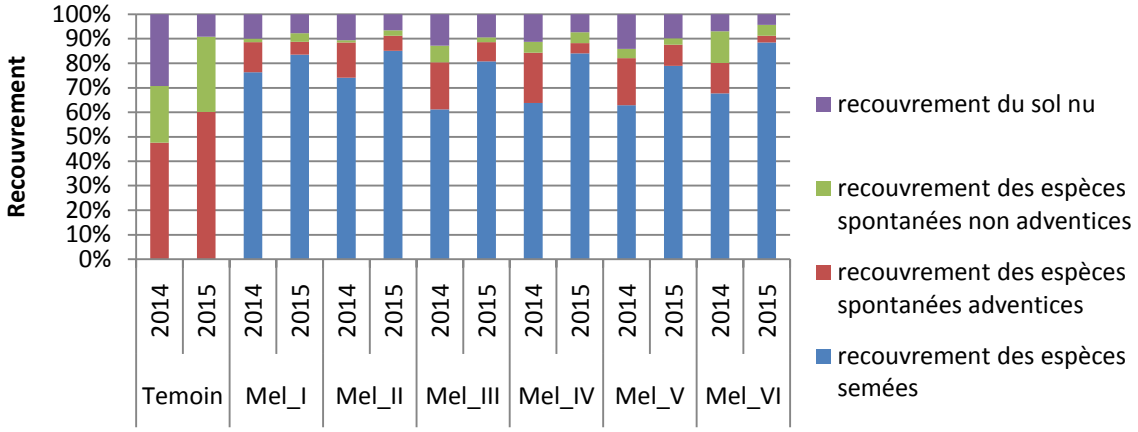


Figure 12 - Evolution du recouvrement par mètre carré des espèces selon leur statut, entre 2014 et 2015.

Pour représenter visuellement l'évolution des recouvrements des différents types de végétation et du sol nu sur chaque modalité, un diagramme en barre cumulé et ajusté à été réalisé (Figure 12). Cette représentation permet d'estimer l'effet d'une variation de recouvrement d'un type d'espèce par rapport à un autre entre 2014 et 2015.

Les espèces spontanées, non adventices des cultures, sont très faiblement représentées sur les modalités semées, alors qu'elles sont très présentes sur la modalité témoin. Leur recouvrement n'évolue que très peu d'une année sur l'autre.

3.5. Evaluation de l'intérêt de la végétation pour les pollinisateurs

3.5.1. Test de l'indicateur sur le territoire d'étude

Une valeur pollinifères des modalités testées sur les dispositifs « bordures » a été calculée pour les syrphes et les bourdons, pour chaque mois de relevé en 2014 et 2015. Ces résultats ont été mis en relation avec les données d'abondance de pollinisateurs relevés aux mêmes moments pour chaque taxon.

Une corrélation positive et significative est obtenue pour l'étude des bourdons (p-value=0.003824). Le coefficient de corrélation de Spearman obtenu est de 0,35. L'abondance de syrphes n'est pas reliée significativement aux valeurs pollinifère (p-value=0,09559). Ainsi, seul l'indicateur « bourdons » a été utilisé par la suite. Les résultats de l'analyse de corrélation pour les bourdons et pour syrphes sont visibles en Annexes XVII et XVIII.

3.5.2. Etude du potentiel pollinifère sur le dispositif « placettes »

Suite au constat d'une corrélation positive entre les valeurs prises par l'indicateur de potentiel pollinifère sur les bordures, et le nombre de bourdons observés pendant les suivis, l'indicateur est utilisé sur le dispositif placettes où chaque mélange est testé.

On utilise ici les données relatives au nombre d'inflorescences, comptées sur les 12m² de chaque modalité, relevées au cours des cinq mois de suivis en 2014.

L'analyse de variance réalisée a tout d'abord permis de mettre en avant l'effet non significatif du facteur « bloc » sur la variation de l'indice (p-value= 0,978). Elle montre également la présence d'un impact significatif des modalités (p-value=1,959e-05) et du mois de relevé (p-value=4.515e-07) sur les variations des valeurs prises par l'indice.

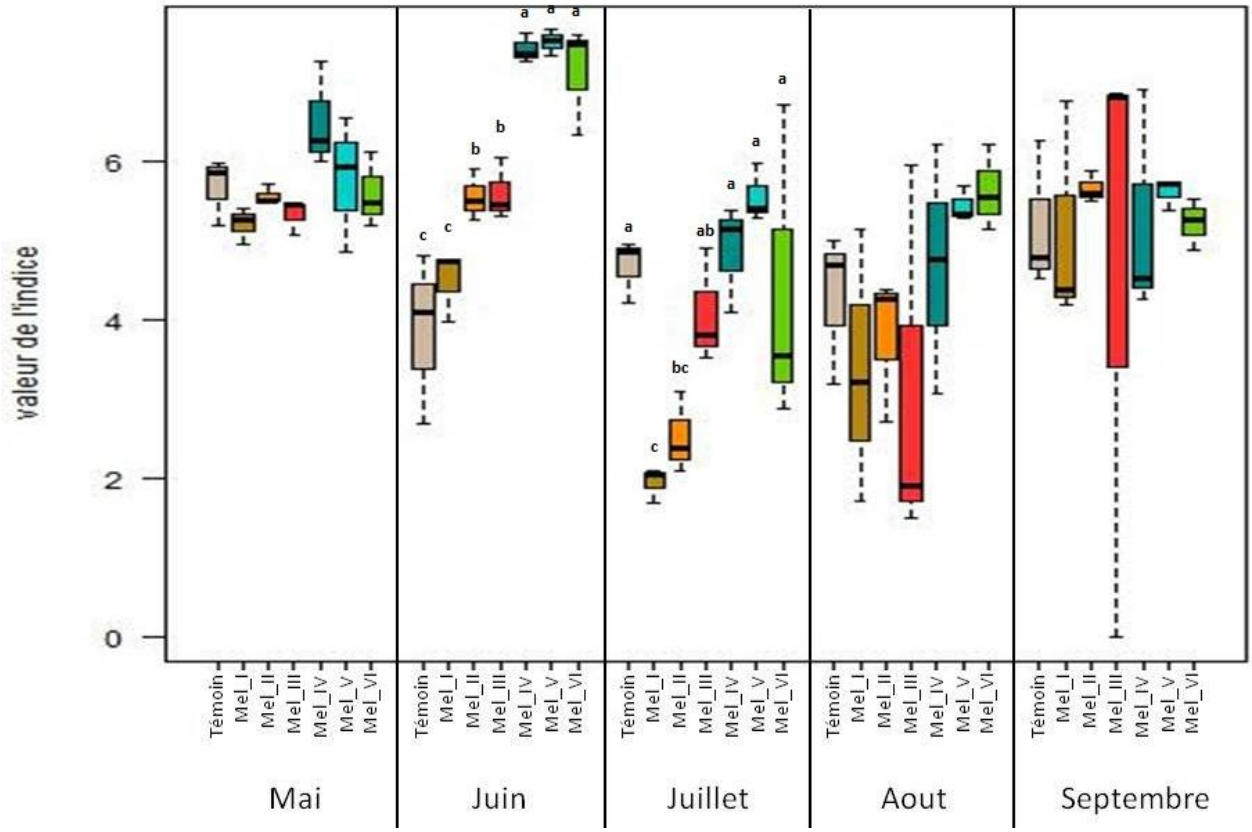


Figure 13 - Evolution du potentiel pollinifère selon le mois et les modalités testées en 2014

Tableau 11 – Résultats des tests statistiques réalisés, évaluant l'impact du facteur « modalité » sur l'indice pollinifère. Une cellule verte indique un impact significatif (p-value<0,05) et une cellule rouge, non significatif (p-value>0,05).

		Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre
Tests préliminaires	Test de Shapiro-Wilk	0.382	0.521	0.418	0.157	0.068
	Test Bartlett : facteur "Bloc"	0.053	0.24	0.221	0.267	0.336
	Test de Bartlett : facteur "Modalité"	0.086	0.145	0.273	0.041	0.246
Anova 2 facteurs	Facteur "Bloc"	0.38	0.522	0.396	0.04	0.365
	Facteur "Modalité"	0.119	0	0.004	0.119	0.988
	formule	Vpol ~ Repetition + Modalite				

Les résultats mettent en évidence que les modalités influent significativement sur le potentiel pollinifère uniquement en juin et juillet (Tableau 11 ; p-value<0,05). L'indice est plus élevé en juin, pour les modalités semées IV à VI (Figure 13), avec des valeurs allant de 6,2 à 6,8. En juillet, une chute de l'indice pour les mélanges I et II crée un écart significatif avec les mélanges IV à VI et la modalité témoin. Le mélange I voit ses valeurs descendre jusqu'à 2,1. Les écarts diminuent ensuite en août et septembre. La modalité témoin fluctue peu et reste située entre 4 et 6 sur l'ensemble de la saison.

3.5.3. A l'échelle des espèces

Sur les mois de juin et juillet, on observe des écarts importants de l'indice pollinifère selon la composition des mélanges. Les mélanges élaborés (IV, V, VI) se distinguent de manière positive des mélanges I, II et III. L'objectif de cette partie est maintenant d'étudier l'impact et le poids des espèces semées en termes de floraison et d'attraction sur les bourdons.

Les mélanges I à III présentant une composition d'espèces très différentes des mélanges IV à VI, l'étude à l'échelle des espèces se fera séparément pour ces deux groupes dits mélanges « simples » et mélanges « élaborés ». De plus, au vu de la significativité du facteur « modalité » au cours de la saison, l'étude ne porte que sur les mois impactés : juin et juillet.

Les tableaux 13 à 16 présentent l'ensemble des espèces semées en fleur sur chaque modalité semée avec les mélanges en juillet. Les espèces sont classées par ordre décroissant de poids, en termes d'abondance florale (AbFlo) et d'attractivité, donnée par la valeur de l'indice pollinifère associée à l'espèce (Ipol) (voire Matériels et méthode p.10).

- « Mélanges simples » au mois de juin et juillet :

Tableau 12 – Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges simples au mois de juin 2014 (Rouge : Impact fort ; Orange : Impact moyen ; Jaune : Impact faible).

Mel_I - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Medicago lupulina	6,31	3691,35
Bellis perennis	1	440
Plantago lanceolata	1	440
Achillea millefolium	4,78	117,11

Mel_II - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Trifolium repens	6,56	4683,84
Medicago lupulina	6,31	2120,16
Bellis perennis	5,45	436
Plantago lanceolata	1	190
Achillea millefolium	4,78	100,38

Mel_III - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Echium vulgare	6,87	1459,188
Medicago lupulina	6,31	1104,25
Trifolium repens	6,56	1019,424
Bellis perennis	5,45	250,7
Plantago lanceolata	1	50

L'espèce commune aux trois mélanges ayant un potentiel pollinifère important (AbFlo*Ipol>1000) pour le bourdon est *Medicago lupulina* (Tableau 12). L'écart important, visible sur la Figure 13, entre le mélange I et le mélange II au mois de juin vient de l'ajout du *Trifolium repens* dans la composition des mélanges. Le mélange III comporte également une nouvelle espèce à fort potentiel : *Echium vulgare.* Son ajout n'affecte cependant pas la valeur de l'indice pollinifère de la modalité, en comparaison avec le mélange II (Figure 13).

Tableau 13 – Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges simples au mois de juillet 2014 (Rouge : Impact fort ; Orange : Impact moyen ; Jaune : Impact faible).

Mel_I - Juillet 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Plantago lanceolata	1	660
Medicago lupulina	6,31	220,85
Achillea millefolium	4,78	33,46
Hypericum perforatum	1	15

Mel_II - Juillet 2014		
Espèce	**Ipol**	**AbFlo*Ipol**
Plantago lanceolata	1	600
Trifolium repens	6,56	551,04
Medicago lupulina	6,31	220,85
Malva sylvestris	5,26	168,32
Bellis perennis	1	109
Achillea millefolium	4,78	33,46

Mel_III - Juillet 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Echium vulgare	6,87	494,64
Malva sylvestris	5,26	168,32
Medicago lupulina	6,31	157,75
Plantago lanceolata	1	90
Bellis perennis	5,45	43,6
Trifolium repens	6,56	36,736
Hypericum perforatum	1	25,5

La figure 13 montre une diminution de la valeur pollinifère des mélanges « simples » entre juin et juillet. On constate que les mêmes espèces sont en fleurs mais leur potentiel pollinifère est inférieure (tableau 13). On remarque que dans le mélange I, *Plantago lanceolata*, devient plus impactant en termes de potentiel pollinifère, que *Medicago lupulina*, malgré son indice pollinifère de 1.

- « Mélanges élaborés » aux mois de juin et juillet :

Tableau 14 – Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges élaborés au mois de juin 2014 (Rouge : Impact fort ; Orange : Impact moyen ; Jaune : Impact faible).

Mel_IV - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	7,73	103775,25
Trifolium dubium	6,7	5788,8
Plantago lanceolata	1	240
Lotus corniculatus	6,32	15,168
Bellis perennis	5,45	10,9
Hypericum perforatum	1	9
Ranunculus acris	1	1,5

Mel_V - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	7,73	148416
Trifolium dubium	6,7	8951,2
Achillea millefolium	4,78	200,76
Plantago lanceolata	1	196
Bellis perennis	5,45	119,9
Malva sylvestris	5,26	63,12
Hypericum perforatum	1	7,5
Ranunculus acris	1	3

Mel_VI - Juin 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	7,73	57975
Trifolium dubium	6,7	6753,6
Plantago lanceolata	1	70
Trifolium repens	6,56	64,288
Bellis perennis	5,45	54,5
Lotus corniculatus	6,32	45,504
Malva sylvestris	5,26	21,04
Hypericum perforatum	1	1,5

Le Tableau 14 met en avant que 2 espèces influent très majoritairement sur la valeur de l'indice de pollinisation des mélanges « élaborés » (IV à VI) au mois de juin: *Vicia villosa* et *Trifolium dubium*. Ces deux espèces présentent en effet une forte attractivité pour le bourdon, avec de fortes abondances florales (AbFlo) et des indices pollinifères élevés (respectivement 7,73 et 6,7).

Tableau 15 – Poids cumulés des espèces semées dans la note de potentiel pollinifère des mélanges élaborés au mois de juillet 2014 (Rouge : Impact fort ; Orange : Impact moyen ; Jaune : Impact faible).

Mel_IV - Juillet 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	8,02	5565,6
Plantago lanceolata	1	510
Lotus corniculatus	6,32	399,424
Malva sylvestris	5,26	147,28
Centaurea jacea	7,65	91,8
Achillea millefolium	4,78	33,46
Hypericum perforatum	1	22,5

Mel_V - Juillet 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	8,02	15583,68
Lotus corniculatus	6,32	1349,952
Plantago lanceolata	1	720
Malva sylvestris	5,26	294,56
Achillea millefolium	4,78	250,95
Centaurea jacea	7,65	153
Hypericum perforatum	1	19,5

Mel_VI - Juillet 2014		
Espèce	Ipol	Vpol (AbFlo*Ipol)
Vicia villosa	8,02	9925,32
Lotus corniculatus	6,32	1097,152
Plantago lanceolata	1	540
Malva sylvestris	5,26	294,56
Achillea millefolium	4,78	83,65
Hypericum perforatum	1	21

Une chute de leurs abondances florales peut cependant être constatée au mois de juillet (Tableau 15). *Trifolium dubium* n'est plus observé en fleur à cette période. Au contraire, *Lotus corniculatus* voit sa floraison augmenter fortement et dispose d'une forte attractivité (Ipol=6,32).

4. Interprétations et Discussion

4.1. Interprétations des résultats

4.1.1. Réussite des semis

L'objectif de l'implantation d'une végétation semée n'est pas de mettre le milieu sous cloche en cherchant à pérenniser exclusivement cette végétation à long terme. Il s'agit bien d'implanter un couvert homogène et occupant suffisamment l'espace les premières années pour contenir le développement d'espèces adventices à proximité des cultures adjacentes.

- Une levée et un développement réussi :

Les espèces semées ont très majoritairement levé (70 à 85%) et dominent largement sur les espèces spontanées puisqu'elles sont 10 à 20 fois plus représentées en termes de recouvrement. Ces deux critères sont nécessaires pour l'évaluation de la réussite des semis (Hedberg and

Kotowski, 2010). Au vu de ces résultats, **l'implantation des mélanges peut être considérée comme une réussite deux ans après le semis, sur l'ensemble des modalités**. Tous les mélanges répondent favorablement de la même manière. Ce critère de réussite des semis ne distingue donc pas les mélanges.

L'augmentation du recouvrement total des espèces semées entre 2014 et 2015 montre que **la végétation semée s'implante et se développe bien**. Cette augmentation peut s'expliquer soit par reproduction des espèces déjà développées en 2014, soit par germination des graines semées en 2013. Le milieu d'implantation situé sur l'ancienne parcelle cultivée semble donc approprié à l'installation d'un couvert semé deux ans après semis. Le développement de ces espèces reste cependant à suivre dans le temps. Il est encore tôt pour tirer des conclusions quant au caractère pérenne de la végétation semée. Certaines études ont montré un déclin des espèces pérennes semées, au profit des adventices vivaces et annuelles (Smith *et al*., 2010). D'autres, au contraire, montrent un établissement des espèces semées sur le long terme (Lepŝ *et al*., 2007).

4.1.2. Pérennité et recouvrement des adventices

- Des thématiques liées :

Les objectifs d'implantation d'une végétation pérenne et d'une végétation limitant le développement des espèces adventices semblent liés. Les modalités semées répondent en effet de la même manière à ces deux critères, par rapport aux témoins.

- Des différences observables selon les modalités semées :

A l'échelle du dispositif, la végétation de la modalité témoin est dominée majoritairement par les espèces annuelles alors que les vivaces dominent sur les modalités semées. De plus, les recouvrements d'espèces adventices sont en net recul en 2015 sur les modalités semées alors qu'ils augmentent sur les témoins. **Les semis ont donc un effet positif sur la limitation de la flore adventice, quel que soit le mélange implanté**.

Certaines différences sont tout de même relevées :

- La modalité semée III présente à la fois le plus fort pourcentage de recouvrement en espèces adventices et le recouvrement en annuelles le plus faible. Cela vient du fait qu'un certain nombre d'espèces adventices sont des vivaces, comme *Cirsium arvense*. Ainsi, le ratio élevé « *Recouvrement des espèces semées / Recouvrement des espèces spontanées* » n'est un critère valorisant, que s'il est accompagné d'un recouvrement faible d'espèces adventices.

- Les modalités semées II et VI présentent des valeurs faibles pour les deux variables. Elles favorisent à la fois les espèces vivaces, tout en limitant le développement des espèces adventices. L'écart des valeurs avec les autres mélanges reste cependant limité.

- Les modalités semées I et V, à l'inverse, répondent le moins favorablement aux objectifs puisqu'ils présentent le plus fort taux d'annuelles et un recouvrement moyen en adventices.

La proportion graminées/dicotylédones ne semble pas influencer le développement des espèces adventices. Les mélanges IV et V ne se démarquent pas suffisamment l'un de l'autre pour pouvoir déduire un effet quelconque de la prédominance de graminées dans les mélanges.

- Une végétation semée qui colonise le terrain :

Les espèces semées se développent et gagnent du terrain entre 2014 et 2015. Elles sont 15 à 20 fois plus représentées que les espèces spontanées en termes de recouvrement. **Cette colonisation s'effectue à la fois au détriment du sol nu et principalement sur le recouvrement des espèces adventices des cultures** (Figure 12, p.17). Leur développement peut donc être considéré comme bénéfique au regard de ces variables. Les espèces spontanées non adventices subissent également une forte pression sur l'ensemble des modalités. Aucun mélange ne permet le développement de ce type d'espèce au terme des deux ans d'expérimentation.

4.1.3. Diversité de la végétation

- Un effet non favorable des semis :

En ce qui concerne la diversité de la végétation, le semis n'apporte aucune amélioration notable par rapport à la régénération naturelle. Une diminution est observable sur certaines modalités semées, par rapport à la modalité témoin, en ce qui concerne la richesse spécifique et l'équitabilité de Piélou.

- Nécessité d'une étude conjointe des indices :

Premièrement, les richesses spécifiques sont très différentes selon les modalités puisque les mélanges implantés contiennent plus ou moins d'espèces. L'implantation de mélanges simples (I, II, III) limite le nombre d'espèces, qui peut descendre en dessous de 10 par mètre carré, et contribue à simplifier la végétation par rapport aux modalités témoins.

L'étude conjointe des trois variables : richesse spécifique, indice de Shannon et indice de Piélou, amène à des conclusions diverses selon les mélanges. La richesse spécifique des mélanges et leur indice de Piélou semblent suivre une logique inverse. En effet, une richesse spécifique élevée semble correspondre à un indice de Piélou faible. Ainsi, la modalité semée avec le mélange I contient le plus faible nombre d'espèces (28 espèces sur les 9 relevés) mais réparties de façon plus équitable (4 espèces présentent un recouvrement moyen supérieur à 10%) que le mélange VI qui contient un grand nombre d'espèces (41 sur les 9 relevés) mais dominées par un nombre plus faible en proportions (5 espèces présentent un recouvrement moyen supérieur à 10% de reouvrement). Les 5 espèces dominantes sur le mélange VI sont *Festuca rubra, Holcus lanatus, Achillea millefolium, Origanum vulgare* et *Galium verum*. L'indice de diversité de Shannon, prenant en compte ces deux paramètres, évalue le mélange I comme ayant la diversité la plus importante. Cependant, au vu des faibles valeurs obtenues sur l'ensemble des modalités en ce qui concerne l'équitabilité, il est nécessaire de nuancer ces résultats et de considérer les mélanges III, IV et V comme les plus équilibrés entre richesse spécifique et équitabilité.

- Une diminution bénéfique du nombre d'espèces :

D'un point de vue diachronique, la mise en place des semis tend à favoriser la disparition d'espèces les premières années de mise en place. D'après l'étude réalisée par Bokenstrand *et al*., (2004), le semis en bordures extérieures de champs réduit le nombre d'espèces sur plusieurs années. **Ce phénomène, observé entre 2014 et 2015, est plutôt bénéfique puisqu'il peut être expliqué par le non développement de certaines espèces annuelles** de par le couvert pérenne installé (Cordeau, 2010), et l'affaiblissement de la banque de graines la première année de développement. Cette diminution s'effectue majoritairement au profit des espèces semées pour l'ensemble des mélanges (figure 12, p.17). Ce constat est également valable pour le sol nu.

4.1.4. Potentiel pour les pollinisateurs

Pour rappel, l'étude du potentiel pollinifère basée sur la végétation est réalisée à l'aide de l'indicateur spécifique aux bourdons, développé par l'équipe « agriculture durable » de l'INRA de Colmar (Ricou *et al*., 2014) et ne peut donc être généralisée à l'ensemble des insectes pollinisateurs.

- Un potentiel variable selon la période :

Les valeurs prises par l'indice sont les plus élevées au mois de juin, ce qui correspond au pic de floraison de la végétation. Les valeurs diminuent ensuite jusqu'au mois d'août, pour se stabiliser en septembre. La baisse de l'indice des mélanges « simples » au mois de juillet s'explique par le défleurissement des espèces qui les composent.

- Des impacts différents selon les mélanges :

Les mélanges « élaborés » se démarquent des autres modalités par des valeurs plus élevées de l'indice de potentiel pollinifère pour les mois de juin et juillet. Ces résultats sont confirmés par l'étude menée par Carvell *et al*. (2007) montrant que le semis d'un mélange de fleurs sauvages diversifié a pour effet d'attirer les bourdons, surtout tôt dans la saison. Les espèces contenues dans les mélanges élaborés semblent donc bien apporter une plus-value en ce qui concerne les ressources pour les bourdons.

Durant les mois de juin et juillet, les mélanges IV et V sont, d'après l'indicateur, les plus intéressants, surtout par rapport à la modalité témoin. Le mélange V a tendance à être plus attractif que le IV de juin à septembre, bien qu'ils soient composés des mêmes espèces. Ce résultat n'est pas surprenant car la proportion de dicotylédones semées dans le mélange V est de 50%, contre seulement 30% dans le mélange IV. Cette hausse de proportions des espèces fleuries semble donc provoquer une légère augmentation du potentiel pollinifère de la végétation.

Le but étant de conserver, voire de favoriser le potentiel pollinifère des bordures par le semis, les mélanges élaborés IV, V et VI sont à prioriser pour ce qui est de l'apport de ressources aux pollinisateurs.

Ces mélanges ont également la capacité de fournir des ressources tout au long de la saison. En effet, leur potentiel augmente en juin et juillet grâce à la floraison abondante d'espèces à forts potentiels : *Vicia villosa*, *Trifolium dubium* et *Lotus corniculatus*. Ils se stabilisent ensuite aux mois d'août et septembre. Au contraire, les mélanges « simples » ne semblent pas en mesure de fournir des ressources de façon continue puisque leur potentiel chute aux mois de juillet de par le défleurissement précoce de *Medicago lupulina* et *Trifolium dubium*.

4.2. Comparaisons et pistes pour la création de nouveaux mélanges

4.2.1. A l'échelle des mélanges

Afin de synthétiser l'ensemble des résultats obtenus par l'étude des variables et de les combiner, une analyse multicritère a été réalisée (voire Matériels et méthode, p. 13). Ainsi, l'obtention de notes rangées sur une échelle des 0 à 10 par thème d'étude, pour chacun des mélanges, permet d'évaluer les forces et faiblesses des modalités en relation avec les objectifs. Ce type d'agrégation facilite les comparaisons mais doit être interprétée avec précaution puisqu'elle compare également les différences non significatives (Keichinger, 2001). Une représentation

graphique de ces notes (Figure 14) rend compte de la réponse des mélanges testés. Le détail des notations est présenté en Annexes XIII et XIV. La variable « levée des espèces semées » n'a pas été intégrée puisqu'aucune différence significative n'est observable entre les mélanges. La comparaison des critères entre eux doit prendre en considération le fait que le « potentiel pollinifère » soit basé sur la floraison de 2014 alors que l'ensemble des autres variables se base sur les relevés de 2015. Les résultats de cette analyse servent à orienter le choix d'une base de travail pour affiner les mélanges.

Le semis de mélanges a un effet positif vis-à-vis des objectifs du projet par rapport au témoin non semé, et aucun d'eux ne se démarque comme étant inefficace. La figure 19 permet de constater quelques tendances : la constitution des mélanges élaborés favorise davantage la diversité végétale et l'apport de ressources pour les pollinisateurs.

Si l'on considère l'ensemble des objectifs pris en compte, les mélanges IV et II répondent le plus favorablement au terme des deux ans d'expérimentation. Le mélange IV se distingue du mélange II, par sa diversité et son potentiel pollinifère plus importants. Ce mélange répond par ailleurs à l'ensemble des autres critères.

Le mélange I obtient des résultats inférieurs. Cette différence est due à un plus faible intérêt pour les pollinisateurs, ainsi qu'à une proportion de recouvrement d'espèces annuelles plus importante. Le mélange III reste intéressant puisqu'il semble répondre correctement à l'ensemble des critères considérés.

Le mélange V quand à lui obtient la note la plus faible. Cela semble venir de sa capacité plus limitée à contenir le développement des espèces adventices. Ce fort écart entre les mélanges IV et V, pourtant composés des mêmes espèces, est principalement dû à la plus faible limitation des adventices par le mélange V. Les modalités semées avec ce mélange présentent en effet le recouvrement d'adventices moyen le plus élevé.

Ces différences, comme évoqué précédemment, ne permettent pas de différencier significativement les mélanges IV et V sur le critère de limitation des adventices. De plus, le mélange VI présente, tout comme le mélange V, un ratio plus faible en graminées, mais obtient par ailleurs la meilleure note en ce qui concerne la limitation des adventices.

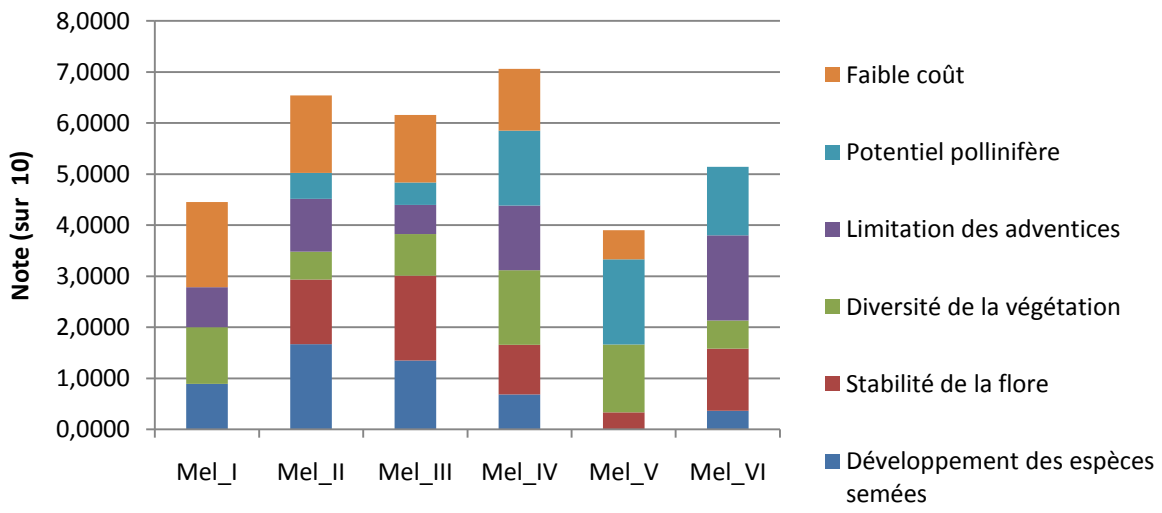


Figure 14 - Réponse des mélanges aux objectifs

Le mélange IV apparait comme le plus équilibré entre tous les objectifs, mais peut être amélioré sous certains aspects. Sa stabilité, par exemple peut être favorisée si l'on compare ses résultats avec ceux du mélange III. La levée des espèces doit également pouvoir être améliorée puisque ce mélange contient des espèces très peu, voir non observées.

La définition de pistes pour l'affinement d'un mélange répondant au mieux à l'ensemble des critères passe donc par une réflexion à l'échelle des espèces.

4.2.2. A l'échelle des espèces semées

Suite aux interprétations tirées de l'étude des critères de réussite, à l'échelle des mélanges, la sélection des espèces est réalisée sur la base de la composition du mélange IV.

- Les espèces à conserver :

Les espèces de la classe « nombre moyen de relevés » (Tableau 4) peuvent impacter fortement le potentiel pollinifère des bordures de chemin. Comme constaté dans la partie résultats, *Vicia villosa* et *Echium vulgare* apportent une forte plus-value aux mélanges en terme de ressources en nectar et pollen pour les bourdons et ce, malgré leur faible occurrence. *Echium vulgare* doit donc être conservé au vue de son bon développement entre 2014 et 2015, mais *Vicia villosa* semble cependant ne pas se maintenir au sein de la végétation. Cela peut venir du fait qu'il s'agisse d'une espèce bisannuelle. Cette espèce est présente par erreur dans les mélanges par confusion avec une espèce vivace du même genre : *Vicia cracca*. Il serait donc intéressant d'intégrer cette espèce aux mélanges, sachant que son indice de pollinisation est similaire à *Vicia villosa* (Ipol=6,62).

Lotus corniculatus et *Plantago lanceolata* sont également intéressant de par la longévité de leur floraison, qui s'étend jusqu'au mois d'août. Ils permettent d'assurer une disponibilité de ressource en pollen et nectar lorsque beaucoup d'espèces ne sont plus en fleurs. *Lotus corniculatus* dispose d'un fort potentiel pour les bourdons (Ipol=6,32). Les deux espèces jouent également un rôle important de couverture du sol.

Galium verum, *Achillea millefolium* et *Centaurea jacea* présentent des potentiels pollinifères élevés pour les bourdons. Leur floraison peut être qualifiée d'abondante en 2015, alors que plus « timide » en 2014. L'occurrence des deux premières espèces diminue très faiblement entre 2014 et 2015 mais reste élevée. La proportion de *Centaurea jacea* dans le mélange (actuellement 1%) pourrait être légèrement augmentée.

Trifolium repens a été observé sur une grande majorité de ses modalités d'implantation (mélanges II et III) et présente un fort potentiel pollinifère. Cette espèce est vivace et plus caractéristique des milieux stables alors que *Trifolium dubium* est une annuelle. Celui-ci joue cependant un rôle bénéfique de couverture du sol la première année de développement. Il est donc imaginable d'inclure à la fois *Trifolium dubium* et *Trifolium repens* pour bénéficier de leur atouts complémentaires.

Hypericum perforatum est fortement représenté sur l'ensemble de ses modalités d'implantation et présente une floraison abondante.

Malva sylvestris a moins été observée en 2014 qu'en 2015 mais sa floraison et tout de même intéressante et durable dans la saison (Ipol = 5,26).

Concernant les graminées, *Arrhenatherum elatius* présente un léger recul en termes d'occurrence entre 2014 et 2015 mais reste bien représenté. Le développement conjoint de cette espèce avec *Festuca rubra*, aux proportions actuelles (respectivement 5% et 40 %), permet

d'assurer une couverture efficace du sol à une hauteur suffisamment limitée pour ne pas restreindre le développement des dicotylédones fleuries et faire office de zone refuge pour la petite faune de plaine (IBIS, 2009).

- Les espèces à écarter :

Le pourcentage d'espèces semées ayant été observé est de 70 à 85% selon les mélanges. Bien que ces chiffres constituent un résultat acceptable, il semble possible de réduire la marge d'échec en identifiant les espèces ne convenant pas à ce type d'implantation. Il est en effet nécessaire de garantir le succès des semis et cette étape peut permettre de réduire les coûts inutiles liés à la présence d'espèce ne levant pas dans les mélanges.

Le semis de certaines espèces peut donc être remis en cause :

- Les résultats observés pour *Poa pratensis* laissent penser que cette espèce était déjà présente sur le site avant la mise en place de l'expérimentation. Il est donc actuellement difficile de savoir si les individus observés sur les modalités testées proviennent des semis ou non.
- *Leontodon automnalis* est également top peu représenté en 2015 pour constituer un réel intérêt au sein du mélange.
- L'absence d'*Anthriscus sylvestris* peut s'expliquer, d'après le semencier, par une germination souvent compliquée.
- *Prunella vulgaris* et *Ranunculus acris* sont présentes régulièrement mais de façon trop ponctuelle, sous ces proportions (1%), pour constituer un réel intérêt pour les pollinisateurs.

- Les pistes pour un futur mélange à tester :

Suite aux interprétations tirées à l'échelle des mélanges et des espèces, des pistes peuvent être données pour la réalisation d'un nouveau mélange. L'analyse de la réponse des mélanges aux objectifs à mis en avant la réussite du mélange IV. Ce dernier peut donc servir de base de travail pour l'élaboration d'un nouveau mélange.

Pour cela, les espèces présentant une bonne occurrence, un bon maintien ou développement et jouant un rôle important dans le potentiel pollinifère pour les bourdons sont conservées. Les espèces décrites dans le paragraphe précédent peuvent, elles, être écartées.

L'étude à l'échelle des espèces conduit donc à la proposition d'une liste d'espèce pouvant constituer un nouveau mélange à tester :

Plantago lanceolata, Achillea millefolium, Trifolium repens, Arrhenaterum elatius, Hypericum perforatum, Echium vulgare, Festuca rubra, Centaurea jacea, Lotus corniculatus, Trifolium dubium, Vicia cracca, Galium verum, Malva sylvestris.

La simplification du mélange aux 13 espèces sélectionnées devrait favoriser une réponse plus favorable au critère de réussite des semis « levée et développement des espèces semées ». La réduction du nombre d'espèces permet également de garantir un faible coût.

La très faible observation de *Poa pratense*, remet en cause les proportions graminées-dicotylédones des mélanges testés. Cette espèce est représentée à hauteur de 30% (mélanges graminées/dicotylédones 70-30%) ou 20% (mélanges graminées/dicotylédones 50-50%) dans les proportions de semis. Ainsi son absence induit que le développement des semis aux proportions 70%-30% (graminées-dicotylédones) soit similaire à celui d'un mélange 65%-35%. Les proportions à prescrire pour la création de prochains mélanges ne devraient donc pas dépasser 65% de graminées, au risque d'étouffer rapidement les autres espèces.

4.3. Limites de la démarche

4.3.1. Biais potentiels dus aux protocoles et à la méthode

4.3.1.1. Utilisation d'indicateur

L'indicateur prédictif est basé sur la composition et l'abondance florale à l'échelle d'une bordure de champs. Son utilisation prévoit initialement la prise en compte de l'ensemble de la végétation fleurie, dicotylédone comme monocotylédone. Ces dernières se voient attribuer la note de 1, valeur la plus faible car très peu attractives, mais pouvant jouer un rôle en périodes de raréfaction des ressources (Ricou *et al*., 2014). Or, les relevés d'inflorescences effectués dans le cadre du présent projet ne prévoient pas le comptage des inflorescences de monocotylédones puisque les protocoles ont été mis au point avant la prise de connaissance de l'indicateur. Le calcul des indices a donc été réalisé sans prise en compte des graminées, ce qui peut créer un biais, bien que ces espèces jouent un rôle mineur dans l'apport de ressources pour les pollinisateurs. La réduction des biais potentiels liés à l'utilisation de cet indicateur passerait donc, dans les prochaines expérimentations, par :

- **la prise en compte de l'ensemble des inflorescences dans les relevés**. L'adaptation n'a pas été réalisable cette année puisque la prise de connaissance de ce critère n'à eu lieu qu'après que les premiers relevés aient été effectués.
- **Le calcul des valeurs de pollinisation des modalités, pour chaque type de pollinisateur**. Cette tache n'a pour l'instant pu être réalisée puisqu'elle implique une phase d'adaptation de l'indicateur spécifique aux papillons. Des compléments d'informations relatifs à l'utilisation de l'indicateur spécifique aux abeilles sont également nécessaires.

4.3.1.2. Variables environnementales

La démarche globale de l'expérimentation vise à étudier l'évolution d'une végétation semée, à plusieurs échelles et en divers lieux. Bien que les dispositifs soient situés sur une même entité géographique (Pays Loire Beauce), des facteurs environnementaux rentrent inévitablement en jeu dans les résultats de l'étude.

Le dispositif « placettes », a pour vocation d'étudier plus finement le développement de la végétation. Il est donc basé sur un seul et même lieu et doit, sur le principe, s'affranchir de l'effet de variables environnementales. Il a cependant été montré par les analyses réalisées en 2014 et 2015, que les variables étudiées peuvent être impactées significativement par le facteur « bloc » désignant les répétitions mises en place. Les modalités sont disposées les unes à la suite des autres sur une longueur totale de 168 mètres. Un gradient de profondeur du sol est observable d'une extrémité à l'autre, la roche étant plus affleurante à l'extrémité sud-ouest du dispositif.

Les autres dispositifs mettent également en évidence le rôle important des variables environnementales dans le développement de la flore. Le dispositif « bordures » met en avant des différences de développement de végétation visible à l'œil nu. Ainsi, les mélanges ne répondent pas de la même manière suivant le lieu d'implantation. Cela ajoute une difficulté quant à la préconisation d'un mélange, même à échelle locale. Les espèces plus généralistes comme *Dactylis glomerata* garantissent une couverture homogène du sol en cas de conditions d'implantation peu favorables (sol sec, caillouteux, compacté…), mais ont tendance à trop dominer en présence de conditions propices (sol frais, riche, profond…). L'élaboration d'un deuxième mélange plus généraliste et compétitif pourrait donc répondre aux besoins d'implantation d'une bordure de chemins en conditions difficiles.

4.3.2. Particularités du milieu agricole

Les mélanges testés dans le cadre de ce projet s'adressent aux acteurs du monde agricole, et plus spécifiquement aux agriculteurs volontaires pour la mise en place de ce type d'aménagement aux abords de leurs parcelles.

- Des pratiques influençant la réussite des semis :

Des observations ont pu être faites, sur le terrain, concernant l'impact de leurs pratiques sur la mise en place et le développement de la végétation :

- Le travail du sol peut être réalisé plus ou moins finement, selon le temps que l'agriculteur estime pouvoir y consacrer.
- Les dérives accidentelles d'herbicides, d'engrais ou encore le passage d'engins sont également susceptibles de se produire sur ces espaces interstitiels

Ces constats ont permis de mettre en avant des particularités sur lesquelles le conseil doit être appuyé. Le succès de l'implantation d'une végétation répondant aux objectifs est soumis à des contraintes bien spécifiques. Le travail du sol est un facteur décisif pour l'implantation des espèces semées. Plus celui-ci est abouti, plus les chances de voir les espèces semées sont fortes. Ainsi, il est conseillé aux agriculteurs de porter l'effort sur ce point lors de la mise en place, pour éviter de devoir effectuer un sur-semis à l'avenir. Le bon développement du couvert favorisera par la suite sa résistance aux perturbations.

- Un fort impact du précédent cultural :

D'autres variables spécifiques au milieu agricole conventionnel entrent en jeux, comme l'impact du précédent cultural sur le développement de la végétation semée. Les analyses de 2014 relatives au dispositif « placette » ont montré un impact majeur des facteurs « ancienne culture » et « ancienne jachère » sur la répartition des espèces.

Un sol laissé inculte durant une longue période est susceptible de contenir un nombre important de semences d'espèces rudérales à conservation longue (Schmiede *et al*., 2009). Une étude d'Asteraki *et al*. (2004) montre que la qualité de la banque de graine du sol influence le développement des espèces lors de la mise en place d'une bordure de champs par semis. L'importance du stock semencier est par ailleurs corrélée négativement à l'application d'herbicides (Leguizamón *et al*., 2001), et au labour régulier du sol (Cardina *et al*., 1991).

La bonne implantation de la végétation semée est favorisée sur des espaces où la banque de graine est très appauvrie. La réalisation d'un ou plusieurs faux-semis en amont de la mise en place favorise donc la bonne implantation des espèces semées.

- Des pratiques d'entretien à orienter :

Pour terminer, les méthodes d'entretien après semis sont également à prendre en considération dans l'évaluation de la végétation. La qualité de la flore ainsi que le matériel à disposition déterminent le type de gestion appliquée. La Beauce n'étant pas une région d'élevage, peu d'agriculteurs bénéficient d'équipement permettant la fauche. Les bordures de chemin sont donc de coutume gérées par broyage. La gestion appliquée sur les dispositifs « bordures » et « placettes » est donc du même type : un broyage annuel, réalisé entre juillet et septembre pour gérer les espèces adventices. Une évolution des pratiques d'entretien est cependant souhaitable lorsque la végétation évolue vers une flore de milieu stable. La fréquence peut être réduite à un broyage tous les deux ans, de préférences entre septembre et avril. Ce type d'entretien sera appliqué dès cette année sur le dispositif « bordures ».

Le développement de certaines espèces adventices très compétitrices peut être limité, mais pas toujours évité (West *et al*., 1997). Le chardon des champs (*Cirsium arvense*) est soumis à destruction par arrêté préfectoral, du 1er mai au 31 octobre, dans le département du Loiret. Sa présence au sein des modalités semées est relativement faible en termes de recouvrement, mais cependant remarquable en terme d'occurrence puisque présent sur l'ensemble des modalités testées, ce qui n'est pas acceptable sans une gestion appropriée. La question du choix de gestion se pose donc dans ce cas, entretien mécanique global sur les bordures problématiques ou désherbage chimique local ? La première solution peut s'avérer bénéfique avant montée à graines des chardons, si la hauteur de coupe de la végétation est suffisamment haute pour ne pas trop nuire aux autres espèces. L'usage localisé d'herbicide foliaire est envisageable mais délicat puisque son application nécessiterai une grande minutie pour éviter la mise à nu du sol et l'implantation d'espèces rudérales. Cela impliquerai pour l'agriculteur de consacrer un temps très important.

4.3.3. Des espèces sauvages mais non locales

L'origine des semences est une question prédominante dans ce projet qui vise à mettre en place une végétation sauvage par semis. L'approvisionnement actuel fournit une garantie sur le caractère certifié de certaines espèces (*Medicago lupulina, Dactylis glomerata, Festuca rubra*…) mais également sur le caractère sauvage de certaines autres. Le fournisseur n'est cependant pas en mesure répondre au critère « local » puisque la grande majorité des semences proviennent du Royaume-Uni, d'Allemagne ou encore de Hongrie. Certaines espèces présentent des différences au niveau morphologique, par rapport aux taxons locaux. La mauve sylvestre semée (*Malva sylvestris*), par exemple, est très différente de celle visible à l'état sauvage en France. D'autres différences, plus subtiles, sont visibles sur des espèces comme le fromental élevé (*Arrhenaterum elatius*), ou encore sur la renoncule acre (*Ranunculus acris*) qui semblent être des sous-espèces non-indigènes.

L'utilisation d'espèces appartenant à des populations locales a pour intérêt à la fois d'établir une végétation qui soit cohérente avec le milieu et les espèces initialement présentes, mais également de favoriser la réussite d'implantation de la végétation (Keller and Kollmann, 1999; Leimu and Fischer, 2008). Une étude de Weißhuhn *et al*. (2012) montre que le caractère local d'une espèce influe positivement sur son développement. A l'échelle des bordures de chemin, ce critère d'approvisionnement en semences pourrait donc influencer positivement l'implantation de la végétation.

Cette volonté se heurte cependant à l'absence de filière de production de semences d'origine locale. Face à cette demande croissante de structures travaillant sur la restauration écologique ou la réhabilitation d'espaces naturels ou semi-naturels dégradés, un projet piloté par la FCBN a vu le jour en 2012. Celui-ci vise à favoriser l'émergence de filières de production de semences d'origine locale garanties par le label « végétal local ». Un cahier des charges précis portant sur la localisation, les techniques de récolte et la multiplication de semences a été établi. Cependant, aucune filière de production n'est encore mise en place sur la région d'origine « bassin parisien sud » définie dans le cadre du projet.

Cet aspect d'approvisionnement en semences sauvages et locales est une préoccupation majeure pour la suite du projet. Ainsi, à court terme, l'accent sera porté sur la provenance des semences utilisées pour les expérimentations futures et les préconisations d'aménagements. Dans un premier temps, il semble possible de regrouper des semences d'origine française, à défaut de correspondre au cahier des charges imposé par le label « végétal local », tout en restant à l'écoute d'opportunités nouvelles.

Conclusion et perspectives

L'implantation des mélanges est une réussite deux ans après le semis. Les résultats obtenus au terme de cette étude ont permis de mettre en évidence l'effet positif du semis des bordures de chemin par rapport à une régénération naturelle de la végétation. Les mélanges répondent à l'objectif de création d'un couvert homogène réduisant efficacement le recouvrement d'espèces adventices aux abords des cultures. Les différences de développement des différents types de mélanges testés ont pu être mises en évidence. Les mélanges intermédiaires en nombre d'espèces (13 à 17), composés d'espèces spécialistes et généralistes sont favorables à la diversité. Les mélanges composés d'une majorité d'espèces spécialistes sont susceptibles de fournir des ressources intéressantes pour les bourdons. Ils limitent également bien les espèces adventices les premières années du semis. Le mélange IV répond à l'ensemble des objectifs fixés. Sa composition a ainsi pu servir de base de réflexion quant à l'élaboration d'un nouveau mélange dont la composition serait garante d'un bon développement des espèces et d'un fort potentiel pollinifère pour les bourdons de mai à septembre.

Un faible nombre d'espèces au sein d'un mélange semble suffire à l'obtention d'un couvert répondant aux objectifs prioritaires : stabiliser la végétation et limiter le développement des adventices. L'ajout de quelques espèces supplémentaires s'avère cependant bénéfique pour le milieu (Woodcock *et al*., 2014). La valorisation des bordures de chemin passe par l'implantation d'espèces présentes de façon disséminée dans le paysage, ayant un faible pouvoir de colonisation naturelle. Cette pratique permet d'« accélérer » la colonisation de ces espèces et de favoriser les interactions des bordures de chemin avec les insectes pollinisateurs ou la faune cynégétique. Un mélange composé d'un nombre limité d'espèces (10 à 13), choisies pour leur capacité à couvrir le sol ou à fournir des ressources pour les pollinisateurs, peut permettre de concilier agronomie et bénéfices pour le milieu.

La prise en considération du volet économique est indispensable. Le nombre limité de taxons et la proportion importante d'espèces peu coûteuses garantit un prix d'achat pouvant être deux fois moins élevé qu'un mélange élaboré (env. 70€/kg pour un mélange très élaboré contre 35€/kg pour un mélange intermédiaire). Cet aspect définit l'acceptabilité des aménageurs. Un faible coût facilite donc la concrétisation de ce type d'aménagement.

Le double rôle de l'association H&T, basé à la fois sur l'expérimentation et le conseil, présente l'avantage de permettre une rapide mise en œuvre des éléments étudiés. Cela implique également d'expérimenter à court ou moyen terme. Le suivi de l'évolution de la végétation en place, les prochaines années, permettra de fournir de nouvelles informations sur l'évolution des mélanges et d'affiner au mieux leur composition. Néanmoins, la priorité est mise sur la nécessité d'agir de façon immédiate. Il est dors et déjà possible de fournir des conseils basés sur les connaissances actuelles. Le but est, en effet, d'éviter la mise en place de végétations déjà connues pour leur intérêt limité, en apportant des préconisations considérant les résultats des deux ans d'étude.

Le projet Agrifaune a permis de démontrer, en seulement deux ans d'expérimentation, que le semis d'espèces sauvages sur les bordures de chemin permet de répondre efficacement aux enjeux agronomiques et écologiques. Une diffusion de ces résultats démonstratifs au monde agricole (agriculteurs, coopératives…) devrait permettre d'impulser de nouveaux projets et de sensibiliser sur les rôles bénéfiques d'une bonne gestion des bordures de chemins à plus long terme.

Bibliographie

ACTA (2011). Mauvaises herbes des cultures (ACTA). 592 p.

Agrifaune (2006). Dossier de presse “Agriculture-Chasse-Faune Sauvage” un partenariat pérenne. 12 p.

Asteraki, E.J., Hart, B.J., Ings, T.C., and Manley, W.J. (2004). Factors influencing the plant and invertebrate diversity of arable field margins. Agric. Ecosyst. Environ. *102*, 219–231.

Baessler, C., and Klotz, S. (2006). Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. Agric. Ecosyst. Environ. *115*, 43–50.

Bassa, M., Boutin, C., Chamorro, L., and Sans, F.X. (2011). Effects of farming management and landscape heterogeneity on plant species composition of Mediterranean field boundaries. Agric. Ecosyst. Environ. *141*, 455–460.

Bokenstrand, A., Lagerlöf, J., and Torstensson, P.R. (2004). Establishment of vegetation in broadened field boundaries in agricultural landscapes. Agric. Ecosyst. Environ. *101*, 21–29.

Le Bris, C., and De Montaigne, A. (2014). Agrifaune Bordures de champs en Beauce : 4 ans d’expérimentation sur les pratiques favorables à la biodiversité en bordures de champs. 50 p.

Bro, E., Millot, F., Delorme, R., Polvé, C., Mangin, E., Godard, A., Tardif, F., Gouache, C., Sion, I., Brault, X., et al. (2013). PeGASE, bilan synthétique d’une étude perdrix grise « population-environnement ». Faune Sauvage 298, 17–48.

Cardina, J., Regnier, E., and Harrison, K. (1991). Long-Term Tillage Effects on Seed Banks in Three Ohio Soils. Weed Sci. *39*, 186–194.

Carvell, C., Meek, W.., Pywell, R.., and Nowakowski, M. (2004). The response of foraging bumblebees to successional change in newly created arable field margins. Biol. Conserv. *118*, 327–339.

Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F., Goulson, D., and Nowakowski, M. (2007). Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. J. Appl. Ecol. *44*, 29–40.

Le Cœur, D., Baudry, J., Burel, F., and Thenail, C. (2002). Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. Agric. Ecosyst. Environ. *89*, 23–40.

Cordeau, S. (2010). Conséquences de la mise en place des bandes enherbées sur l’évolution de la flore adventice. Thèse. Université de Bourgogne - Dijon. 288 p.

Critchley, C.N.R., Fowbert, J.A., Sherwood, A.J., and Pywell, R.F. (2006). Vegetation development of sown grass margins in arable fields under a countrywide agri-environment scheme. Biol. Conserv. *132*, 1–11.

Dramstad, W., and Fry, G. (1995). Foraging activity of bumblebees (Bombus) in relation to flower resources on arable land. Agric. Ecosyst. Environ. *53*, 123–135.

Hedberg, P., and Kotowski, W. (2010). New nature by sowing? The current state of species introduction in grassland restoration, and the road ahead. J. Nat. Conserv. *18*, 304–308.

Hof, A.R., and Bright, P.W. (2010). The impact of grassy field margins on macro-invertebrate abundance in adjacent arable fields. Agric. Ecosyst. Environ. *139*, 280–283.

H&T (2013). Compte rendu d’activités - Valorisation des bords de chemins et des pieds de pylônes par semis de fleurs sauvages. 21 p.

IBIS (2009). Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricole - Espaces de biodiversité - Aménagements. 182p.

Keichinger, O. (2001). Évaluation de l'impact des pratiques agricoles d'exploitation de grandes cultures sur la valeur cynégétique à l'aide d'indicateurs agro-écologiques. Thèse. Institut National Polytechnique de Lorraire. 197p.

Keller, M., and Kollmann, J. (1999). Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. Agric. Ecosyst. Environ. *72*, 87–99.

Kleijn, D., Rundlöf, M., Scheper, J., Smith, H.G., and Tscharntke, T. (2011). Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? Trends Ecol. Evol. *26*, 474–481.

Leguizamón, E., Ferrari, G., and Bocca, S. (2001). Effect of glyphosate on the weed flora of summer crops. Conference proceedings ,Spanish Weed Science Society, pp. 71–76.

Leimu, R., and Fischer, M. (2008). A Meta-Analysis of Local Adaptation in Plants. PLoS ONE *3*, e4010.

Lepŝ, J., Doleẑal, J., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Hedlund, K., Igual Arroyo, M., Jörgensen, H.B., Lawson, C.S., Mortimer, S.R., Peix Geldart, A., et al. (2007). Long-term effectiveness of sowing high and low diversity seed mixtures to enhance plant community development on ex-arable fields. Appl. Veg. Sci. *10*, 97–110.

Van der Maabel, E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio *39*, 97–114.

Marshall, E.J.P. (2004). Agricultural landscapes: field margin habitats and their interaction with crop production. J. Crop Improv. 365–404.

Marshall, E.J.P., and Arnold, G.M. (1995). Factors affecting field weed and field margin flora on a farm in Essex, UK. Landsc. Urban Plan. *31*, 205–216.

Marshall, E.J.P., and Smith, B.. (1987). Field margin flora and fauna: interaction with agriculture. In: J.M. Way and P.W. Greig-Smith (Editors), Field Margins. Br. Crop Prot. Council Monogr. No.35. B.C.P.C., Croydon, Surrey, pp. 23–33.

Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'Energie (2015). Plan National d'Action - France Terre de pollinisateurs pour la préservation des abeilles et insectes pollinisateurs sauvages - Synthèse.

ONCFS (2009). Gestion des bords de champs cultivés, Agriculture, Environnement et Faune sauvage. 24 p.

Persson, T.S. (1995). Management of Roadside Verges: Vegetation Changes and Species Diversity. Thèse. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Environmental Research, Section for Conservation Botany. 31 p.

Petit, S., Thenail, C., Chauvel, B., Le Coeur, D., and Baudry, J. (2008). Les apports de l'écologie du paysage pour comprendre la dynamique de la flore adventice. Innov. Agron. 49–60.

Ricou, C., Schneller, C., Amiaud, B., Plantureux, S., and Bockstaller, C. (2014). A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. Ecol. Indic. *45*, 320–331.

Rivière, L. (2014). Valorisation des bordures de chemins et des pieds de pylones par semis de fleurs sauvages en plaine céréalière, bilan de la première année d'expérimentation. Rapport de stage. Université de Caen - Hommes & Territoires. 49p.

Schabol, J.-R. (1770). Dictionnaire pour la théorie et la pratique du jardinage et de l'agriculture par principes, et démontrées d'après la physique des végétaux (Debure Père). 616 p.

Schmiede, R., Donath, T.W., and Otte, A. (2009). Seed bank development after the restoration of alluvial grassland via transfer of seed-containing plant material. Biol. Conserv. *142*, 404–413.

Smart, S.M., Bunce, R.G.H., Firbank, L.G., and Coward, P. (2002). Do field boundaries act as refugia for grassland plant species diversity in intensively managed agricultural landscapes in Britain? Agric. Ecosyst. Environ. *91*, 73–87.

Smith, H., Feber, R.E., Morecroft, M.D., Taylor, M.E., and Macdonald, D.W. (2010). Short-term successional change does not predict long-term conservation value of managed arable field margins. Biol. Conserv. *143*, 813–822.

Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzon, I., van Doorn, A., de Snoo, G.R., Rakosy, L., and Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. J. Environ. Manage. *91*, 22–46.

Storkey, J., Meyer, S., Still, K.S., and Leuschner, C. (2011). The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. Pro. Royal. Soc. *B 219*: 1421-1429

Tarmi, S., Helenius, J., and Hyvönen, T. (2009). Importance of edaphic, spatial and management factors for plant communities of field boundaries. Agric. Ecosyst. Environ. *131*, 201–206.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. Ecol. Lett. *8*, 857–874.

Weißhuhn, K., Prati, D., Fischer, M., and Auge, H. (2012). Regional adaptation improves the performance of grassland plant communities. Basic Appl. Ecol. *13*, 551–559.

West, T., Marshall, E.J.P., and Arnold, G.M. (1997). Can sown field boundary strips reduce the ingress of aggressive field margin weeds? Brighton Crop Prot. Conf. Weeds Proc. Int. Conf. Brighton UK 985–990.

Westbury, D.B., Woodcock, B.A., Harris, S.J., Brown, V.K., and Potts, S.G. (2008). The effects of seed mix and management on the abundance of desirable and pernicious unsown species in arable buffer strip communities. Weed Res. *48*, 113–123.

Woodcock, B.A., Savage, J., Bullock, J.M., Nowakowski, M., Orr, R., Tallowin, J.R.B., and Pywell, R.F. (2014). Enhancing floral resources for pollinators in productive agricultural grasslands. Biol. Conserv. *171*, 44–51.

Sites internet :

Consultés le 13/08/2015 :

Agreste 2014. Centre.
http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gar14p174-181.pdf
Agreste 2014. GraphAgri Région 2014.
http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gar14p016-033.pdf
Tela Botanica. Les plantes messicoles.
http://www.tela-botanica.org/page:plantes_messicoles_definitions
ONCFS. La perdrix grise.
http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/La-Perdrix-grise-ar452
Atlas des paysages du Loir-et-Cher. La Beauce
http://www.atlasdespaysages.caue41.fr/page1.php?id_chapitre=4

Consulté le 31/08/2015 :

ITSAP. Concilier productions apicoles, service de pollinisation et productions végétales et animales dans le cadre d'un GIEE.
http://www.itsap.asso.fr/downloads/publications/plaquette_giee_juin_2015_web.pdf

ANNEXES

TABLE DES ANNEXES

Annexe I : Présentation de l'association Hommes& Territoires ..... **I**

Annexe II : *Ecobordure, Plaine de Beauce*, un outil de diagnostique agro-écologique des bordures de champs ..... **II**

Annexe III : Logos des 14 partenaires du projet « Valorisation des bordures de chemins et des pieds de pylônes par semis de fleurs sauvages ..... **III**

Annexe IV : Composition des six mélanges testés et proportions graminées / dicotylédones : **..IV**

Annexe V : Schéma et aperçu du dispositif « placettes » ..... **V**

Annexe VI : Schéma et aperçu du dispositif « bordures »..... **VI**

Annexe VII : Coefficients d'abondance dominance de Braun Blanquet ..... **VII**

Annexe VIII : Disposition des relevés sur le dispositif « Bordure » ..... **VIII**

Annexe IX : Disposition des relevés sur le dispositif « Placettes » ..... **IX**

Annexe X : Conversion des coefficients de Braun Blanquet en pourcentage de recouvrement moyen ..... **X**

Annexe XI : Précisions sur le calcul des indices de Shannon et de Piélou..... **XI**

Annexe XII : Recouvrement moyen des espèces adventices sur le dispositif « placettes » en 2014 et 2015 ..... **XII**

Annexe XIII : Résultats de l'analyse multicritères - Tableau de calcul des notations par variables ..... **XIII**

Annexe XIV : Résultats de l'analyse multicritères - Tableau de calcul des notations par critères ..... **XIV**

Annexe XV : Tableau récapitulatif des p-values obtenues par l'analyse diachronique des variables étudiées ..... **XV**

Annexe XVI : Occurrences détaillées des espèces semées par modalité et par année de relevé **.XVI**

Annexe XVII : Résultats de l'analyse de corrélation entre les relevés de bourdons et les valeurs de l'indice pollinifère associé ..... **XVII**

Annexe XVIII : Résultats de l'analyse de corrélation entre les relevés de syrphes et les valeurs de l'indice pollinifère associé ..... **XVIII**

Annexe I : Présentation de l'association Hommes& Territoires

Homme & Territoires est une association loi 1901 agréée au titre de la protection de l'environnement en région Centre-Val de Loire. Créée en 1994 par des agriculteurs chasseurs soucieux de l'impact de leurs pratiques sur la faune sauvage, l'association traite aujourd'hui des thématiques d'agriculture et de biodiversité au sens large.

La diversité d'acteurs impliqués dans son activité lui procure un statut d'intermédiaire entre le monde agricole, de la recherche, de la chasse ou encore de l'enseignement. Il existe deux antennes en région Centre-Val de Loire : Chartes et Orléans. 4 salariés travaillent actuellement pour l'association : un directeur, une chargée d'étude « agroécologie » et deux chargés de missions des « Actions territoriales » et de « Natura 2000 ».

Les diverses actions menées par l'association sont résumées si dessous :

Notre vocation

Rechercher, promouvoir et mettre en place les solutions d'un développement durable pour l'agriculture et les territoires, favorables à la biodiversité sauvage (ordinaire ou remarquable) et de ses habitats.

Des compétences au service des territoires ruraux

- **DES COMPETENCES EN AGRONOMIE ET ECOLOGIE.**
- **DES COMPETENCES NATURALISTES POUR SUIVRE LA BIODIVERSITE SUR LES TERRITOIRES :** flore, avifaune, amphibiens, lépidoptères, odonates, arthropodes, pollinisateurs, chiroptères, vers de terre…
- **DES COMPETENCES POUR CREER DES OUTILS D'EVALUATION ET DE CONSEIL SUR LA BIODIVERSITE** (2 outils développés) :
  - *Diagnostic Biodiversité et pratiques agricoles®.*
  - Indicateur sur la qualité écologique des bordures de champs : *ECOBORDURE, Plaine de Beauce®.*
- **DES COMPETENCES EN ANIMATION D'ACTIONS TERRITORIALES.**
- **DES COMPETENCES EN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**

Des actions vers nos adhérents

- **INFORMATION, FORMATION ACTIONS POUR NOS ADHERENTS (AGRICULTEURS ET DES GESTIONAIRES DE L'ESPACE AGRICOLE ET RURAL) :** Formations, « Flash Biodiversité », fiches techniques, diagnostic-conseil, visites de territoires, Newsletters, organisation de portes ouvertes sur les fermes adhérentes, sorties naturalistes, suivis participatifs de faune et de flore sur les exploitations agricoles…

L'animation d'actions sur les territoires

- **L'ANIMATION DE TROIS SITES NATURA 2000 SUR L'EURE-ET-LOIR ET LE LOIRET (ZSC et ZPS).**
- **L'ANIMATION DE L'ACTION « BIODIVERSITE, AGISSONS ENSEMBLE »** Observatoire territorial des pratiques en lien avec la biodiversité.
- **L'ANIMATION DE L'ACTION BIODIVERSITE DE LA COOP DE BOISSEAUX : Réalisation** d'un diagnostic territorial sur les continuités écologiques, animation de fermes pilotes de démonstration, formation et sensibilisation des agriculteurs.

L'animation de projets en région Centre

- **LA COANIMATION DU PROGRAMME AGRIFAUNE CENTRE**
- **LE PILOTAGE DU PROJET AMBRE « Bordures de Champs : Habitats et continuités écologiques »**

Le transfert de la recherche au développement

- **LA COORDINATION ET LE SUIVI DE PLATEFORME D'ESSAIS** sur les bordures de champs et les pieds de pylônes électrique en régions Centre et Ile-de-France.
- **LE DEVELOPPEMENT ET L'EXPERIMENTATION D'INDICATEURS (Ecobordure, OAB, AUXIMORE…).**
- **LE DEVELOPPEMENT DE DIAGNOSTICS D'EXPLOITATION ET DE TERRITOIRES (IBIS, Biodiversité et Pratiques Agricoles®…).**

Des actions vers le grand public

- **SORTIES SUR LES SITES NATURA 2000, PORTES-OUVERTES A LA FERME, SORTIES NATURALISTES, SUIVIS PARTICIPATIFS DE BIODIVERSITE**

L'implication dans de nombreux projets en faveur de la biodiversité et des continuités écologiques : IBIS « Intégrer la Biodiversité dans les systèmes d'exploitation agricoles », études dans le cadre d'aménagements fonciers ruraux, d'exploitations agricoles, Trames Vertes et Bleues, Groupes techniques AGRIFAUNE…

(H&T)

Le projet Agrifaune « Valorisation des bords de chemin et des pieds de pylônes par semis de fleurs sauvages » s'intègre dans le volet « coordination et suivi de plateforme d'essais ».

Annexe II : *Ecobordure, Plaine de Beauce*, un outil de diagnostique agro-écologique des bordures de champs

Une méthode de diagnostique des bordures de champs a été développée par l'INRA SAD-Paysage de Rennes dans le but d'évaluer simplement leur « qualité écologique ». La première version de l'outil : *Ecobordure, Bocage armoricain* est adapté au contexte bocager.

L'association Hommes et Territoires a réalisé une seconde version l'outil. *Ecobordure, Plaine de Beauce* est adapté au contexte de grandes plaines céréalières du centre de la France.

Objectifs de l'indicateur :

Basé sur la reconnaissance des espèces végétales, l'outil permet de mettre en relation l'« état écologique » des bordures de champs et les pratiques de gestion associées. Il permet la réalisation d'un diagnostique à l'échelle de l'exploitation pour orienter les conseils d'entretien à destination des agriculteurs.

Principe de fonctionnement :

Une liste de 30 espèces indicatrice de l' « état écologique » des bordures de champs a été établie. Leur présence ou absence permet de caractériser les bordures selon trois grands types :

- **Prairiale** : La flore est composée majoritairement d'espèces pérennes, héliophiles. Le milieu est peu perturbé et favorise le maintien d'espèces vivaces, favorables à la petite faune de plaine. Les risques agronomiques sont faibles, les espèces présentes ne se développent pas dans les parcelles cultivées.
- **Lisière** : La flore est composée d'espèces pérennes de mi-ombre. Ce type de bordure permet le maintien d'espèces associées aux milieux ombragés dans les paysages ouverts des plaines céréalières. Elles constituent un abri pour la petite faune et fournissent des ressources complémentaires aux autres milieux pour les pollinisateurs. Les espèce caractéristiques de lisière ne se développent pas dans les parcelles cultivées.
- **Adventice** : La flore est composée d'espèces annuelles et rudérales. Leur cycle de vie court permet leur développement dans les parcelles cultivées et des risques agronomiques liés à leur dispersion sont présents.

Les diagnostique obtenu suite à l'échantillonnage des bordures de l'exploitation et leur caractérisation sur le terrain permet d'orienter les conseils de gestion : adaptation des régimes de broyage/fauche, augmentation de la largeur des bordures, limitation des dérives d'herbicide, etc.

Annexe III : Logos des 14 partenaires du projet « Valorisation des bordures de chemins et des pieds de pylônes par semis de fleurs sauvages

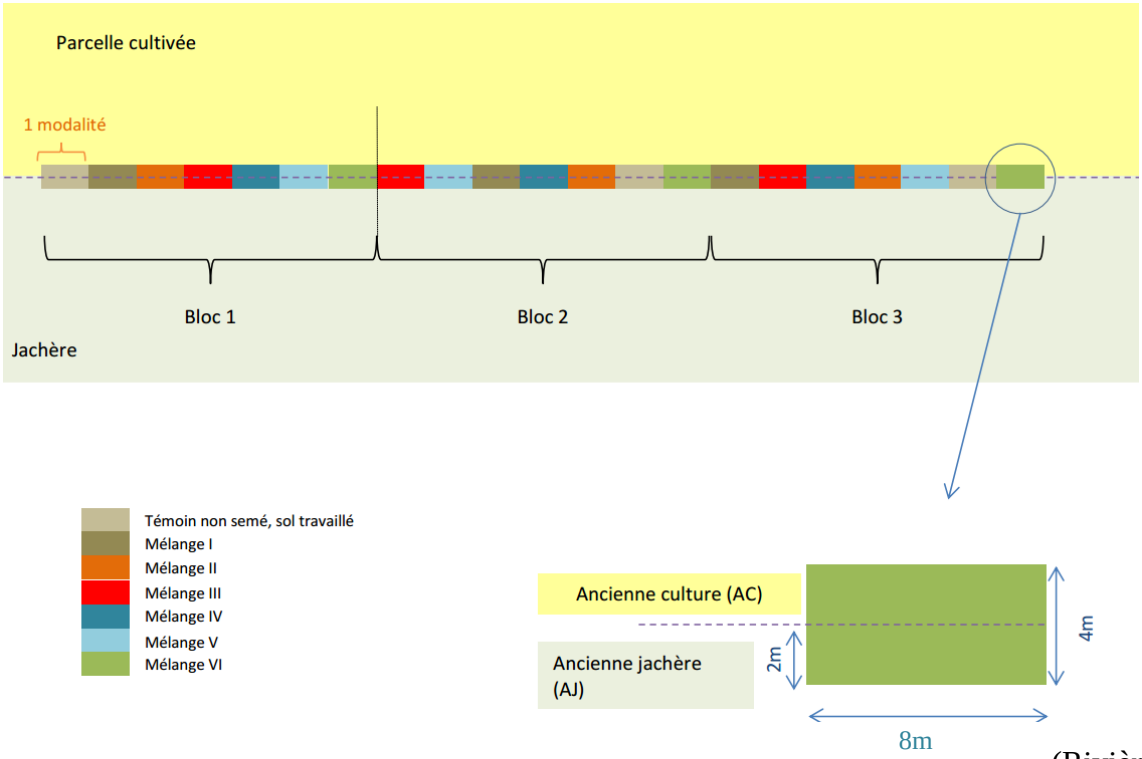
(H&T, 2013)

Structures : Agrifaune, Hommes et Territoires, Chambre d'agriculture du Loiret, CETU Innophyt, Fédération Départementale des Chasseurs du Loiret, Ecobio Rennes, Réseau de Transport d'électicité, Conseil général du Loiret, Nova-Flore, Syngenta, Pays Loire Beauce, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Université François Rabelais de Tours, IRSTEA, LEADER, Fonds Européens Agricole pour le Développement Rural, Région Centre – Val de Loire.

Annexe IV : Composition des six mélanges testés et proportions graminées / dicotylédones :

Nom latin	Nom français	Mél I	Mél II	Mél III	Mél IV	Mél V	Mél VI
Dactylis glomerata	Dactyle aggloméré	1	1	1			
Bellis perennis L.	Pâquerette	1	1	1			
Medicago lupulina L. (A)	Luzerne lupuline	1	1	1			
Plantago lanceolata L.	Plantain lancéolé	1	1	1	1	1	
Poa pratensis	Pâturin des prés	1	1	1	1	1	1
Achillea millefolium L.	Achillée millefeuille	1	1	1	1	1	1
Ranunculus acris L.	Renoncule âcre	1	1	1	1	1	1
Trifolium repens L.	Trèfle rampant		1	1			
Reseda lutea L.	Réséda jaune		1	1			
Arrhenaterum elatius	Fromental élevé		1	1	1	1	1
Malva sylvestris L.	Mauve sauvage		1	1	1	1	1
Anthriscus sylvetris	Cerfeuil sauvage			1	1	1	
Prunella vulgaris L.	Brunelle commune			1	1	1	
Hypericum perforatum L.	Millepertuis perforé			1	1	1	1
Echium vulgare	Vipérine commune			1	1	1	1
Festuca rubra	Fétuque rouge				1	1	1
Centaurea jacea L.	Centaurée jacée				1	1	1
Leontodon autumnalis L.	Liondent d'automne				1	1	1
Lotus corniculatus L.	Lotier corniculé				1	1	1
Trifolium dubium Sibth.	Petit Trèfle jaune				1	1	1
Vicia villosa L.	Vesce velue				1	1	1
Galium verum	Gaillet jaune				1	1	1
Holcus lanatus	Houlque laineuse						1
Eryngium campestre L.	Panicaut des champs						1
Centaurea scabiosa L.	Centaurée scabieuse						1
Knautia arvensis (L.) Coult.	Knautie des champs						1
Origanum vulgare L.	Origan commun						1
Salvia pratensis	Sauge des prés						1
Securigera varia (L.) Lassen	Coronille bigarrée						1
	Nombre d'espèces	7	11	15	17	17	22
	Proportions Graminées/Dicot	70-30	70-30	70-30	70-30	50-50	50-50

Annexe V : Schéma et aperçu du dispositif « placettes »



(Rivière, 2014)

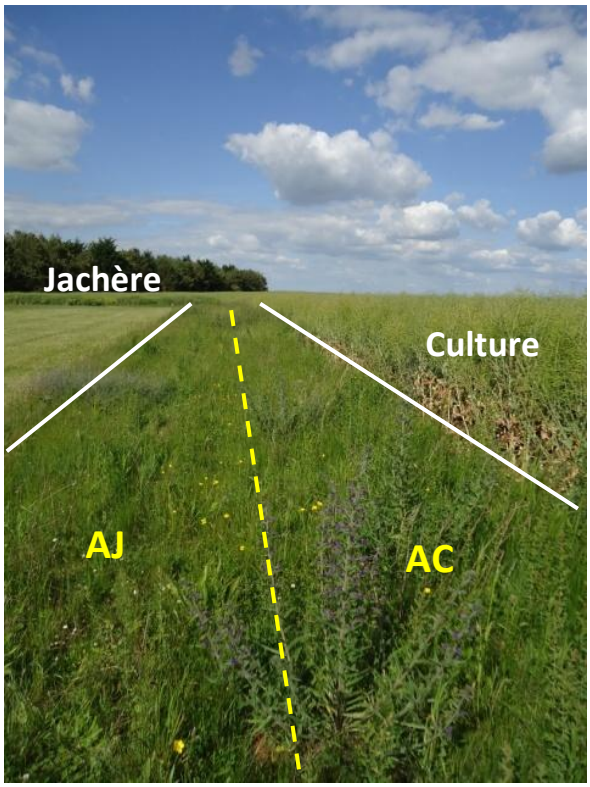
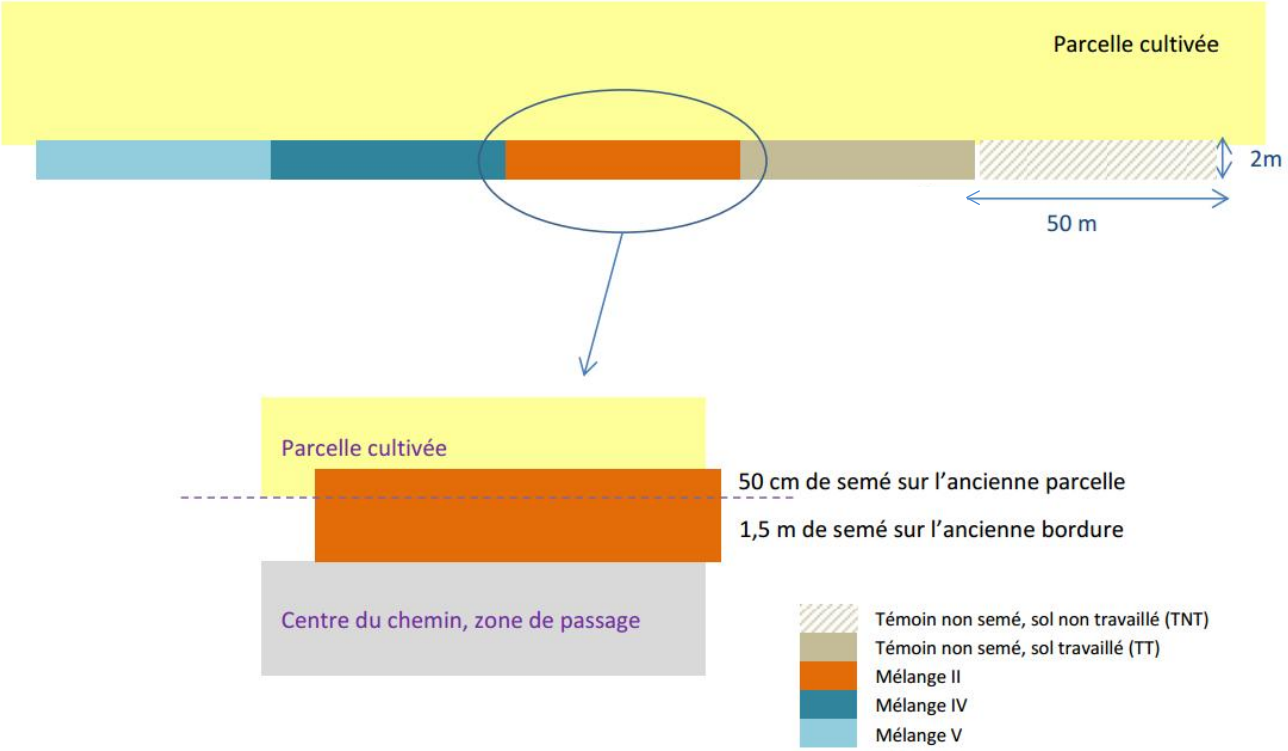


Photo : V. Cabon

Annexe VI : Schéma et aperçu du dispositif « bordures »



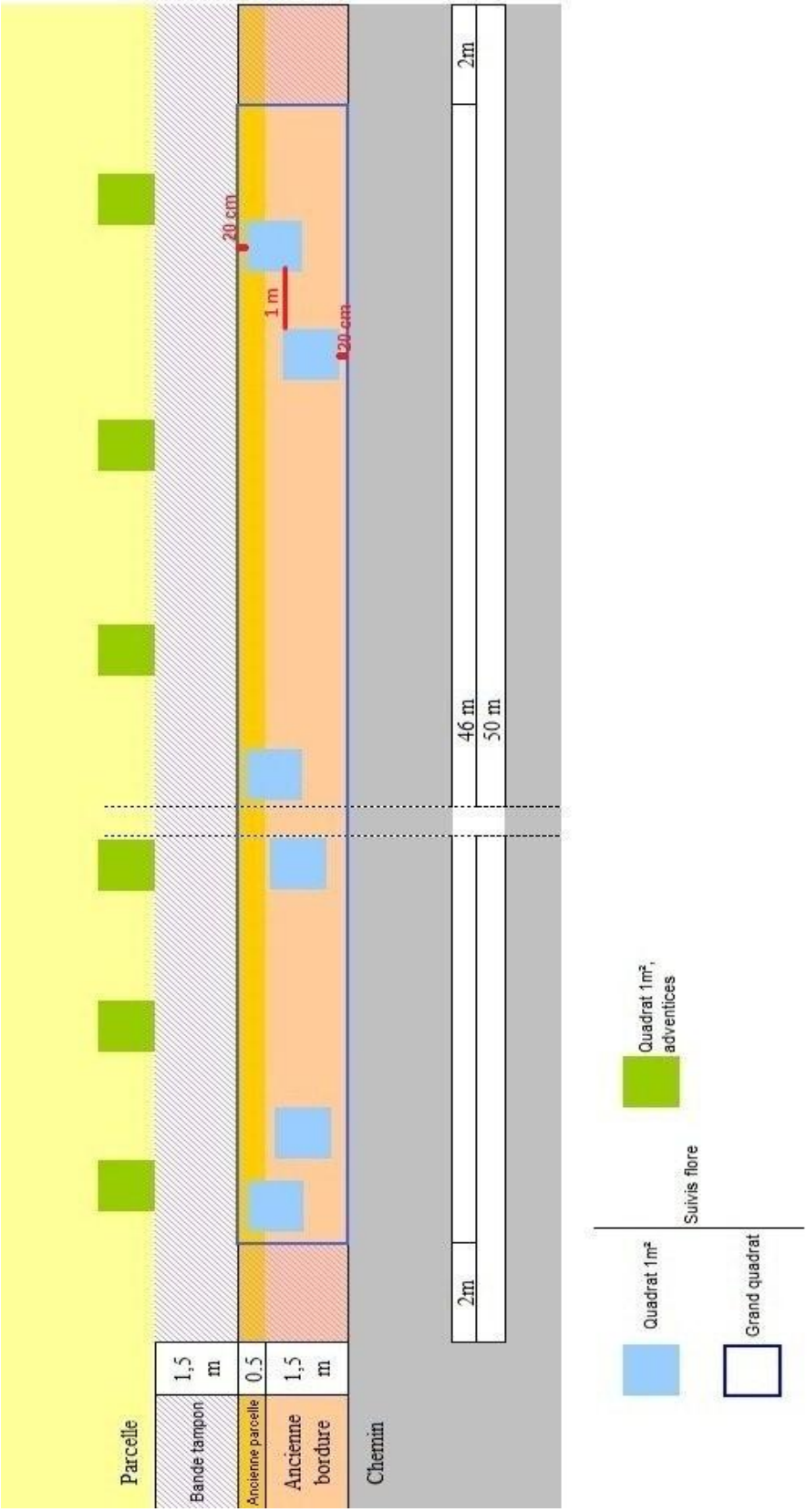
(Rivière, 2014)

Photo : V. Cabon

Annexe VII : Coefficients d’abondance dominance de Braun Blanquet

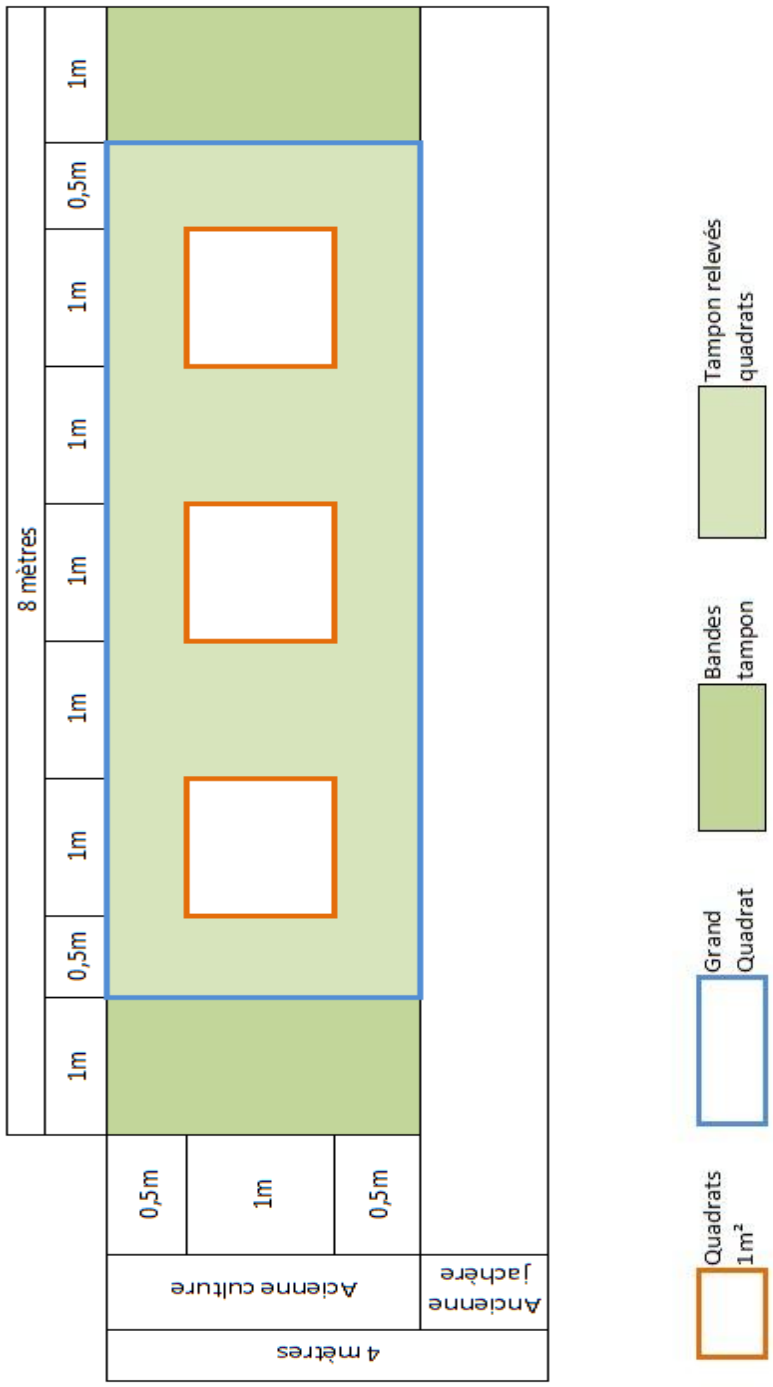
Recouvrement observé	Coefficients de Braun-Blanquet
1 individu dont le recouvrement est inférieur à 1% de la surface totale	i
Rares individus dont le recouvrement total est inférieur à 1% de la surface totale	+
individus assez abondants dont le recouvrement total est compris entre 1 et 5% de la surface totale	1
individus très abondants dont le recouvrement total est compris entre 5 et 25% de la surface totale	2
Nombre quelconque d'individus dont le recouvrmeent est compris entre 25 et 50% de la surface totale	3
Nombre quelconque d'individus dont le recouvrement est compris entre 50 et 75% de la surface totale	4
Nombre quelconque d'individus dont le recouvrement est compris entre 75 et 100% de la surface totale	5

Annexe VIII : Disposition des relevés sur le dispositif « Bordure »



(Rivière, 2014)

Annexe IX : Disposition des relevés sur le dispositif « Placettes »



Annexe X : Conversion des coefficients de Braun Blanquet en pourcentage de recouvrement moyen

Coefficient de Braun Blanquet	Pourcentage de recouvrement associé
i	0,05
+	1
1	2,75
2	17,5
3	37,5
4	62,5
5	87,5

Annexe XI : Précisions sur le calcul des indices de Shannon et de Piélou

L'indice de **diversité de Shannon-Weaver** prend en compte la richesse spécifique et les proportions de recouvrement de chaque espèce. Un chiffre proche de 0 indique un faible nombre d'espèces et une végétation dominée par une ou deux espèces en termes de recouvrement. Au contraire, une valeur élevée indique l'équi-répartition d'un grand nombre d'espèces. L'indice de diversité de Shannon est calculé à l'aide du package « vegan » sur le logicel R version 3.2.0.

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi.\log_2 Pi \qquad \text{avec} \qquad Pi = n_i/N$$

H' = Indice de diversité de Shannon-Weaver
n_i = Nombre d'individus de l'espèce i
N = Nombre total d'individus

L'indice d'**équitabilité de Piélou** renseigne sur les proportions relatives des espèces. L'indice se situe entre 0 et 1. Une note proche de 1 indique que les espèces sont réparties équitablement en termes de recouvrement. Une note proche de 0 indique que le recouvrement de la végétation est dominé par une seule espèce. Cet indice est couplé à l'utilisation de l'indice de Shannon. Les informations qu'apportent ces deux indices sont en effet complémentaires.

$$J' = H'/H'max \qquad \text{avec} \qquad H'max = \log S$$

J' = *Indice d'équitabilité de Piélou*
S = *Nombre total d'espèces de l'échantillon*

Annexe XII : Recouvrement moyen des espèces adventices sur le dispositif « placettes » en 2014 et 2015

Classement réalisé par le tri (ordre décroissant) du produit de l'occurrence par la moyenne des recouvrements en 2014 et 2015

			Témoin		Mel_I		Mel_II		Mel_III		Mel_IV		Mel_V		Mel_VI	
Nom scientifique	Nom français	cycle														
			2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Vulpia myuros (L.) C.C.Gmel.	*Vulpie queue-de-rat*	Annuelle	13,5	6,11	7,36	0,42	6,03	0,01	13,1	0,72	15,1	0,22	9,11	0,72	4,19	0,00
Vulpia bromoides	*Vulpie faux brome*	Annuelle	2,17	31,4	1,33	0,53	1,25	2,97	0,53	0,75	0,72	1,56	3,19	2,97	1,25	0,72
Crepis capillaris	*Crépide capillaire*	Annuelle	7,78	12,8	0,23	0,64	0,13	0,44	0,01	0,57	0,54	0,45	0,45	0,64	2,37	0,44
Convolvulus arvensis L.	*Liseron des champs*	Vivace	3,00	3,50	0,33	0,42	1,14	0,44	1,56	1,67	2,59	1,25	0,95	0,42	0,64	0,94
Poa trivialis L.	*Pâturin commun*	Vivace	2,47	6,97	0,86	0,45	0,89	0,61	0,44	0,33	2,47	0,34	0,94	0,01	1,03	0,22
Cerastium glomeratum Thuill.	*Céraiste aggloméré*	Annuelle	4,50	1,26	0,86	0,01	0,98	0,13	0,87	0,12	0,78	0,00	0,97	0,11	0,56	0,00
Veronica arvensis L.	*Véronique des champs*	Annuelle	1,36	0,35	0,97	2,17	1,06	0,44	1,47	0,23	1,28	0,00	1,67	0,01	0,97	0,00
Cirsium arvense (L.) Scop.	*Cirse des champs*	Vivace	0,11	0,23	0,24	0,36	0,72	0,53	0,23	2,26	0,01	0,01	0,01	1,94	0,12	0,23
Poa annua L.	*Pâturin annuel*	Annuelle	2,69	0,12	0,75	0,00	1,28	0,01	0,97	0,00	1,25	0,00	1,26	0,22	0,56	0,00
Senecio vulgaris L.	*Séneçon commun*	Annuelle	4,72	0,00	0,86	0,00	0,87	0,00	1,06	0,00	1,06	0,00	1,03	0,00	1,03	0,00
Bromus hordeaceus L. (vraie)	*Brome mou*	Annuelle	0,31	1,17	0,22	0,22	0,11	0,22	0,42	0,22	0,12	0,01	1,06	0,84	0,00	0,31
Anagallis arvensis L.	*Mouron rouge*	Annuelle	2,68	0,00	0,75	0,00	0,64	0,00	0,53	0,00	1,03	0,00	1,03	0,00	1,25	0,00
Cerastium fontanum Baumg.	*Céraiste commune*	Vivace	0,42	0,92	0,00	0,11	0,44	0,22	0,12	0,01	0,00	0,11	0,23	0,23	0,33	0,42
Papaver rhoeas L.	*Coquelicot*	Annuelle	1,94	0,00	0,42	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,12	0,00
Geranium dissectum L.	*Géranium découpé*	Annuelle	0,61	0,43	0,11	0,33	0,33	0,01	0,00	0,01	0,11	0,23	0,23	0,12	0,11	0,02
Crepis setosa Haller f.	*Crépide fétide*	Annuelle	2,86	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,12	0,00	0,32	0,00	0,12	0,00	0,64	0,00
Lolium perenne L.	*Ray-grass commun*	Vivace	1,03	0,11	0,33	0,01	0,00	0,11	0,01	0,01	0,34	0,00	1,06	0,00	0,75	0,00
Taraxacum st. Ruder.	*Pissenlit dent de lion*	Vivace	0,34	0,00	0,23	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	1,03	0,00
Veronica persica Poir.	*Véronique de Perse*	Annuelle	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,33	0,00	2,06	0,00
Daucus carota L.	*Carotte sauvage*	Bisannuelle	2,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Ventenata dubia	*Ventenate douteuse*	Annuelle	0,00	0,00	0,23	0,00	0,12	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00
Anagallis foemina Mill.	*Mouron bleu*	Annuelle	2,67	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.	*Arabette de Thalius*	Annuelle	0,00	0,00	0,01	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
Bromus sterilis L.	*Brome stérile*	Annuelle	0,11	0,01	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00
Lolium multiflorum Lam.	*Ray-grass d'Italie*	Bisannuelle	0,00	0,11	0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00
Geranium pusillum L.	*Géranium fluet*	Annuelle	0,00	0,54	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Matricaria perforata Mérat	*Matricaire inodore*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Myosotis arvensis Hill	*Myosotis des champs*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,01	0,31	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equisetum arvense	*Prêle des champs*	Vivace	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00
Silene latifolia Poir.	*Compagnon blanc*	Bisannuelle	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odontites vernus (Bellardi).	*Euphraise de printemps*	Annuelle	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	*Cirse commun*	Bisannuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Erodium cicutarium (L.) L'Her.	*Érodium à feuilles de Ciguë*	Bisannuelle	0,11	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lactuca serriola L.	*Laitue scariole*	Bisannuelle	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Veronica hederifolia L.	*Véronique à feuilles de lierre*	Annuelle	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Petroselinum segetum	*Berle des blés*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Torilis arvensis (Huds.) Link	*Torilis des champs*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Apera spica-venti (L.) P.Beauv.	*Agrostide épi-du-vent*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fallopia convolvulus (L.) A.Love	*Renouée faux Liseron*	Annuelle	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agrostis stolonifera L.	*Agrostide stolonifère*	Vivace	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alopecurus myosuroides Huds.	*Vulpin des champs*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anthriscus caucalis M.Bieb.	*Anthrisque commun*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chenopodium album L.	*Chénopode blanc*	Annuelle	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Galium aparine (Groupe)	*Gaillet gratteron*	Annuelle	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Matricaria discoidea DC.	*Matricaire odorante*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nigella damascena	*Nigelle de Damas*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Veronica polita Fr.	*Véronique luisante*	Annuelle	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Viola arvensis Murray	*Pensée des champs*	Annuelle	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vulpia unilateralis	*Vulpie unilatérale*	Vivace	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Lapsana communis L.	*Lampsane commune*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Aphanes arvensis	*Alchémille des champs*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Centaurea cyanus L.	*Bleuet*	Annuelle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chenopodium vulvaria L.	*Chénopode fétide*	Annuelle	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Geranium molle L.	*Géranium mou*	Annuelle	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kickxia spuria (L.) Dumort.	*Linaire bâtarde*	Annuelle	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Espèces présentes en 2014, non observées en 2015

Espèces absentes en 2014, apparues en 2015

Espèces présentes en 2014 ainsi qu'en 2015

Rec=0 | 0 < Rec < 1 | 1 < Rec < 4 | 4 < Rec < 10

Rev > 10

Annexe XIII : Résultats de l'analyse multicritères - Tableau de calcul des notations par variables

	Melange_I		Melange_II		Melange_III		Melange_IV		Melange_V		Melange_VI	
Variables	**moyenne des valeurs**	**Notation**	**moyenne des valeurs**	**Notation**	**moyenne des valeurs**	**Notation**	**moyenne des valeurs**	**Notation**	**moyenne des valeurs**	**Notation**	**moyenne des valeurs**	**Notation**
Nombre d'espèces semées observées / Nombre d'espèces semées	0,81	10,00	0,73	0,00	0,73	0,65	0,76	4,55	0,78	6,93	0,77	5,53
Recouvrement des espèces semées / Recouvrement des espèces spontanées	21,88	5,33	31,18	10,00	27,34	8,07	19,42	4,10	11,27	0,00	15,64	2,20
Recouvrement des annuelles / Recouvrement des vivaces	0,26	0,00	0,11	7,61	0,06	10,00	0,15	5,83	0,22	2,00	0,12	7,28
Richesse spécifique	12,00	0,00	13,11	1,67	15,56	5,33	17,67	8,50	17,67	8,50	18,67	10,00
Indice de Shannon	0,78	10,00	0,62	4,89	0,62	4,79	0,73	8,32	0,65	5,64	0,47	0,00
Equitabilite de Piélou	0,26	10,00	0,22	3,27	0,23	4,55	0,26	9,45	0,26	9,82	0,20	0,00
Recouvrement des espèces adventices	5,77	5,92	6,16	5,24	7,12	3,56	4,18	8,70	9,14	0,00	3,44	10,00
Recouvrement du sol	8,78	3,48	6,89	7,17	8,89	3,26	7,22	6,52	10,56	0,00	5,44	10,00
Potentiel pollinifère	4,02	0,00	4,62	3,05	4,54	2,63	5,74	8,80	5,98	10,00	5,59	8,04
Coût (€/kg)	26,00	10,00	30,00	9,09	35,00	7,95	38,00	7,27	55,00	3,41	70,00	0,00

L'ajustement des notes intermédiaires est calculé par la formule : 10 x ((V-Vmin)/(Vmax-Vmin))

Annexe XIV : Résultats de l'analyse multicritères - Tableau de calcul des notations par critères

Critères	pondération	Sous-critères	pondération	Mel_I		Mel_II		Mel_III		Mel_IV		Mel_V		Mel_VI	
				Brute	Pondéré	Brute	Pondéré	Brute	Pondéré	Brute	Pondéré	Brute	Pondéré	Brute	Pondéré
Développement	16,7	Développement de la végétation semée	100,0	5,3	5,3	10,0	10,0	8,1	8,1	4,1	4,1	0,0	0,0	2,2	2,2
		Total du critère			5,3		10,0		8,1		4,1		0,0		2,2
		Total pondéré du critère			0,9		1,7		1,3		0,7		0,0		0,4
Stabilité	16,7	Pérennité de la végétation	100,0	0,0	0,0	7,6	7,6	10,0	10,0	5,8	5,8	2,0	2,0	7,3	7,3
		Total du critère			0,0		7,6		10,0		5,8		2,0		7,3
		Total pondéré du critère			0,0		1,3		1,7		1,0		0,3		1,2
Diversité	16,7	Richesse spécifique	33,3	0,0	0,0	1,7	0,6	5,3	1,8	8,5	2,8	8,5	2,8	10,0	3,3
		Equitabilité de Piélou	33,3	10,0	3,3	3,3	1,1	4,5	1,5	9,5	3,2	9,8	3,3	0,0	0,0
		Diversité de Shannon	33,3	10,0	3,3	4,9	1,6	4,8	1,6	8,3	2,8	5,6	1,9	0,0	0,0
		Total du critère			6,7		3,3		4,9		8,8		8,0		3,3
		Total pondéré du critère			1,1		0,5		0,8		1,5		1,3		0,6
Limitation des adventices	16,7	Recouvrement des espèces adventices	50,0	5,9	3,0	5,2	2,6	3,6	1,8	8,7	4,4	0,0	0,0	10,0	5,0
		Recouvrement du sol nu	50,0	3,5	1,7	7,2	3,6	3,3	1,6	6,5	3,3	0,0	0,0	10,0	5,0
		Total du critère			4,7		6,2		3,4		7,6		0,0		10,0
		Total pondéré du critère			0,8		1,0		0,6		1,3		0,0		1,7
Potentiel pollinifère	16,7	Valeurs de l'indice (à N+1)	100,0	0,0	0,0	3,0	3,0	2,6	2,6	8,8	8,8	10,0	10,0	8,0	8,0
		Total du critère			0,0		3,0		2,6		8,8		10,0		8,0
		Total pondéré du critère			0,0		0,5		0,4		1,5		1,7		1,3
Faible coût	16,7	Prix au kilo	100,0	10,0	10,0	9,1	9,1	8,0	8,0	7,3	7,3	3,4	3,4	0,0	0,0
		Total du critère			10,0		9,1		8,0		7,3		3,4		0,0
		Total pondéré du critère			1,7		1,5		1,3		1,2		0,6		0,0
Total général					**4,4**		**6,5**		**6,2**		**7,1**		**3,9**		**5,1**

Annexe XV : Tableau récapitulatif des p-values obtenues par l'analyse diachronique des variables étudiées

			Nb d'espèces semées observées/ Nb d'espèces semées	Richesse spécifique	Indice de Shannon	Equitabilite de Piélou	Rec des annuelles / Rec des vivaces	Rec des espèces semées / Rec des espèces spontanées	Rec des adventices	Rec sol nu
Temoin	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0	0,338	0,108	0,287	0,002	0	0,966	0,292
		Barlett - bloc	x	0,068	0,217	0,328	0,013	x	0,152	0,423
		Bartlett - Année	x	0,365	0,529	0,295	0,004	x	0,29	0,648
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	x	0	0,004	0,016	x	x	0,028	0,058
		facteur Année	x	0,05	0,07	0,189	x	x	0,392	0
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	1	x	x	x	0,121	1	x	x
		facteur Année	1	x	x	x	0,061	1	x	x
Mel_I	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0	0,932	0,418	0,772	0,745	0,001	0,142	0,01
		Barlett - bloc	0.787	0,284	0,471	0,375	0,051	0,021	0,114	0,314
		Bartlett - Année	1	0,818	0,451	0,439	0,644	0,091	0,666	0,473
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	x	0,044	0,771	0,902	0,282	x	0,123	x
		facteur Année	x	0,005	0,074	0,01	0,162	x	0,006	x
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	0.526	x	x	x	x	0,201	x	0,444
		facteur Année	0.643	x	x	x	x	0,139	x	0,296
Mel_II	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0	0,125	0,842	0	0,121	0,027	0,119	0,625
		Barlett - bloc	0.787	0,732	0,429	0,088	0,206	0,038	0,012	0,126
		Bartlett - Année	1	0,918	0,007	0,009	0,219	0,258	0,329	0,78
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	x	0,138	x	x	0,043	0,027	0	0,705
		facteur Année	x	0	x	x	0,007	0,02	0	0,022
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	0.464	x	0,093	0,132	x	x	x	x
		facteur Année	0.537	x	0,037	0,023	x	x	x	x
Mel_III	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0,456	0	0,879	0,992	0.208	0,05	0,119	0,404
		Barlett - bloc	0,787	0,258	0,212	0,03	0.552	0,017	0,012	0,696
		Bartlett - Année	1	0,509	0,475	0,668	0.04	0,167	0,329	0,549
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	0,5	x	0	0	0,057	0,032	0	0,073
		facteur Année	0,184	x	0	0	0	0,042	0	0,042
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	x	0,846	x	x	x	x	x	x
		facteur Année	x	0,071	x	x	x	x	x	x
Mel_IV	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0.456	0,116	0,055	0,059	0,179	0	0,002	0,249
		Barlett - bloc	0.787	0,326	0,324	0,453	0,991	0,009	0,018	0,124
		Bartlett - Année	1	0,507	0,101	0,52	0,491	0,034	0,06	0,041
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	0.522	0,903	0,003	0,012	0,191	x	x	0,036
		facteur Année	0.423	0,026	0	0	0	x	x	0
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	x	x	x	x	x	0,382	0,669	x
		facteur Année	x	x	x	x	x	0,028	0,004	x
Mel_V	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0.623	0,342	0,867	0,661	0,317	0,064	0,122	0,088
		Barlett - bloc	0.773	0,956	0,426	0,362	0,254	0,175	0,012	0
		Bartlett - Année	1	0,659	0,153	0,711	0,707	0,025	0,428	0,044
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	0.251	0,217	0	0,002	0,229	0,018	0,146	x
		facteur Année	0.136	0	0	0	0	0,001	0,013	x
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	x	x	x	x	x	x	x	0,164
		facteur Année	x	x	x	x	x	x	x	0,234
Mel_VI	Tests Préliminaires	Shapiro-Wilk	0	0,557	0,025	0,124	0,001	0,341	0,04	0,041
		Barlett - bloc	0.558	0,363	0,713	0,887	0,026	0,013	0,125	0,721
		Bartlett - Année	1	0,793	0,939	0,974	0,561	0,003	0,001	0,264
	ANOVA 2 facteurs	facteur Bloc	x	0,828	0,439	0,845	x	x	x	0,362
		facteur Année	x	0	0	0,005	x	x	x	0,118
	Scheirer-Hare	facteur Bloc	0.882	x	x	x	0,454	0,826	0,637	x
		facteur Année	0.165	x	x	x	0,019	0,006	0,004	x

Une cellule rouge désigne un effet non-significatif (p-value>0,05) du facteur « bloc » ou « année ». Une cellule verte désigne un effet significatif (p-value<0,05).

Annexe XVI : Occurrences détaillées des espèces semées par modalité et par année de relevé

	Témoin		Mélange_I		Mélange_II		Mélange_III		Mélange_IV		Mélange_V		Mélange_VI	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Dactylis glomerata	3	3	9	9	9	9	9	9	1	2	0	0	0	0
Bellis perennis	3	5	9	9	9	9	9	8	1	0	2	2	2	0
Medicago lupulina	0	1	9	9	8	8	7	7	0	0	0	0	1	0
Plantago lanceolata	4	4	9	9	9	6	8	5	9	9	9	9	9	9
Poa pratensis	1	1	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0
Achillea millefolium	3	1	9	6	6	8	9	7	9	9	9	9	9	9
Ranunculus acris	0	0	1	8	2	5	3	4	8	7	9	8	8	9
Trifolium repens	0	0	1	4	9	9	7	8	0	0	0	0	1	0
Reseda lutea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arrhenatherum elatius	0	0	0	0	8	8	7	7	9	9	7	7	6	4
Malva sylvestris	0	0	0	0	7	6	7	6	4	4	8	2	9	6
Anthriscus sylvestris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunella vulgaris	0	0	0	0	0	0	6	6	9	7	0	0	0	0
Hypericum perforatum	1	0	0	0	0	0	8	9	9	9	8	9	9	9
Echium vulgare	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	4	0	3
Festuca rubra	1	3	1	0	2	0	1	0	9	9	9	9	9	9
Centaurea jacea	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	7	9	7	7
Leontodon autumnalis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2	0
Lotus corniculatus	0	0	0	0	0	0	1	0	7	7	9	8	6	6
Trifolium dubium	1	2	0	0	0	0	0	0	8	7	9	9	9	9
Vicia villosa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	6	3	4	2
Galium verum	1	1	0	0	0	0	0	1	9	9	9	9	9	8
Holcus lanatus	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	9	9
Eryngium campestre	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Centaurea scabiosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Knautia arvensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6
Origanum vulgare	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9
Salvia pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Securigera varia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Plantago media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Espèces semées non observées

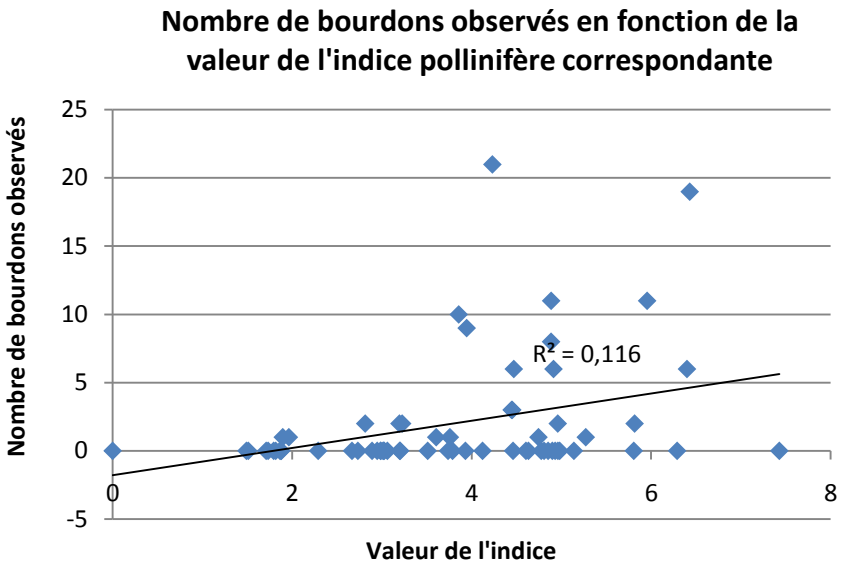
Espèce semées présentes dans 1 à 3 relevés sur 9

Espèces semées présentes dans 4 à 6 relevés sur 9

Espèces non semées

Espèces semées présentes dans 7 à 9 relevés sur 9

Annexe XVII : Résultats de l'analyse de corrélation entre les relevés de bourdons et les valeurs de l'indice pollinifère associé



La corrélation est calculée à l'aide du logiciel R version 3.2.0.

La normalité des variable est évaluée graphiquement à l'aide des fonctions « hist » et « qqnorm ».

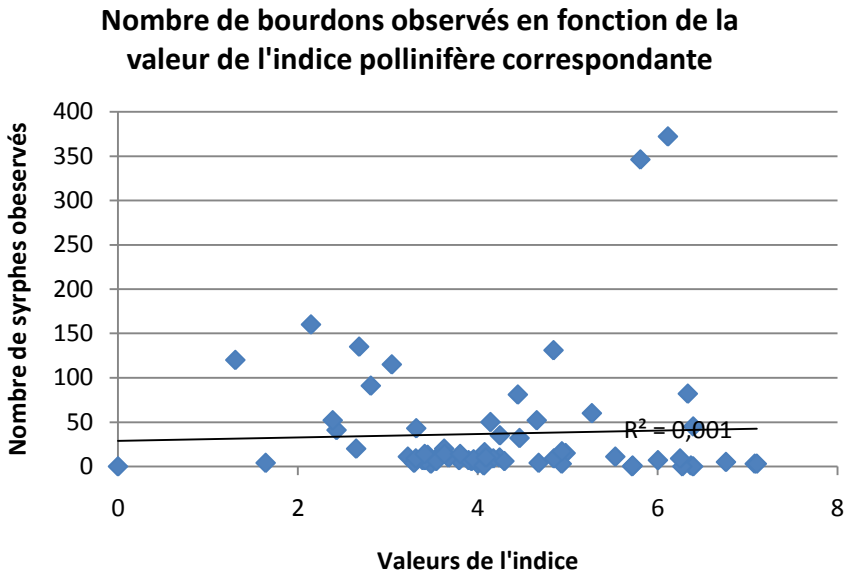
La variables « Nbre_Syrphes » n'étant pas distribuée normalement, le test de corrélation non paramétrique de Spearman est effectué.

<u>Résultats :</u>

```
        Spearman's rank correlation rho
data:  Vpol_Bourdons and Nbre_Bourdons
S = 29564, p-value = 0.003824
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho = 0.3539292
```

Le coefficient obtenu est positif et significatif (p-value<0,05). Il y a donc bien une relation positive entre le nombre de bourdons relevés et les valeurs de l'indice pollinifère calculé pour les modalités du dispositif « bordures ».

Annexe XVIII : Résultats de l'analyse de corrélation entre les relevés de syrphes et les valeurs de l'indice pollinifère associé



La corrélation est calculée à l'aide du logiciel R version 3.2.0.

La normalité des variable est évaluée graphiquement à l'aide des fonctions « hist » et « qqnorm ».

La variables « Nbre_Syrphes » n'étant pas distribuée normalement, le test de corrélation non paramétrique de Spearman est effectué.

<u>Résultats :</u>

```
        Spearman's rank correlation rho
data:  Vpol_Syrphes and Nbre_Syrphes
S =55300, p-value = 0.09559
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho = -0.2084875
```

Le coefficient obtenu n'est pas significatif (p-value<0,05). Il n'y a donc pas de relation entre le nombre de syrphes relevés et les valeurs de l'indice pollinifère calculé pour les modalités du dispositif « bordures ».

	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : Génie de l'environnement Spécialisation / PAM-EQ Enseignant référent : Didier Le Coeur

Auteur(s) : Valentin Cabon Date de naissance* : 07/05/1992	Organisme d'accueil : Association Hommes et Territoires Adresse : Cité de l'agriculture – 13 avenue des droits de l'Homme – 45000 Orléans Maîtres de stage : Caroline Le Bris Lucie Rivière
Nb pages : 66 Annexe(s) : 18	
Année de soutenance : 2015	

Titre français : Valorisation des bordures de chemin par semis de fleurs sauvages : résultats de deux ans d'expérimentation en plaine céréalière

Titre anglais: Enhancement of path margins by sowing wildflowers: results of a two years experiment in cereal plain.

Résumé :

Les bordures « extérieures » de champs représentent une part importante des éléments semi-naturels des paysages de plaines céréalières. Ces espaces refuges pour la faune et la flore sont parfois dégradés. Un projet Agrifaune lancé en 2012 par l'association Hommes et Territoires a pour but d'expérimenter localement une méthode de valorisation des bordures : le semis d'espèces sauvages. Les objectifs sont de favoriser leurs fonctionnalités écologiques et agronomiques par l'implantation d'une flore stable et diversifiée fournissant des ressources aux pollinisateurs. Les résultats obtenus après deux ans d'expérimentations sont encourageants. Toutes des modalités semées par les différents mélanges de graines couvrent efficacement le sol et limitent le développement des adventices. L'étude a mis en évidence qu'un mélange contenant un nombre limité d'espèces (env. 10) pouvait permettre de répondre favorablement à l'ensemble des objectifs.

Abstract:

Field margins are an important part of semi-natural elements of cereal plains landscapes. These refuge areas for fauna and flora are sometimes deteriorated. An Agrifaune project, launched in 2012 by the Association Hommes et Territoires, test in a local scale field margins enhancement method: sowing wildflowers. The goals are to promote ecological and agronomic features by implementing a stable and diverse flora providing resources for pollinators. The results obtained after two years of experiments are encouraging. All sown modalities by different seed mixtures effectively cover the ground and limit the development of weeds. The study demonstrated that a mixture containing a limited number of species (approx. 10) could afford to respond positively to all the objectives.

Mots-clés : agro-écologie, biodiversité, bordures de champs, agrosystèmes, restauration écologique

Key Words: agroecology, biodiversity, field margins, agro-ecosystem, ecological restoration