

Mémoire

Auteur : Coppi, Antoine

Promoteur(s) : Denayer, Dorothée; Francis, Frédéric; 28037

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences et gestion de l'environnement, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/23801>

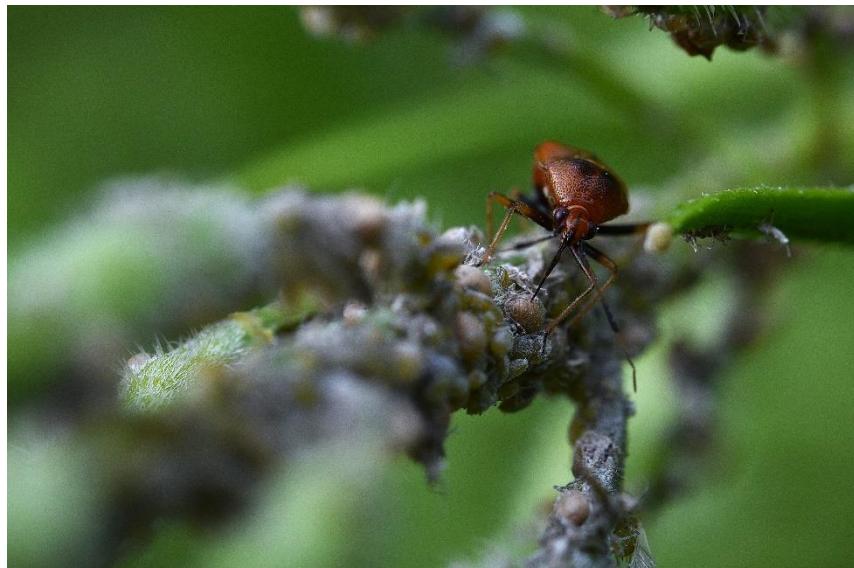
Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Université de Liège
Faculté des sciences – Département des Sciences et Gestion de l’Environnement
Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech – Laboratoire d’entomologie fonctionnelle et évolutive
Natagriwal ASBL

Jachères mellifères : un outil pour la lutte biologique ? Approche croisée entre écologie fonctionnelle et enjeux sociotechniques



© A.Coppi

Mémoire présenté par Antoine COPPI en vue de l’obtention du diplôme de
Master en sciences et gestion de l’environnement, à finalité spécialisée

Année académique 2024 – 2025

Rédigé sous la direction de : Dorothée DENAYER, Frédéric FRANCIS & Séverin HATT
Comité de lecture : Fanny BOERAeve & Pierre STASSART

© Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique* de l'Université de Liège.

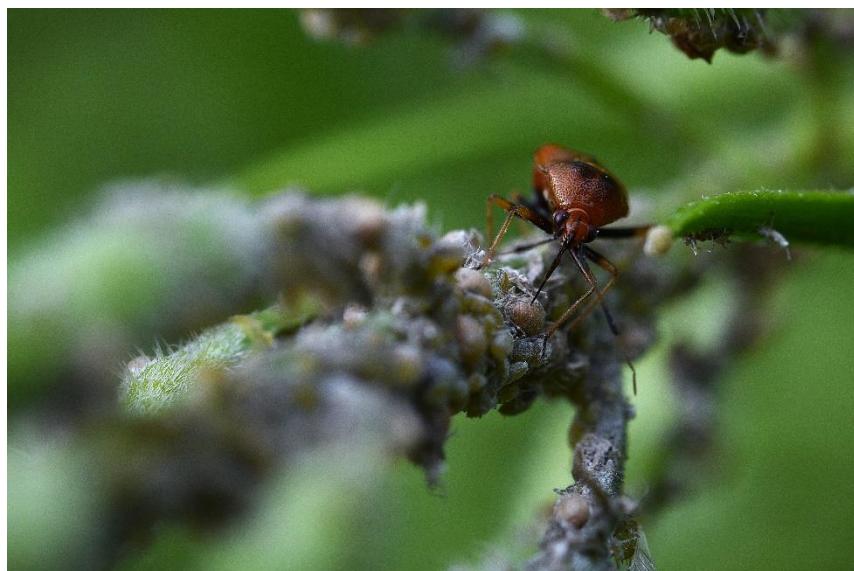
*L'autorité académique est représentée par le(s) (co-)promoteur(s), membre(s) du personnel enseignant de l'Université de Liège.

Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document :
COPPI Antoine – antoinecoppi@ecomail.fr

Université de Liège
Faculté des sciences – Département des Sciences et Gestion de l’Environnement
Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech – Laboratoire d’entomologie fonctionnelle et évolutive
Natagriwal ASBL

Jachères mellifères : un outil pour la lutte biologique ? Approche croisée entre écologie fonctionnelle et enjeux sociotechniques



© A.Coppi

Mémoire présenté par Antoine COPPI en vue de l’obtention du diplôme de
Master en sciences et gestion de l’environnement, à finalité spécialisée

Année académique 2024 – 2025

Rédigé sous la direction de : Dorothée DENAYER, Frédéric FRANCIS & Séverin HATT
Comité de lecture : Fanny BOERAeve & Pierre STASSART

Ma gratitude va à...

Mes trois co-promoteurs.

Frédéric Francis, pour votre accueil à Gembloux Agro-Bio Tech et au laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive, pour m'avoir permis de participer aux travaux pratiques d'entomologie, mais aussi pour votre disponibilité, malgré les contraintes.

Dorothée Denayer, non seulement pour votre accompagnement tout au long de la rédaction de ce mémoire, mais aussi pour l'ouverture au monde des « non-humains » et pour vos récits captivants autour du castor. Séverin, pour ta bienveillance, ta disponibilité et ton humilité. Ce fut un réel plaisir de travailler à tes côtés. À bientôt j'espère, pour de nouvelles aventures... ou des comptages de pucerons !

Aux membres du jury, Fanny Boeraeve et Pierre Stassart. Je vous remercie d'avance pour le temps accordé à la lecture de mon mémoire et pour votre présence lors de la défense orale.

L'ensemble des professeurs du campus d'Arlon de l'Université de Liège, pour avoir contribué à l'accomplissement de l'étudiant que je suis aujourd'hui.

Pierre Stassart, pour l'ouverture d'esprit « sociologique » et les ateliers de participation citoyenne, qui resteront longtemps un très beau souvenir de ce cursus, et une belle leçon de vie.

Antoine Denis, pour votre réactivité aux nombreuses sollicitations de dernière minute.

Corentin Hecquet, pour la découverte du monde des enquêtes qualitatives et le prêt matériel, mais surtout pour m'avoir tant inspiré en tant que personne.

L'équipe de Natagriwal, et son directeur, Hubert Bedoret, pour l'encadrement en stage et pour m'avoir permis de participer à un projet aussi intéressant.

Julien et Émilie pour votre bonne compagnie et les nombreuses discussions autour de l'agroécologie.

L'équipe du laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive.

Jeannine, pour votre efficacité et la mise à disposition du matériel en un temps record.

Arnaud et Grégoire, pour vos précieux conseils d'entomologistes aguerris.

Rodrigue, pour ta bonne humeur et tes chansons motivantes !

La fraîcheur des caves de Gembloux et l'odeur d'éthanol me manquent déjà...

L'ensemble des agriculteurs pour le temps accordé lors des enquêtes et la mise à disposition des parcelles.

Mes compagnons d'aventures.

La bande des joyeux lurons, Caty, Célia et le « cher collègue » Nicolas. Sans vous, ces deux années n'auraient pas été tout à fait les mêmes.

Daphné, compatriote de mémoire, pour ta bonne humeur et ton énergie ! Je te souhaite beaucoup de bonheur pour la suite.

Les fous du piquage, Liza, Maxime et Téo. Ça aura été beaucoup plus fun avec vous !

L'ensemble de mes proches et amis, et particulièrement mes parents, pour avoir cru en moi, en toutes circonstances, et pour m'avoir transmis ce goût pour la curiosité.

Marie, ma partenaire de vie, pour ton soutien infaillible, du début à la fin. Merci pour ton amour...

Aux non-humains et au monde fascinant des insectes, sans lesquels ce travail n'aurait pas lieu...

Résumé

Dans le contexte agricole actuel, l'utilisation des pesticides semble de plus en plus controversée au sein de l'opinion publique. L'arrivée de la nouvelle politique agricole commune (PAC) 2023-2027 a vu apparaître un nouveau dispositif d'aide au revenu, les éco-régimes. Parmi ceux-ci, l'éco-régime maillage écologique, dont la jachère mellifère est un des nombreux outils mis à disposition des agriculteurs dans le but de favoriser la biodiversité dans les paysages agricoles. Mais la jachère mellifère pourrait également avoir un intérêt dans la lutte biologique contre les ravageurs en contribuant au maintien des ennemis naturels. Sur la base d'essais réalisés en Hesbaye sur neuf parcelles agricoles, pendant trois périodes, et d'entretiens semi-directifs menés auprès de six de ces agriculteurs, nous avons étudié (1) l'effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison x taux de présence de proies/hôtes alternatifs) sur l'abondance totale d'ennemis naturels et par famille ; (2) l'effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de prédateurs dans la culture, le taux de parasitisme, l'abondance de pucerons et le taux d'infestation en pucerons ; et (3) les facteurs sociotechniques qui influencent l'adoption et l'appropriation des jachères mellifères. Le taux de présence de proies/hôtes alternatifs a un effet significatif sur l'abondance totale d'ennemis naturels ainsi que sur les anthocorides (Hemiptera : Anthocoridae). Un effet croisé de l'abondance de proies/hôtes alternatifs et de la couverture florale a été mis en évidence sur les braconidés (Hymenoptera : Braconidae) et les coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae). L'abondance de pucerons était significativement plus élevée à 50 mètres de la jachère mellifère (zone témoin) pour la deuxième période d'essai (pic de pucerons). Le seuil de nuisibilité était dépassé à 50 mètres, toujours pour la deuxième période, mais pas à 5 mètres. L'appropriation par les agriculteurs de la jachère mellifère ne dépend pas que du facteur économique, mais dépend de nombreux facteurs. La manière dont elle vient s'insérer dans les pratiques, l'image qu'elle renvoie de l'agriculteur, les contraintes techniques et administratives, la relation entre agriculteurs et citoyens, leur rapport à la nature sont autant de paramètres qui exercent une influence sur son appropriation. La pérennité de la jachère mellifère dépend de sa capacité à produire des attachements auprès des agriculteurs et de l'accompagnement adéquat par des conseillers.

Mots-clés : agroécologie, lutte intégrée, bande fleurie, ennemis naturels, pucerons, modalités d'existence, schèmes de relation, enquêtes qualitatives.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1. Contexte agricole	1
1.2. Paysage institutionnel	3
<i>Le programme wallon de réduction des pesticides</i>	3
<i>La politique agricole commune.....</i>	4
<i>Le plan stratégique wallon de la PAC.....</i>	5
<i>Les éco-régimes.....</i>	6
<i>L'éco-régime maillage écologique.....</i>	7
<i>Les jachères mellifères.....</i>	8
1.3. Ravageurs en culture de froment.....	10
<i>Généralités.....</i>	10
<i>Pucerons des feuilles et de l'épi.....</i>	10
<i>Transmission du virus de la jaunisse</i>	11
<i>Criocères ou lémas.....</i>	12
1.4. Biocontrôle et lutte biologique	14
<i>Généralités.....</i>	14
<i>Méthodes de lutte biologique.....</i>	16
1.5. Les auxiliaires dans la lutte biologique.....	17
1.6. La lutte biologique par conservation	20
<i>Ressources pour les ennemis naturels</i>	20
<i>Rôle de la structure paysagère</i>	21
1.7. Les bandes fleuries	22
<i>Choix des espèces végétales.....</i>	23
<i>Préférences florales des auxiliaires</i>	23
<i>Effets sur les cultures adjacentes</i>	24
<i>Facteurs d'efficacité des bandes fleuries</i>	24
1.8. Cadres d'analyse sociologique	26
<i>Freins et déterminants des pratiques.....</i>	26
<i>Réseaux et apprentissages collectifs</i>	27
<i>Approche et analyse inductive</i>	27
<i>Les modes d'existence.....</i>	28
<i>L'écologie des relations.....</i>	29
<i>Sociologie de la traduction.....</i>	30
2. Objectifs	32

3. Matériel et méthodes.....	33
3.1. Données générales.....	33
3.2. Enquêtes qualitatives	33
3.3. Relevés entomologiques et floristiques	34
<i>Sites d'étude</i>	35
<i>Relevés au sein des jachères mellifères</i>	35
<i>Relevés au sein des cultures.....</i>	36
3.4. Préparation et identification des insectes	36
<i>Étapes de traitement.....</i>	36
<i>Identification</i>	37
<i>Limitations</i>	38
3.5. Analyses statistiques.....	38
<i>Structure des données et choix des modèles</i>	38
<i>Effets des paramètres de la jachère mellifère sur les ennemis naturels</i>	39
<i>Effets de la distance à la jachère sur les variables en culture.....</i>	40
4. Évaluation écologique	41
4.1. Résultats	41
<i>Description des jachères mellifères</i>	41
<i>Description des communautés d'ennemis naturels</i>	43
<i>Effet de la floraison et du taux de proies/hôtes alternatifs sur l'abondance d'ennemis naturels.....</i>	45
<i>Effet de la distance à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture.....</i>	48
4.2. Discussion.....	51
<i>Description des jachères mellifères et des communautés d'ennemis naturels.....</i>	51
<i>Effet de la floraison et du taux de proies/hôtes alternatifs sur l'abondance d'ennemis naturels.....</i>	51
<i>Effet de la distance à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture.....</i>	53
<i>Limites et précautions</i>	53
5. Analyse sociologique	55
5.1. Le rôle d'enquêteur.....	55
5.2. L'Être agriculteur aujourd'hui.....	57
<i>Visions du monde agricole</i>	57
<i>Les savoirs situés</i>	58
<i>Tensions du métier</i>	59
5.3. La jachère mellifère	61
<i>Modalités d'existence.....</i>	61
<i>Cadre et dispositif</i>	62
<i>Appropriation et attachements.....</i>	63

<i>Interface de tensions</i>	65
5.4. Les schèmes de relation	66
<i>Ontologie naturaliste</i>	67
<i>Application à la jachère mellifère</i>	68
<i>Au-delà d'une vision utilitariste ?</i>	68
5.5. Les enjeux d'accompagnement	69
<i>Réseau et sursollicitation</i>	69
<i>Accompagner sans prescrire</i>	70
<i>Légitimité de l'accompagnement</i>	71
<i>Compétences distribuées</i>	72
6. Discussion croisée	73
6.1. Les proies/hôtes alternatifs	73
6.2. La couverture florale	74
<i>Espèces semées</i>	74
<i>Espèces spontanées</i>	75
6.3. Effet de la distance à la jachère mellifère.....	75
6.4. Cadre réglementaire.....	76
6.5. Pérennité de la jachère mellifère.....	76
7. Conclusion et perspectives	78
8. Bibliographie.....	80
9. Annexes.....	93

Table des figures

Figure 1 – Les deux piliers de la PAC (2023-2027)	5
Figure 2 – Objectifs de la PAC (2023-2027)	6
Figure 3 – Principaux ravageurs du froment.....	12
Figure 4 – Stades phénologiques (BBCH) et période de nuisibilité des principaux ravageurs des céréales.....	13
Figure 5 – Place de la lutte biologique dans le concept de lutte intégrée.....	15
Figure 6 – Pyramide de la lutte intégrée.	15
Figure 7 – Classification fonctionnelle des ennemis naturels.	18
Figure 8 – Evolution de la couverture florale moyenne (\pm ES) des cinq espèces du mélange fleuri et des espèces spontanées au cours des trois périodes de relevés.	41
Figure 9 – Evolution du taux moyen (\pm ES) de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur les cinq espèces du mélange fleuri au cours des trois périodes de relevés.	43
Figure 10 – Répartition des ennemis naturels par famille (n=659).....	44
Figure 11 – Effet du taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur l'abondance des ennemis naturels.....	45
Figure 12 – Effet de l'interaction entre le taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) et de la couverture florale sur l'abondance des ennemis naturels.	46
Figure 13 – Effet de la distance (5 m vs 50 m) à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture.	49

Table des tableaux

Tableau 1 – Cahier des charges de la jachère mellifère de printemps pour l'éco-régime 2025	9
Tableau 2 – Liste des espèces autorisées dans le cadre de l'éco-régime pour les jachères mellifères de printemps.....	9
Tableau 3 – Principaux ordres et familles d'ennemis naturels ciblés sur le terrain.	19
Tableau 4 – Composition des espèces sélectionnées par Natagriwal dans le mélange mellifère de printemps.....	35
Tableau 5 – Liste des clés de détermination utilisées pour l'indentification des ennemis naturels.	37
Tableau 6 – Résumé des modèles statistiques utilisés (GLM et GLMM).	39
Tableau 7 – Couverture florale moyenne (%) des espèces spontanées recensées dans les jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.	42
Tableau 8 – Nombre d'individus recensés par période pour chaque famille et espèce d'ennemis naturels identifiés dans les jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.	44
Tableau 9 – Résultats des modèles GLMM (distribution négative binomiale) testant les effets de la couverture florale et le taux de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur l'abondance des ennemis naturels.	47
Tableau 10 – Résultats des tests statistiques (GLMM) sur l'effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs. 50 m) sur l'abondance en pucerons, l'abondance en ennemis naturels, le taux de parasitisme et le taux d'infestation dans la culture.	50
Tableau 11 – Nombre d'individus recensés par période pour chaque famille d'ennemis naturels et en fonction de leur stade de développement dans les cultures de céréales adjacentes aux jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.....	50

1. Introduction

1.1. Contexte agricole

L'agriculture dépend de nombreux services écosystémiques essentiels à une production alimentaire durable, dont la lutte biologique¹ fait partie (Zhang et al., 2007). Cependant, au cours des cinquante dernières années, les activités humaines ont modifié les écosystèmes à une vitesse et une ampleur sans précédent dans l'histoire de l'humanité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Un peu d'histoire. Après la Seconde Guerre mondiale, un nouveau modèle agricole fondé sur l'intensification de la production voit le jour en Europe : développement de la mécanisation, généralisation des cultures homogènes souvent à rotation courte, usage massif d'engrais minéraux et de pesticides de synthèse, et sélection génétique de variétés plus productives (Hamuda & Patko, 2010; Herzog et al., 2006). Soutenue par les politiques publiques, cette « révolution verte », initialement développée dans le but de répondre à une demande alimentaire croissante, a certes permis des gains immédiats en termes de production alimentaire et de développement économique (Tilman et al., 2002) ; mais elle a aussi entraîné une dégradation des habitats naturels et une perte significative de biodiversité, ce qui menace aujourd'hui la pérennité des services écosystémiques indispensables à l'agriculture (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). De plus, la croissance des rendements observée au cours de cette seconde moitié du vingtième siècle tend désormais à ralentir, et les effets secondaires de l'usage intensif des intrants chimiques deviennent de plus en plus visibles (FAO, 2017).

Par ailleurs, l'agriculture intensive a également fragilisé les cultures face aux bioagresseurs. Les systèmes de production fondés sur des cultures homogènes et fortement fertilisées ont favorisé l'apparition d'épidémies et la prolifération de ravageurs (Lannou, 2020). Le recours aux pesticides de synthèse est devenu une norme, parfois même une dépendance pour certains agriculteurs (Bonnefoy, 2012; Valo, 2012), alors que leur usage engendre des résistances chez les organismes ciblés et ont des impacts sur l'environnement et la santé humaine (Bonnefoy, 2012). À plus long terme, la dégradation progressive des écosystèmes fragilise la robustesse des systèmes agricoles et menace la sécurité alimentaire. Et sans réponse adaptée, cette tendance pourrait encore s'aggraver dans les décennies à venir (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

¹ Le terme *lutte biologique* sera utilisé pour l'ensemble du mémoire. Dans la littérature, différents termes existent comme : *lutte biologique contre les ravageurs* (ou *insectes nuisibles*), *contrôle biologique des ravageurs*, ou encore *biocontrôle*.

Les alertes scientifiques ne datent pourtant pas d'hier. En 1962 déjà, la biologiste Rachel Carson dénonçait dans son ouvrage *Printemps silencieux* (Carson, 1962/2020) les effets écotoxiques des pesticides. Cette prise de conscience a conduit les pouvoirs publics à interdire certaines substances particulièrement nocives, comme les insecticides organochlorés, qui ont des effets sublétaux sur les polliniseurs (EASAC, 2023; Henry et al., 2012; Woodcock et al., 2017).

Aujourd'hui, le défi consiste à répondre à une demande alimentaire toujours croissante, sans poursuivre pour autant la trajectoire d'intensification agricole amorcée au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. N'est-ce d'ailleurs pas l'objectif suprême poursuivi par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), dont la devise *Fiat Panis* suggère un monde libéré de la faim ? La population mondiale pourrait atteindre dix milliards d'individus d'ici 2050, ce qui accentuera encore davantage les enjeux de sécurité alimentaire (FAO, 2017). À cette pression démographique s'ajoute également les pressions exercées sur les ressources en terres cultivables : entre 2000 et 2017, la superficie agricole disponible par habitant a chuté de 20 % pour atteindre seulement 0,19 hectare par personne (FAO, 2021). Cette tendance montre les limites physiques des ressources agricoles et l'importance d'adopter des pratiques plus durables.

Répondre à ces défis suppose des changements significatifs aux niveaux politique, institutionnel et agricole (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Plusieurs leviers sont d'ailleurs identifiés : la mise en place d'incitations économiques favorables à la conservation (comme les paiements pour services écosystémiques), la réforme des dispositifs de gouvernance environnementale, ou encore le renforcement des dispositifs d'information et d'éducation (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Depuis plusieurs années, on assiste aussi à une évolution de la perception de la société à l'égard de l'agriculture. L'usage des pesticides, au cœur de nombreuses controverses, suscite une inquiétude croissante dans l'opinion publique (Bonnefoy, 2012). Cette pression sociale s'exprime par une demande accrue de produits sans résidus de pesticides, relayée par les citoyens, les collectivités locales et les ONG, et par des conflits de voisinage entre agriculteurs et riverains (Bonnefoy, 2012). Cette exigence reste toutefois ambivalente : les consommateurs oscillent entre la recherche de qualité et l'attrait pour des produits visuellement parfaits et bon marché, proposés en grandes surfaces (Lannou, 2020).

Ces réflexions ont par ailleurs contribué à l'émergence de modèles agricoles, comme l'agriculture biologique, l'agriculture de conservation ou l'agroécologie, qui visent à concilier production et préservation des ressources naturelles (Dendoncker et al., 2018).

1.2. Paysage institutionnel

Depuis les années 2000 (Commission européenne, 2002), la réduction des risques liés à l’usage des pesticides est devenue un objectif important des politiques agricoles européennes. Cet objectif s’est concrétisé par l’adoption de la directive 2009/128/CE, qui établit un cadre d’action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. Elle invite les États membres à promouvoir la lutte intégrée² contre les ennemis des cultures et à recourir, chaque fois que possible, à des moyens non chimiques alternatifs (Union européenne, 2009).

En Région wallonne, cette directive a été partiellement transposée par le décret du 10 juillet 2013 du Parlement wallon, qui pose les bases d’une gestion intégrée des ennemis des cultures, encourage le recours à des méthodes alternatives et promeut des pratiques agricoles à faibles intrants (Région wallonne, 2013). Pour traduire concrètement les objectifs de la directive, la Wallonie a mis en place le Programme wallon de réduction des pesticides (PWRP), qui correspond à l’outil stratégique régional en la matière (Service public de Wallonie (SPW), 2023).

Ce cadre a également été précisé par l’Arrêté du Gouvernement wallon du 10 novembre 2016, qui fixe les conditions d’application concrète des principes de la lutte intégrée. Il reprend notamment les huit principes définis à l’annexe III de la directive 2009/128/CE (Gouvernement wallon, 2016; Union européenne, 2009).

Le programme wallon de réduction des pesticides

Depuis janvier 2014, les agriculteurs sont dans l’obligation d’appliquer les principes de lutte intégrée dans leurs pratiques, comme le prévoit la directive pesticides mise en application à travers le Plan Wallon de Réduction des Pesticides (PWRP) en Wallonie.

Le Programme Wallon de Réduction des Pesticides (PWRP) a été mis en place en 2013 afin de répondre aux exigences d’une directive européenne visant à parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable (Directive 2009/128/CE).

L’objectif de cette directive est de réduire les risques et les effets des pesticides sur la santé humaine et sur l’environnement. Elle vise aussi à encourager le recours à la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et à des méthodes ou techniques de substitution, telles que les moyens non chimiques alternatifs aux pesticides. Le PWRP représente la partie wallonne d’un plan national appelé NAPAN (Nationaal Actie Plan d’Action National). Il est révisé tous les cinq ans (SPW, 2023).

² La lutte intégrée est définie comme « *une approche combinant des méthodes agronomiques, biologiques et chimiques pour maintenir les ravageurs à des niveaux économiques acceptables, tout en minimisant les risques pour la santé humaine et l’environnement* » (FAO, 2025).

Actuellement, nous sommes à la troisième version du PWRP qui couvre la période de 2023 à 2027. Le PWRP III repose sur quatre approches complémentaires : une approche préventive, qui vise à sensibiliser les usagers, à suivre les impacts environnementaux et à ajuster les doses utilisées ; une approche alternative, qui favorise des pratiques agricoles nécessitant peu ou pas de pesticides, comme la lutte intégrée ; une approche curative, axée sur la dépollution des eaux et des sols impactés par les pesticides ; et une approche répressive qui prévoit des contrôles et des sanctions en cas d'infractions (SPW, 2023).

La politique agricole commune

La politique agricole commune (PAC) est l'une des plus anciennes politiques européennes. Instaurée par le Traité de Rome du 25 mars 1957 et entrée en vigueur le 30 juillet 1962, elle visait à garantir la sécurité alimentaire de l'Europe et à soutenir les revenus des agriculteurs. Depuis, la PAC a fait l'objet de nombreuses réformes (1992, 2003, 2013, 2023) afin de s'adapter aux évolutions du monde agricole et aux nouvelles attentes de la société, notamment en matière d'environnement, de santé publique et de bien-être animal. Elle représente encore aujourd'hui le premier poste de dépenses de l'Union européenne, avec une enveloppe de 386,6 milliards d'euros pour la période 2021-2027, soit plus d'un tiers du budget de l'UE (Toute l'Europe, 2025). Elle repose sur deux piliers (Figure 1) (Commission européenne, 2025b; Toute l'Europe, 2023) :

- Le premier pilier concerne l'aide au revenu des agriculteurs et les mesures de marché. Il inclut les paiements directs et les éco-régimes, et est financé par le Fonds Européen Agricole de Garantie (FEAGA).
- Le second pilier est dédié au développement rural. Il comprend les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC), les aides à l'investissement et à l'installation des jeunes agriculteurs, et la transition agroécologique. Il est cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) et par les États membres.

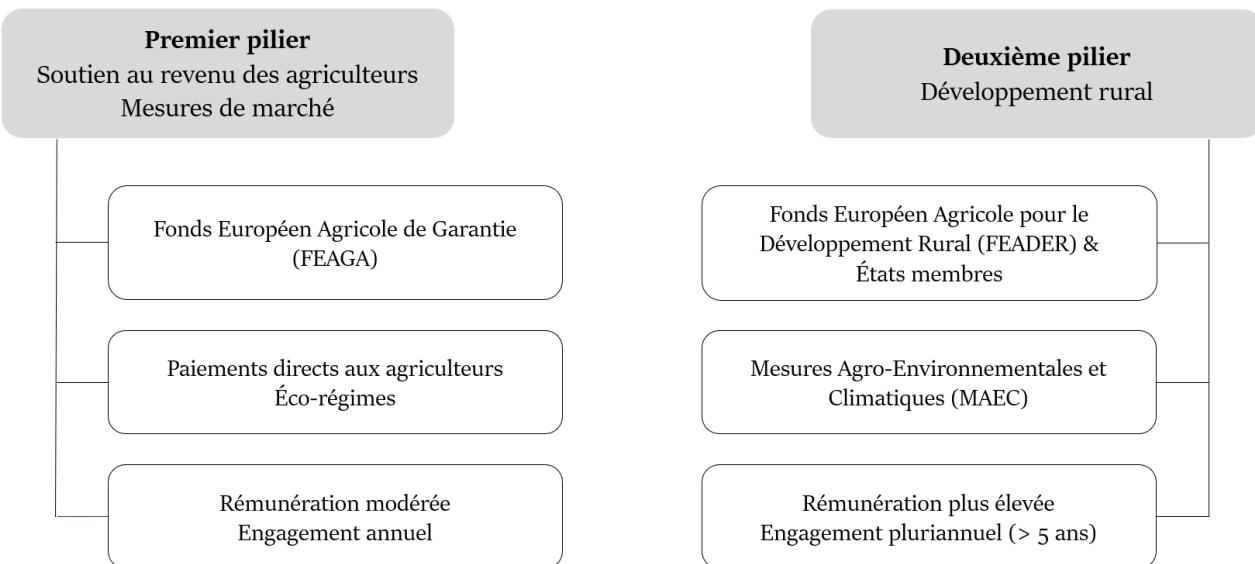


Figure 1 – Les deux piliers de la PAC (2023-2027).

Le plan stratégique wallon de la PAC

Dans le cadre de la réforme de la PAC 2023-2027, chaque État membre a été invité à élaborer un Plan stratégique national pour adapter les dispositifs d'aide aux réalités de son territoire. En Belgique, cette compétence étant régionalisée, la Wallonie a donc élaboré son propre Plan stratégique PAC, validé par la Commission européenne en 2022 (SPW, 2024a, 2025a).

Ce plan vise à répondre aux objectifs de la PAC (Figure 2) – trois objectifs généraux, chacun décliné en trois objectifs spécifiques, et un objectif transversal – tout en intégrant les priorités propres à la Région.

Il s'agit notamment de soutenir une agriculture familiale à taille humaine, de garantir un revenu équitable aux agriculteurs, de valoriser la diversité des systèmes de production (conventionnel, biologique, qualité différenciée), de renforcer l'autonomie alimentaire, de favoriser le renouvellement des générations, et d'accompagner la transition vers des pratiques agricoles plus durables, en cohérence avec les objectifs du Green Deal³ (SPW, 2024a, 2025a).

Le Plan stratégique wallon PAC constitue ainsi la feuille de route régionale pour orienter les aides du premier et du second pilier, à travers notamment les éco-régimes, les MAEC et les soutiens à l'investissement (SPW, 2024a, 2025a).

³ Le Pacte Vert européen ou European Green Deal a été lancé par la présidente von der Leyen en 2019 en réponse à une demande urgente des citoyens, notamment des jeunes, en faveur de l'action climatique. Il définit un plan visant à transformer l'économie, l'énergie, les transports et les industries de l'Europe pour un avenir plus durable. Son objectif est de réduire les émissions d'au moins 50 % d'ici 2030, puis de les porter à 55 %, tout en rendant juridiquement contraignant l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 grâce à la loi européenne sur le climat (SPF, 2025)

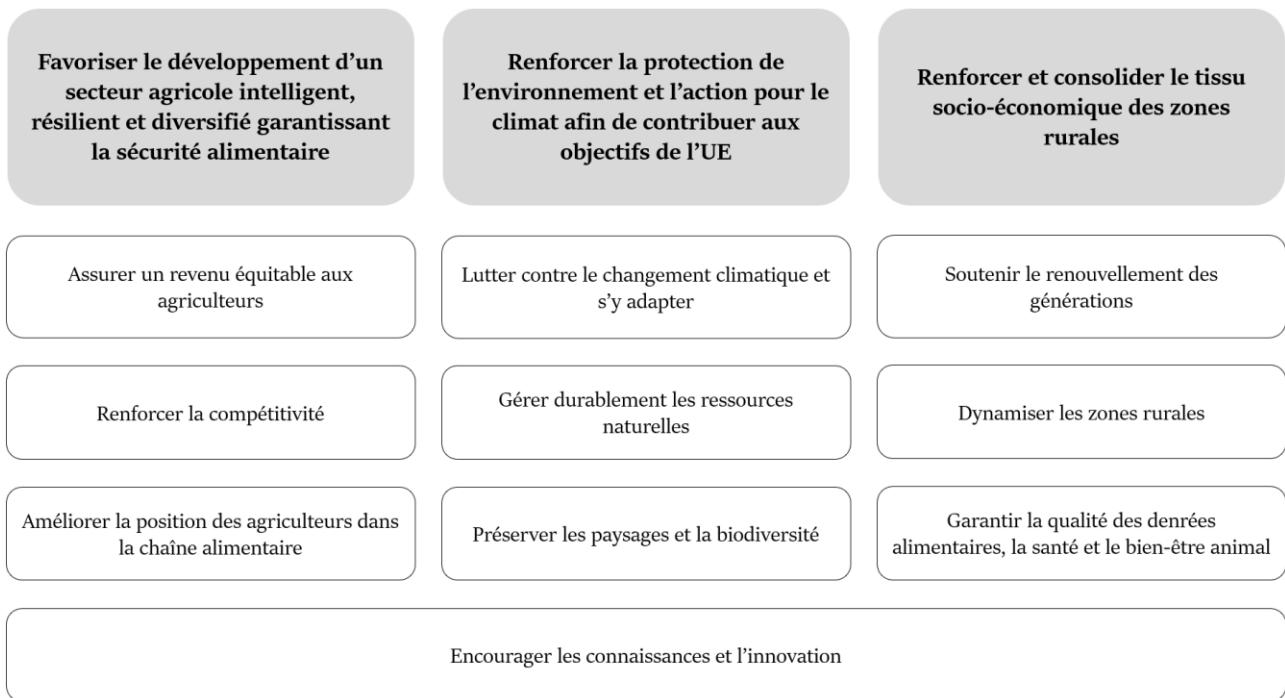


Figure 2 – Objectifs de la PAC (2023–2027).

Trois objectifs généraux, neuf objectifs spécifiques et un objectif transversal (adapté de Commission européenne, 2025c).

Les éco-régimes

La précédente PAC (2014-2020) avait introduit un « verdissement » des aides du premier pilier, conditionnant 30 % des paiements directs au respect de trois pratiques environnementales : le maintien des prairies permanentes, la diversification des cultures, et la présence de surfaces d'intérêt écologique (Toute l'Europe, 2017). Ce système visait à encourager les agriculteurs à adopter des pratiques bénéfiques pour l'environnement, mais il a été critiqué pour son manque d'efficacité et sa faible ambition (CAPeye, 2025).

Depuis la réforme de 2023, la PAC repose sur une nouvelle architecture environnementale à trois niveaux. Elle combine, d'une part, une conditionnalité renforcée, qui constitue le socle de base pour bénéficier des aides du premier pilier ; et d'autre part, deux dispositifs incitatifs et volontaires, à savoir les éco-régimes (dans le cadre du premier pilier) et les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), soutenues via le second pilier (Aparicio, 2024). Cette architecture a toutefois connu un infléchissement en 2024, avec l'assouplissement temporaire de certaines exigences de la conditionnalité, notamment celles liées à la BCAE 7 (rotation des cultures) et à la BCAE 8 (éléments non productifs), en réponse aux mobilisations agricoles et aux aléas climatiques.

Introduits dans le cadre de la réforme de la PAC 2023-2027, les éco-régimes représentent un nouveau dispositif d'aide du premier pilier. Ils ont pour but d'encourager les agriculteurs à adopter des pratiques bénéfiques pour l'environnement et le climat. Contrairement aux anciennes mesures de verdissement de la PAC précédente, les éco-régimes reposent sur une logique volontaire, c'est-à-dire que les agriculteurs choisissent d'y souscrire et reçoivent en retour un paiement additionnel s'ils respectent certaines pratiques éligibles (EU CAP Network, 2023, 2024).

Ces éco-régimes ont pour but de récompenser les agriculteurs qui vont au-delà de la conditionnalité, en les incitant à participer de manière active à la transition agroécologique promue par l'UE. A ce titre, ils constituent l'un des outils clés pour atteindre les objectifs environnementaux fixés par le Green Deal, la stratégie « *Farm to fork* » et la stratégie européenne pour la biodiversité (Commission européenne, 2025a).

La conception et la mise en œuvre des éco-régimes sont confiées aux États membres (ou des Régions, dans le cas de la Belgique), à travers les Plans stratégiques PAC. En Wallonie, cinq éco-régimes ont été retenus :

- Eco-régime couverture longue du sol ;
- Eco-régime culture favorable à l'environnement ;
- Eco-régime maillage écologique ;
- Eco-régime réduction d'intrants ;
- Eco-régime prairies permanentes conditionnées à la charge en bétail.

Ces éco-régimes s'appuient principalement sur une approche pratique, qui est privilégiée pour sa simplicité de mise en œuvre et sa lisibilité pour les agriculteurs (EU CAP Network, 2024). Ils viennent en complément des autres outils environnementaux du second pilier, tels que les MAEC ou les soutiens à l'investissement, et permettent d'intégrer des leviers écologiques directement dans les aides du premier pilier.

L'éco-régime maillage écologique

L'éco-régime « maillage écologique » (ER ME) constitue l'un des cinq éco-régimes mis en place dans le plan stratégique de la nouvelle PAC. Il vise à favoriser la biodiversité dans les paysages agricoles et complète les MAEC ainsi que le réseau Natura 2000. Seuls les agriculteurs actifs, identifiés dans le cadre du système de gestion et de contrôle (SIGEC), détenant une unité de production sur le territoire belge et ayant accès au régime de paiement de base peuvent en bénéficier (SPW, 2025b).

Depuis le 1^{er} janvier 2023, il est accessible sur toute surface agricole⁴ et sur l'ensemble du territoire wallon, avec un engagement d'une durée d'un an de la part de l'agriculteur. Les surfaces agricoles déjà engagées dans les MAEC « tournières enherbées » (MB5), « parcelles aménagées » (MC7) et « parcelles de céréales laissées sur pieds » (MB12) ne sont quant à elles pas éligibles. Les particularités topographiques (arbres, haies et alignements d'arbres, bosquets, mares), ainsi que les arbustes et buissons présents sur ces surfaces, peuvent en revanche être intégrés dans l'éco-régime (SPW, 2025b).

Pour bénéficier de l'intervention, l'agriculteur doit soumettre une demande d'aide annuelle via le formulaire de déclaration de superficie. Il s'engage également à respecter le cahier des charges des dispositifs⁵ sélectionnés et à tenir à jour un registre des opérations culturales et des travaux réalisés. L'agriculteur doit en outre se conformer aux exigences de la BCAE 8, qui imposent le maintien des éléments topographiques présents sur son exploitation (haies, alignements d'arbres, arbres isolés, mares, bosquets). Il lui est également interdit de tailler les haies et les arbres durant la période de nidification et de reproduction des oiseaux, afin de préserver la biodiversité (SPW, 2025b).

Les jachères mellifères

Les jachères mellifères sont l'un des outils proposés dans le cadre de l'éco-régime maillage écologique et consistent en une bande fleurie annuelle, composée de plusieurs espèces. Il en existe deux types : les jachères de printemps et les jachères d'automne. Un cahier des charges (Tableau 1) précise les conditions d'implantation. Le montant de l'aide est fixé à 900 € par hectare et une aide majorée de 1350 € par hectare est accordée pour les jachères mellifères semées en zone Natura 2000. La surface totale éligible à ces aides est plafonnée à 40 % de la surface agricole utile⁶ (SAU) de l'exploitation (Service public de Wallonie, 2025b). Dans ce travail, nous nous concentrerons sur la jachère mellifère de printemps, qui pourrait, en plus de favoriser la biodiversité, représenter un levier supplémentaire pour soutenir les méthodes naturelles de lutte contre les ravageurs.

⁴ Surface agricole au sens de l'article 4, §3) du règlement (UE) n°2021/2115 du 2 décembre 2021.

⁵ Liste des dispositifs prévus par l'éco-régime : arbres, haies et arbres alignés, buissons et arbustes, bosquets, mares, jachères mellifères (de printemps et d'automne), bandes en bordure de champs, jachères classiques et céréales sur pieds.

⁶ La surface agricole utile (SAU) correspond à l'ensemble des terres cultivées, en herbe ou en jachère (Apaq-W, 2025).

Tableau 1 – Cahier des charges de la jachère mellifère de printemps pour l'éco-régime 2025.

	Détails
Composition	Minimum 5 espèces de la liste principale avec possibilité de rajouter des espèces de la liste secondaire (Tableau 2)
Poids des graines	Pour chaque espèce, entre 10 et 30 % du poids habituel en culture pure Pour les espèces secondaires, maximum 10 % du poids habituel
Période de semis	Entre le 1 ^{er} mars et le 15 mai
Durée de maintien	Au minimum 6 mois après le semis
Gestion de la jachère	Aucune production agricole possible Pâturage, broyage et coupe autorisés à partir du 16 juillet
Interdictions	Pas de fertilisants, amendements ou produits phytosanitaires, sauf traitements localisés
Exclusion des parcelles	Les terres converties depuis une prairie permanente au cours des 5 dernières années ne sont pas éligibles

Tableau 2 – Liste des espèces autorisées dans le cadre de l'éco-régime pour les jachères mellifères de printemps.

Liste principale	Liste secondaire
Asteraceae <i>Helianthus annuus</i> L. (Tournesol commun)	Apiaceae <i>Coriandrum sativum</i> L. (Coriandre cultivée)
Boraginaceae <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth. (Phacélie à feuilles de tanaisie)	Boraginaceae <i>Borago officinalis</i> L. (Bourrache officinale)
Brassicaceae <i>Raphanus sativus</i> L. (Radis cultivé) <i>Sinapis alba</i> L. (Moutarde blanche)	Linaceae <i>Linum usitatissimum</i> L. (Lin cultivé)
Fabaceae <i>Trifolium alexandrinum</i> L. (Trèfle d'Alexandrie) <i>Trifolium repens</i> L. (Trèfle blanc) <i>Trifolium resupinatum</i> L. (Trèfle de Perse) <i>Vicia sativa</i> L. (Vesce commune)	Ranunculaceae <i>Nigella</i> spp. (Nigelles au sens large)
Polygonaceae <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (Sarrasin commun)	

1.3. Ravageurs en culture de froment⁷

En Wallonie, les grandes cultures représentent 53 % de la surface agricole utile⁸ (SAU), dont 30 % sont consacrées aux céréales (froment, orge, épeautre, avoine, triticale, seigle et maïs grain), cultivées par environ 8000 producteurs. Ces dernières sont principalement destinées à l'alimentation animale (46 %), à la fabrication d'amidon (26 %) et à la production de bioéthanol (18 %). Le froment (ou blé tendre) en constitue la principale culture, avec 18 % des terres agricoles. Il s'agit presque exclusivement de froment d'hiver, qui représente près de 99 % de la production (Apaq-W, 2025). En 2023, le froment d'hiver occupait plus de 131 000 hectares en Wallonie. Il était cultivé dans un peu plus de la moitié des exploitations agricoles, avec une superficie moyenne de 20,6 hectares par exploitation (SPW, 2024b).

Généralités

Les cultures céréaliers, dont le froment, sont exposées à une grande diversité de ravageurs – insectes, nématodes, mollusques ou encore vertébrés – qui peuvent s'attaquer à la plante à différents stades de son développement (Figure 4) et, selon l'intensité de l'infestation, entraîner des pertes de rendement plus ou moins importantes. Il est donc essentiel de suivre attentivement l'évolution de leurs populations (Henriet, 2025). Par ailleurs, des seuils de nuisibilité (Annexe D) sont publiés par le Centre pilote wallon des céréales et des oléo-protégagineux (CePiCOP) pour les principales espèces concernées en culture de céréales, notamment les pucerons (Hemiptera : Aphididae) et les criocères (Coleoptera : Chrysomelidae) (CePiCOP, 2025). La surveillance des populations de ravageurs permet en effet de protéger les étapes clés du cycle cultural : l'installation initiale avec un peuplement homogène, la prévention des viroses transmises par insectes, le bon développement des organes majeurs comme les deux dernières feuilles et l'épi, ainsi que le remplissage du grain (Henriet, 2025).

Pucerons des feuilles et de l'épi

En fin de printemps, les céréales et en particulier le froment peuvent être colonisés par plusieurs espèces de pucerons, notamment *Metopolophium dirhodum* (Walker 1849), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus 1758) et *Sitobion avenae* (Fabricius 1775) (Figure 3). Ces infestations débutent généralement à la fin du mois de mai et connaissent une croissance rapide.

⁷ Ou blé tendre, *Triticum aestivum* Linnaeus 1753 (Poales : Poaceae).

⁸ La surface agricole utile (SAU) correspond à l'ensemble des terres cultivées, en herbe ou en jachère (Apaq-W, 2025).

Elles déclinent d'ici la mi-juillet, sous l'effet combiné des ennemis naturels comme les parasitoïdes, les prédateurs, certaines mycoses entomopathogènes et par la perte d'appétence des plantes, arrivées à maturation (Henriet, 2025).

L'intensité des pullulations varie fortement d'une année à l'autre, selon les conditions climatiques (Brabec et al., 2014) et les interactions écologiques complexes qui régulent les dynamiques de population. Les densités observées peuvent ainsi aller de quelques dizaines à plus de 3 000 pour 100 talles (Henriet, 2025).

Les pucerons nuisent au rendement de deux manières principales : par prélèvement de sève, et par la production de miellat, qui favorise le développement de fumagines et réduit la capacité photosynthétique des feuilles. En cas d'infestation sévère, les pertes peuvent dépasser deux tonnes par hectare. Il est donc essentiel de suivre l'évolution des populations à certains stades clés de la culture, afin de prévenir tout dépassement critique. Néanmoins, dans la majorité des cas, la régulation naturelle par les ennemis naturels suffit à maintenir les populations en dessous du seuil de nuisibilité (Henriet, 2025).

Transmission du virus de la jaunisse

Les principales espèces de pucerons impliquées dans la transmission du virus de la jaunisse nanisante de l'orge (BYDV, *Barley yellow dwarf virus*) en céréales sont *M. dirhodum*, *R. padi* et *S. avenae* (Roudine et al., 2025). La dissémination du virus débute dès l'automne avec la colonisation des champs par des pucerons ailés, responsables de l'infestation primaire. Cette phase est déterminante, car les symptômes et les pertes de rendement sont d'autant plus sévères que l'infection survient tôt, au stade de plantule (Fabre et al., 2003).

La propagation secondaire est assurée durant l'hiver par des pucerons aptères se déplaçant de plant en plant (Kendall et al., 1992). Lorsque les températures restent supérieures à 5°C, les pucerons ne passent plus l'hiver sous forme d'œufs mais poursuivent leur cycle par parthénogénèse (Brabec et al., 2014). Au-delà de 10°C, leur activité de vol reprend (Wiktelius, 1987). Les conditions hivernales douces, de plus en plus fréquentes sous l'effet du changement climatique, favorisent leur croissance démographique et augmentent l'efficacité de la transmission virale (Finlay & Luck, 2011).

Dans ce contexte, les observations de Roudine et al. (2025) suggèrent que la dynamique hivernale des pucerons joue un rôle plus important qu'on le pensait auparavant dans la progression du virus, ce qui remet en question l'idée selon laquelle l'infection serait principalement déterminée par l'arrivée automnale des individus ailés (Fabre et al., 2003).

Criocères ou lémas

Les principales espèces de criocères présentes dans les cultures de blé d'hiver en Europe sont *Oulema melanopus* (Linnaeus 1758) et *Oulema gallaeciana* (Heyden 1870), la première étant de loin la plus abondante (Buntin et al., 2004, cité par Tschumi et al., 2015). Ces coléoptères apparaissent généralement dès le mois d'avril et sont plus fréquemment observés dans les parcelles semées tardivement ou au printemps (Henriet, 2025).

Les larves de criocères (Figure 3) causent des dégâts foliaires caractéristiques par grattage du limbe, ce qui affecte la photosynthèse et peut réduire le rendement. Le seuil économique d'intervention est estimé à 0,4 larve par talle (Buntin et al., 2004, cité par Tschumi et al., 2015), ce qui correspond à un niveau de défoliation susceptible d'entraîner des pertes de rendement significatives (Ihrig et al., 2001). L'impact agronomique est d'autant plus marqué que la densité foliaire est faible, comme c'est le cas dans les champs à faible peuplement ou développement végétatif. Cependant, dans la majorité des situations, la pression exercée par les criocères reste modérée et ne justifie pas d'intervention spécifique (Henriet, 2025).



Figure 3 – Principaux ravageurs du froment.

À gauche : pucerons (*Sitobion avenae*). À droite : larve de criocère des céréales (*Oulema melanopus*). Photos : © A.Coppi.

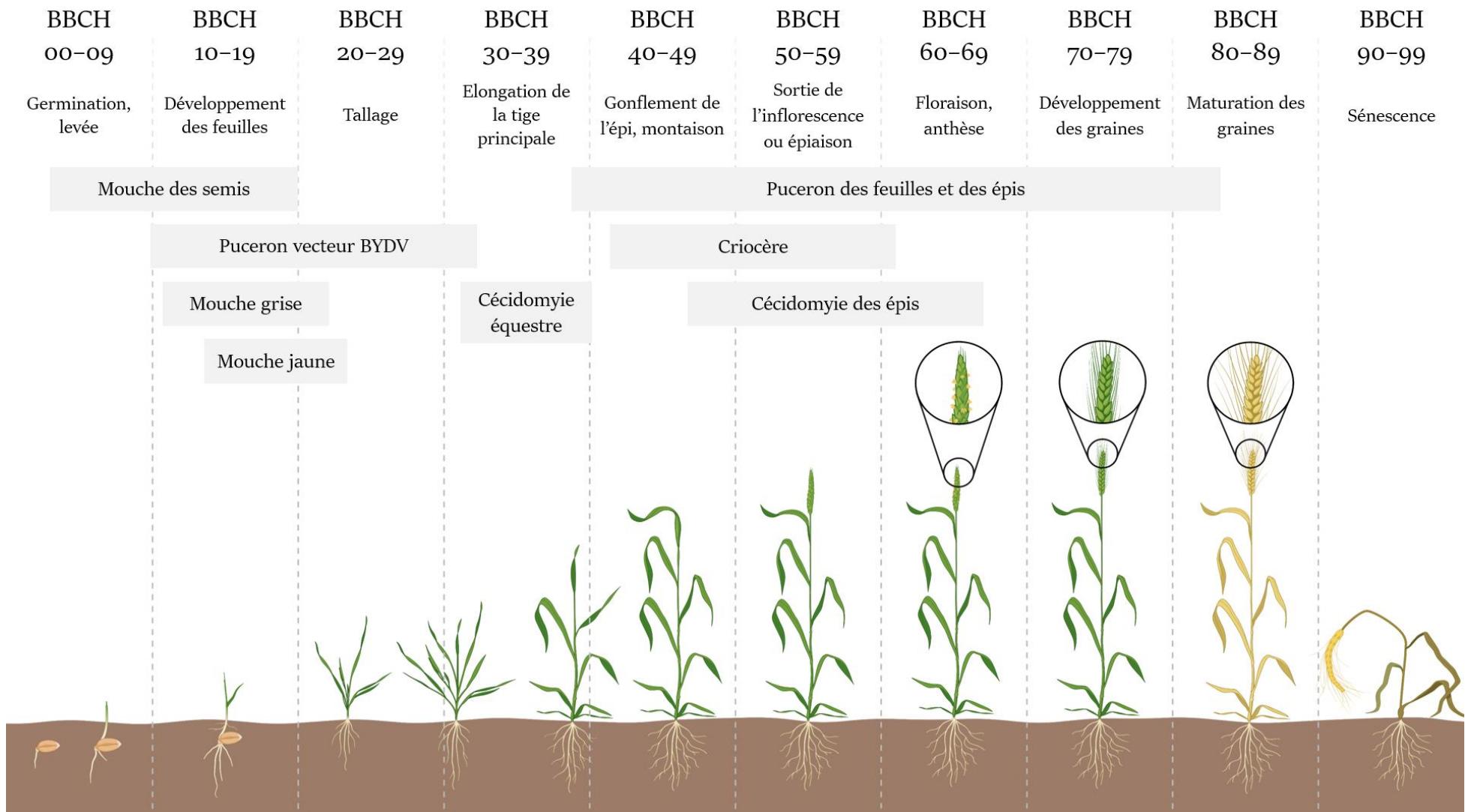


Figure 4 – Stades phénologiques (BBCH) et période de nuisibilité des principaux ravageurs des céréales.
(créé avec © Biorender, adapté de Henriet, 2025 et Meier, 2018).

1.4. Biocontrôle et lutte biologique

Le biocontrôle est défini comme une méthode qui consiste « à utiliser des organismes vivants ou des substances naturelles pour prévenir ou pour réduire les dommages causés par des organismes nuisibles (ravageurs, plantes adventices et agents pathogènes) » (Busson et al., 2024). Il s'inscrit dans le principe plus large de la lutte intégrée (Figure 5) et regroupe un ensemble de quatre approches, dont la lutte biologique fait partie (Lannou, 2020). Cette dernière désigne l'ensemble des méthodes qui reposent sur l'utilisation d'organismes vivants (ennemis naturels) – prédateurs, parasitoïdes, agents pathogènes ou herbivores – pour limiter la densité ou les effets des ravageurs des cultures (Fauvergue, 2020).

Généralités

Le terme « biocontrôle » est relativement récent. Sa popularité pourrait tenir en partie à la prise de conscience croissante des effets néfastes liés à l'usage intensif de pesticides chimiques en agriculture (cf. 1.1 Contexte agricole). Pourtant, l'idée de contrôler les ravageurs par des moyens naturels n'est pas nouvelle (Huang & Yang, 1987). Longtemps, ces approches sont restées marginales dans les systèmes agricoles industrialisés, en grande partie en raison de l'accès facile et peu coûteux aux pesticides chimiques. Leur efficacité immédiate a longtemps été privilégiée au détriment d'une vision à long terme (Lannou, 2020).

Avec l'évolution du cadre réglementaire depuis une dizaine d'années (cf. 1.2 Paysage institutionnel), les enjeux de durabilité environnementale sont davantage pris en compte dans les politiques agricoles, ce qui a encouragé la recherche agronomique à explorer de nouvelles voies et à revaloriser des approches longtemps restées secondaires en matière de protection des cultures (Lannou, 2020).

Dans cette perspective, les stratégies de lutte intégrée s'appuient sur une hiérarchisation des interventions, représentée sous forme d'une pyramide (Figure 6). Les actions préventives (diversification des cultures ou aménagement du paysage) constituent la base, tandis que les actions curatives (utilisation des pesticides par exemple) ne sont envisagées qu'en dernier recours. Cette hiérarchie s'inscrit dans une approche systémique de la protection des cultures, où les leviers sont combinés de manière complémentaire, en fonction des contextes agronomiques locaux (Barzman et al., 2015). Elle vise à concilier efficacité agronomique et durabilité, tout en intégrant d'autres services écosystémiques comme la pollinisation ou la conservation de la biodiversité (Lundin et al., 2021).

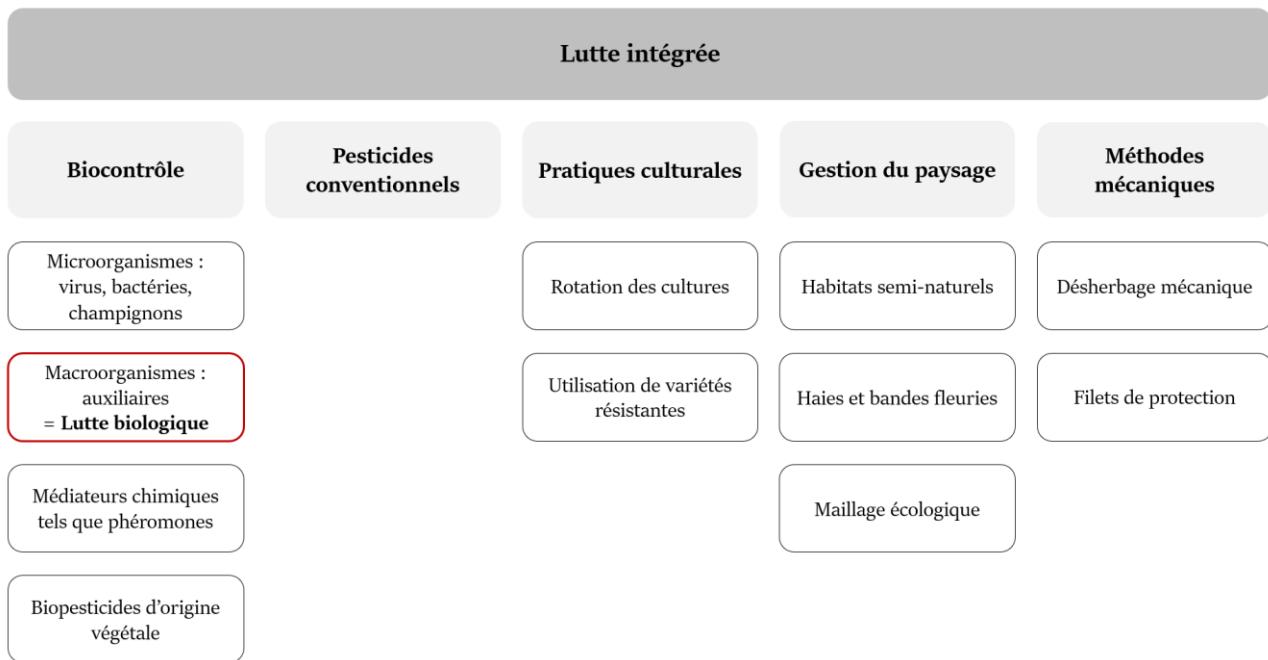


Figure 5 – Place de la lutte biologique dans le concept de lutte intégrée.
(adapté de Eilenberg et al., 2001).

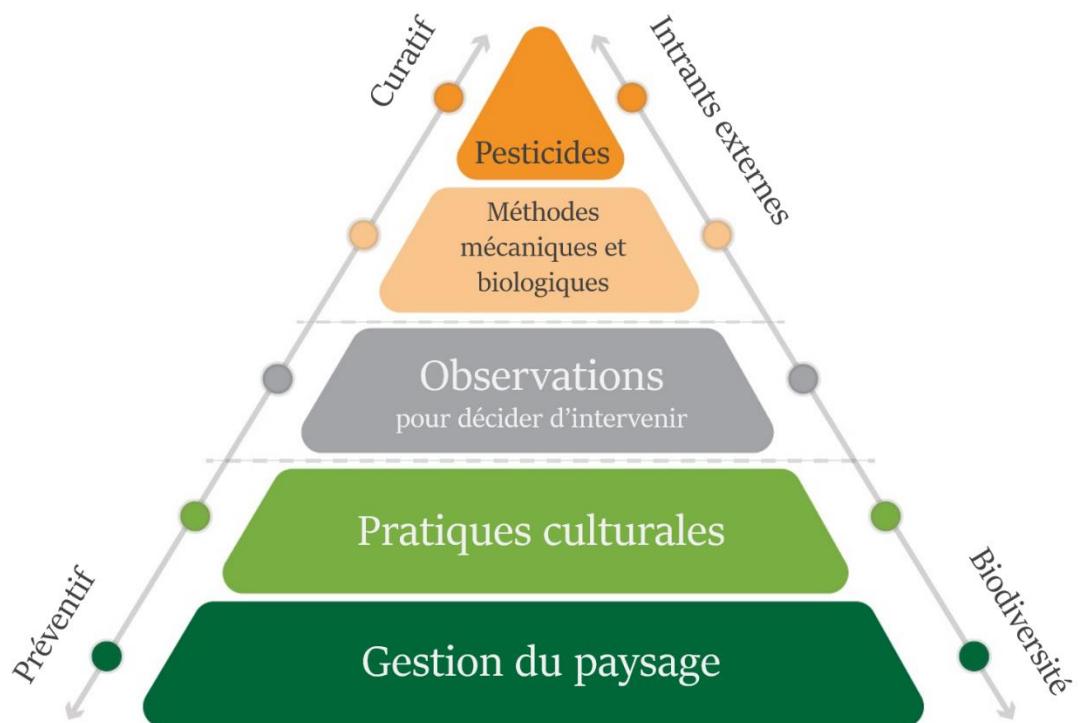


Figure 6 – Pyramide de la lutte intégrée.
(Natagriwal, adapté de Lundin et al., 2021).

Méthodes de lutte biologique

Dans la continuité du principe « prévenir plutôt que guérir », la lutte biologique repose sur des régulations fondées sur les équilibres écologiques plutôt que sur l'élimination systématique des ravageurs. Le but n'est pas de viser l'éradication totale, mais d'éviter que les bioagresseurs atteignent des niveaux de nuisibilité économique. Cette approche rejoint le premier principe⁹ de la lutte intégrée – la prévention et la suppression – qui recommande de concevoir des systèmes de culture moins vulnérables grâce à l'action combinée de pratiques agronomiques (rotation de cultures) et écologiques (renforcer les organismes utiles importants) (Barzman et al., 2015).

La lutte biologique constitue la composante la plus ancienne du biocontrôle (Lannou, 2020). On en distingue trois formes principales :

- **La lutte par conservation**, qui consiste à soutenir les processus de régulation naturelle déjà présents dans les paysages agricoles. Il ne s'agit pas d'introduire un auxiliaire ciblé, mais de favoriser les conditions écologiques qui permettent aux ennemis naturels déjà présents de réguler spontanément les populations de ravageurs, notamment par prédation ou parasitisme au sein des cultures (Lannou, 2020).

- **La lutte par acclimatation**, qui consiste à introduire durablement un ennemi naturel dans un écosystème où il était absent, généralement pour contrôler un ravageur lui-même introduit accidentellement. L'auxiliaire est identifié dans l'aire d'origine du bioagresseur, puis introduit dans la zone à protéger, après une phase préalable d'évaluation de son efficacité et de son spectre d'action (Lannou, 2020).

- **La lutte par augmentation**¹⁰, qui consiste à éléver en masse un auxiliaire déjà présent, puis à le relâcher ponctuellement en grande quantité afin de renforcer son action contre un ravageur. Cette approche vise un effet rapide, notamment en milieu confiné comme les serres, et s'utilise souvent en substitution à un traitement chimique (Lannou, 2020).

Dans le cadre de ce travail, seule la lutte biologique par conservation sera développée, les deux autres formes étant mentionnées à titre informatif. Ce choix se justifie par le lien direct entre cette approche et l'implantation de jachères mellifères, qui visent à renforcer les mécanismes de régulation naturelle à l'échelle des parcelles et du paysage.

⁹ Ce principe fait partie des huit principes de la lutte intégrée définis au niveau européen : (1) prévention et suppression ; (2) surveillance des ennemis des cultures ; (3) prise en compte des seuils d'intervention ; (4) priorité aux méthodes non chimiques ; (5) utilisation raisonnée des produits phytopharmaceutiques ; (6) réduction de l'usage des pesticides ; (7) stratégies anti-résistance ; (8) évaluation régulière de l'efficacité des mesures mises en œuvre (Barzman et al., 2015).

¹⁰ Également appelée lutte par inoculation ou inondation (Fauvergue, 2020).

1.5. Les auxiliaires dans la lutte biologique

Au sens large, un auxiliaire des cultures est défini comme « un organisme vivant qui fournit des services écosystémiques permettant de faciliter la production agricole. Il remplace tout ou partie du travail et des intrants apportés par l'agriculteur. Cette définition englobe des micro-organismes et des invertébrés antagonistes de bioagresseurs ainsi que des vertébrés tels que certains oiseaux, mammifères et amphibiens se nourrissant de ravageurs ou de graines de mauvaises herbes. On y retrouve aussi les insectes pollinisateurs qui permettent la fécondation de plantes cultivées » (Joseph et al., 2024).

Dans le cadre de la lutte biologique, on parle plus particulièrement d'ennemis naturels, qui sont des « organismes qui, par leur mode de vie, leur développement et/ou leur alimentation, régulent les populations de ravageurs de culture » (Joseph et al., 2024; Ris et al., 2020). Parmi ces ennemis naturels, on distingue :

- les prédateurs, qui se nourrissent aux dépens d'autres animaux ;
- les parasitoïdes, dont les larves se développent aux dépens d'un individu en entraînant sa mort ;
- et les micro-organismes parasites, comme les nématodes, bactéries, champignons ou virus qui entraînent, par leur développement, la mort des bioagresseurs (Joseph et al., 2024; Ris et al., 2020).

Même en se concentrant uniquement sur les prédateurs, la diversité des ennemis naturels reste remarquable. Elle se manifeste à la fois par la variété des régimes alimentaires, des stratégies comportementales et par une grande richesse morphologique et physiologique. Cette diversité se traduit également par un nombre élevé d'espèces réparties dans de nombreux groupes taxonomiques (Ris et al., 2020).

Dans le cadre de ce mémoire, l'attention se portera plus particulièrement sur les prédateurs, tels que les cantharides (Coleoptera : Cantharidae), les coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae), les staphylinins (Coleoptera : Staphylinidae), certaines espèces de syrphes (Diptera : Syrphidae), les anthocorides (Hemiptera : Anthocoridae) et les chrysopes (Neuroptera : Chrysopidae) ; ainsi que sur certains parasitoïdes, tels que les braconidés (Hymenoptera : Braconidae) (Tableau 3).

Par ailleurs, au-delà de ces critères taxonomiques, une classification fonctionnelle des ennemis naturels peut également être proposée (Figure 7) en fonction de leur régime alimentaire (monophages ou polyphages) et de leur comportement spatial (de foyer ou prospecteurs).

À titre d'exemple, les Coccinellidae, et plus particulièrement la tribu des Coccinellini (sous-famille des Coccinellinae), dont fait partie la plupart des coccinelles étudiées, se nourrissent à 85 % de pucerons, ainsi que de psylles (Hemiptera : Psyllidae) et de chrysomèles (Coleoptera : Chrysomellidae) (Hodek, 1996). Les cantharides, quant à eux, ont un régime plus diversifié composé de vers de terre (Haplotaxida), de limaces (Pulmonata), de pucerons et de larves de criocères (Traugott, 2003).

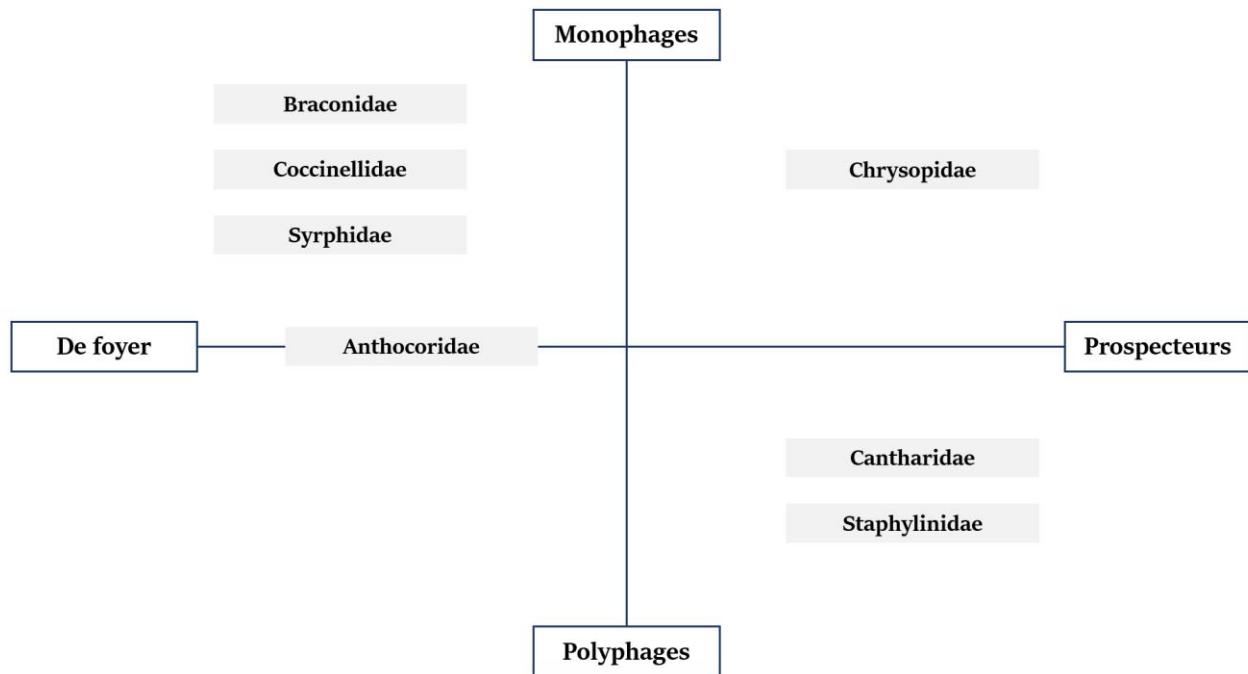


Figure 7 – Classification fonctionnelle des ennemis naturels.

Tableau 3 – Principaux ordres et familles d’ennemis naturels ciblés sur le terrain.
 (adapté de Ris et al., 2020). Photos : © A. Coppi et Entomart (libre de droit).

	Phytophage	Mode de vie	Larve/adulte	
Coleoptera				
Cantharidae	Oui	Prédateur	L/A	
Coccinellidae	Oui	Prédateur	L/A	
Staphylinidae	Oui	Prédateur	L/A	
Diptera				
Syrphidae	Oui	Prédateur	L	
Hemiptera				
Anthocoridae	Non	Prédateur	L/A	
Hymenoptera				
Braconidae	Oui	Parasitoïde	L	
Neuroptera				
Chrysopidae	Non	Prédateur	L/A	

1.6. La lutte biologique par conservation

La lutte biologique par conservation est l'une des trois méthodes de lutte biologique (cf. 1.4 Biocontrôle et lutte biologique). Elle consiste à gérer les ravageurs des cultures en protégeant et en favorisant l'activité, l'abondance ou encore la diversité des espèces d'ennemis naturellement présents dans le milieu (Rusch, 2020b). Elle s'appuie sur « le maintien ou le développement d'habitats « ressources » et s'inscrit dans une démarche de protection intégrée, en tant que déclinaison agroécologique par excellence du biocontrôle, portant sur des modifications de l'environnement et/ou des pratiques » (Rousseaux et al., 2024). En d'autres termes, la gestion de l'habitat – via des pratiques agricoles ou des aménagements paysagers – peut favoriser les ennemis naturels et renforcer le contrôle biologique des ravageurs (Landis et al., 2000). À ce titre, la jachère mellifère de printemps constitue un aménagement paysager susceptible de favoriser la présence d'ennemis naturels et, partant, la lutte biologique par conservation.

La lutte biologique par conservation relève d'une approche « top-down », par opposition à l'approche « bottom-up », qui vise à perturber l'accès des ravageurs à leurs ressources (par exemple hétérogénéité de l'habitat, plantes répulsives) (Muneret et al., 2020). L'approche « top-down » considère le ravageur comme un taxon inséré dans une communauté et prend en compte les réponses des populations aux changements environnementaux (pratiques agricoles, usages du sol, climat) (Muneret et al., 2020).

Ressources pour les ennemis naturels

Différents types de ressources soutiennent les populations d'ennemis naturels : (1) ressources alimentaires pour les adultes (nectar, pollen, miellat) ; (2) proies/hôtes alternatifs ; et (3) refuges qui assurent un microclimat et protègent des perturbations. Les proies/hôtes alternatifs permettent de maintenir les ennemis naturels en dehors des pics du ravageur cible (Landis et al., 2000).

La plupart des prédateurs et parasitoïdes sont mobiles, utilisent plusieurs habitats au cours de leur cycle de vie et sont sensibles aux conditions microclimatiques. Les habitats semi-naturels jouent ici un rôle important puisqu'ils offrent des microclimats stables, des refuges contre les perturbations agricoles et une alimentation diversifiée. Il est ainsi fréquemment admis qu'environ 90 % des ennemis naturels dépendent, à un moment de leur cycle de vie, d'un habitat non cultivé, contre près de 50 % des ravageurs (Rusch, 2020a).

Parmi ces habitats, les formations herbacées – notamment les prairies naturelles – constituent des sites d'hivernation importants pour de nombreuses espèces d'araignées, de carabes, de staphylin, de coccinelles ou de chrysopes (Sarthou et al., 2014).

Les ressources végétales comme le nectar et le pollen occupent une place importante dans le régime alimentaire de certaines espèces d'ennemis naturels et peuvent ainsi améliorer l'efficacité de la lutte biologique (Lu et al., 2014). Par exemple, l'apport de nectar accroît la durée de vie reproductive et multiplie la fécondité des femelles de *Diadegma semiclausum* (Hellén 1949) (Hymenoptera : Ichneumonidae), ce qui augmente leur potentiel de parasitisme sur *Plutella xylostella* (Linnaeus 1758) (Lepidoptera : Plutellidae) (Wäckers et al., 2005; Winkler et al., 2006). De même, les habitats semi-naturels assurent la présence de proies alternatives indispensables aux prédateurs lors des périodes de disette en culture (Bianchi & Werf, 2004).

À l'échelle de la parcelle, accroître la diversité végétale influence les niveaux trophiques supérieurs : les systèmes diversifiés hébergent en moyenne davantage d'ennemis naturels et suppriment mieux les ravageurs que les monocultures (Letourneau et al., 2011). Ces effets s'expliquent à la fois par le renforcement des ennemis naturels – refuges, micro-habitats, ressources alternatives (nectar, pollen, et parfois proies/hôtes alternatifs), capture plus efficace (Langellotto & Denno, 2004) – et par des effets directs sur les ravageurs (masquage visuel/olfactif, plantes répulsives, cultures pièges) (Letourneau et al., 2011).

Rôle de la structure paysagère

À l'échelle du paysage, une plus grande part d'habitats (semi-)naturels est généralement associée à une augmentation de l'abondance – et souvent de la diversité – des ennemis naturels (Bianchi et al., 2006; Chaplin-Kramer et al., 2011). Dans la revue de Bianchi et al. (2006), 74 % des comparaisons montrent des populations d'ennemis naturels plus élevées en paysages complexes, tandis qu'une baisse de la pression des ravageurs n'apparaît que dans 45 % des cas. Ces effets sont modulés par les traits fonctionnels : les généralistes répondent positivement et leur réponse est maximale à des échelles spatiales plus larges ; les spécialistes réagissent surtout à petite échelle et leur abondance n'augmente pas systématiquement avec la complexité du paysage (Chaplin-Kramer et al., 2011).

Une influence de la structure paysagère sur les traits individuels a été mise en évidence. Chez *Poecilus cupreus* (Linnaeus 1758) (Coleoptera : Carabidae), prédateur généraliste, la taille des adultes et la fécondité sont plus élevées dans des paysages plus hétérogènes (petits champs, forts rapports périmètre/surface, davantage de cultures pérennes) (Bommarco, 1998). À l'inverse, la simplification du paysage s'accompagne d'une réduction moyenne d'environ 46 % du niveau de régulation naturelle – estimée par des expériences d'exclusion sur pucerons – par rapport à des paysages plus complexes (Rusch et al., 2016).

Une méta-analyse récente indique que les habitats semi-naturels linéaires (bandes herbacées, haies, jachères fleuries) abritent en moyenne davantage de carabes en hivernage que les cultures adjacentes, alors que l'effet n'est pas détecté pour les patches. L'effet est particulièrement net lorsque l'habitat est adjacent à une culture de printemps, ces cultures offrant souvent un sol nu hivernal et subissant des travaux du sol printaniers défavorables aux stades larvaires et pupaux (Bannwart et al., 2025).

1.7. Les bandes fleuries

Les bandes fleuries¹¹ sont aujourd'hui l'un des aménagements agroécologiques les plus souvent mis en œuvre (Kremen et al., 2019; Schepel et al., 2015; Tschumi et al., 2015; Williams et al., 2015), soutenus notamment par la PAC au sein de l'Union européenne et par le Farm Bill aux États-Unis (notamment les programmes du *Natural Resources Conservation Service* du Département de l'Agriculture des États-Unis) (IPBES, 2016; Kovács-Hostyánszki et al., 2017; Venturini et al., 2017a).

Elles fournissent aux auxiliaires non seulement des ressources alimentaires, mais aussi des sites de ponte, des refuges hivernaux et des habitats favorables à l'ensemble de leur cycle de vie (Holland et al., 2016; Kremen et al., 2019; Tschumi et al., 2015), ce qui augmente localement leur abondance et leur diversité (Haaland et al., 2011; Kremen et al., 2019; M'Gonigle et al., 2017; Schepel et al., 2013; Sutter et al., 2017, 2018; Tschumi et al., 2016; Williams et al., 2015).

Des recherches menées en France, notamment dans le cadre du projet BiodiversID¹², ont permis de comparer l'attractivité de différents mélanges fleuris pour plusieurs groupes d'insectes auxiliaires tels que chrysopes, syrphes, coccinelles, punaises prédatrices et hyménoptères parasitoïdes (BASF France, 2025).

¹¹ Dans la littérature, peu d'études portent sur les jachères mellifères telles que définies par l'éco-régime. C'est donc le terme bande fleurie qui est le plus souvent utilisé.

¹² Le projet BiodiversID est un programme français de développement de la biodiversité dans les territoires agricoles. Il regroupe une soixantaine de fermes pilotes, dont 16 fermes d'expérimentation (BASF France, 2025).

Si ces bandes fleuries en bordure de parcelles visaient initialement à soutenir la biodiversité, et plus particulièrement les polliniseurs comme l'abeille mellifère, elles se révèlent également bénéfiques pour l'entomofaune auxiliaire (Villenave-Chasset & Leblond, 2019). Leur présence est aussi un bon indicateur de biodiversité élargie, puisque les insectes auxiliaires adultes se nourrissent à la fois de proies phytophages et de ressources florales telles que nectar et pollen (Deutsch et al., 2005; Villenave-Chasset & Leblond, 2019).

Choix des espèces végétales

Pour favoriser les insectes auxiliaires, les mélanges doivent prioriser des plantes pollinifères à fleurs peu profondes comme les Astéracées, Apiacées et Rosacées, accessibles aux insectes à langue courte. Il est aussi recommandé d'y intégrer des espèces susceptibles d'héberger des proies alternatives, comme certaines Fabacées. La diversité floristique, quant à elle, ne garantit pas nécessairement une plus grande richesse en auxiliaires ; c'est plutôt la présence ciblée de certaines espèces qui détermine leur attractivité (Gardarin, 2023; Villenave-Chasset & Leblond, 2019).

Préférences florales des auxiliaires

Dans le cadre de l'étude menée par Villenave-Chasset & Leblond (2019), parmi les insectes observés, les Apidae (Hymenoptera) représentent 67 % des individus, les syrphes 23 %, tandis que les chrysopes, coccinelles, cantharides, papillons (Lepidoptera) et abeilles solitaires (andrènes) (Hymenoptera : Andrenidae) constituent les 10 % restants.

Les syrphes fréquentent principalement la camomille matricaire (*Matricaria chamomilla* L.), l'aneth (*Anethum graveolens* L.), le chrysanthème des moissons (*Chrysanthemum segetum* (L.)) et l'anthémis (*Anthemis sp.*). Les coccinelles sont nombreuses sur l'aneth, la camomille, le mélilot (*Melilotus officinalis* (L.)), la moutarde (*Sinapis arvensis* L.) et l'ortie (*Urtica dioica* L.). Les chrysopes privilégiennent les bleuets (*Centaurea cyanus* L.), les cirsées (*Cirsium arvensis* (L.)) et les cardères (*Dipsacus fullonum* L.), tandis que leurs œufs sont souvent déposés sur les phacélies (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Les cantharides visitent notamment les achilléées millefeuilles (*Achillea millefolium* L.), les cirsées, les cardères et les mélilots. Les analyses de contenu digestif ont montré que les chrysopes consomment notamment du pollen de carotte (*Daucus carota* L.), de chénopodes (*Chenopodium spp.*), de silènes (*Silene spp.*) et d'Astéracées, tandis que les syrphes montrent une forte affinité pour les pollens d'Astéracées, Apiacées et Caryophyllacées (Villenave-Chasset & Leblond, 2019).

Effets sur les cultures adjacentes

Dans les cultures de blé étudiées par Villenave-Chasset & Leblond (2019), l'abondance d'auxiliaires diminue légèrement avec la distance, mais la diversité se maintient encore à 10 m et à 50 m des bandes fleuries. Par ailleurs, des œufs de chrysopes et de syrphes ont été observés au sein des cultures adjacentes (Villenave-Chasset & Leblond, 2019). Ainsi, les bandes fleuries jouent bien un rôle de réservoirs d'auxiliaires et de relais dans la régulation naturelle contre les pucerons. Ces résultats sont cohérents avec une méta-analyse menée par Albrecht et al. (2020), qui montre que les bandes fleuries augmentent en moyenne de 16 % les services de régulation des ravageurs dans les cultures adjacentes, dans des contextes agricoles variés.

En culture de pommes de terre, Tschumi et al. (2016) ont montré que des bandes fleuries bien conçues pouvaient réduire les populations de pucerons de 75 % en moyenne, tout en augmentant significativement la ponte de syrphes (+ 127 %) et de chrysopes (+ 48 %) sur les plants adjacents. Ces effets étaient observables jusqu'à 10 m de la bande.

Toutefois, leur efficacité peut varier selon leur interaction avec la culture. Deux hypothèses sont proposées à ce sujet : l'hypothèse de l'exportateur (*exporter hypothesis*) (Kremen et al., 2019; Morandin & Kremen, 2013) suppose un renforcement des services écosystémiques par diffusion des auxiliaires vers la culture (Albrecht et al., 2007; Blitzer et al., 2012; Morandin & Kremen, 2013; Pywell et al., 2015; Sutter et al., 2017; Tschumi et al., 2015, 2016) ; tandis que l'hypothèse du concentrateur (*concentrator hypothesis*), aussi appelée *hypothèse d'agrégation* (Venturini et al., 2017a) ou *principe de Circé* (Lander et al., 2011), suggère une concentration (temporaire) des auxiliaires dans la bande fleurie, ce qui réduit leur activité de régulation des ravageurs dans les parcelles adjacentes (Nicholson et al., 2019).

Cela pourrait expliquer pourquoi certains aménagements n'améliorent pas systématiquement les services de lutte biologique, même si une abondance locale de polliniseurs ou d'ennemis naturels est observée dans les habitats restaurés (Karp et al., 2018; Phillips & Gardiner, 2015; Tscharntke et al., 2016).

Facteurs d'efficacité des bandes fleuries

Une bande fleurie efficace pour la lutte biologique doit offrir une floraison étalée – et dès le départ – idéalement de la levée du blé jusqu'à sa moisson. Par exemple, une composition qui mêle des plantes annuelles, bisannuelles et vivaces issues de familles comme les Astéracées, Apiacées, Caryophyllacées, Fabacées ou Lamiacées pourrait être intéressante.

Il est recommandé d'éviter un fauchage ou broyage trop précoce, afin de maintenir ces habitats jusqu'en août. Réalisé en fin de cycle, il permet le renouvellement sans compromettre leur efficacité écologique (Villenave-Chasset & Leblond, 2019).

La diversité végétale est associée à une plus grande diversité d'ennemis naturels, en raison notamment de mécanismes de sélection positive et de complémentarité spatiale et temporelle (Campbell et al., 2012; M'Gonigle et al., 2017; Scheper et al., 2013; Sutter et al., 2017). Néanmoins, elle ne semble pas avoir un effet réel sur l'efficacité de la lutte biologique (Albrecht et al., 2020).

Les bandes fleuries pérennes offrent de meilleures conditions d'hivernage et de nidification pour les auxiliaires que les bandes annuelles, et peuvent ainsi permettre un développement progressif des populations sur plusieurs années (Blaauw & Isaacs, 2014; Ganser et al., 2019; Kremen et al., 2019; Thies & Tscharntke, 1999; Venturini et al., 2017b). Mais ici encore, il n'existe pas de consensus clair sur l'effet de l'ancienneté de la bande sur la lutte biologique (Albrecht et al., 2020).

Dans les paysages agricoles très simplifiés, la faible densité d'auxiliaires limite leur présence dans les parcelles et dans les bandes fleuries. À l'inverse, dans les paysages très complexes, le contraste écologique apporté par les bandes peut être insuffisant pour générer un effet net. Les bénéfices les plus marqués sont ainsi attendus dans des paysages de complexité intermédiaire (Kleijn et al., 2011; Tscharntke et al., 2005). Cette hypothèse, appelée *hypothèse de la complexité paysagère intermédiaire* (Kleijn et al., 2011; Tscharntke et al., 2005), est largement soutenue dans les recherches sur la restauration de la biodiversité (Batáry et al., 2011; Scherer et al., 2013, 2015), mais reste encore peu explorée pour ce qui concerne la régulation naturelle des ravageurs (Grab et al., 2018; Jonsson et al., 2015; Rundlöf et al., 2018). Par ailleurs, les effets systématiques du contexte paysager sur la lutte biologique n'ont pas été mis en évidence (Albrecht et al., 2020; Dainese et al., 2019; Karp et al., 2018).

Enfin, les effets des bandes fleuries sur les rendements agricoles sont très variables et aucune tendance significative globale n'a été observée jusqu'à présent (Albrecht et al., 2020), quels que soient les paramètres considérés (diversité florale, ancienneté ou contexte paysager). Les gains mesurés dans certaines situations semblent étroitement liés aux pratiques agricoles locales (fertilisation, pression des ravageurs, conditions pédoclimatiques), qui peuvent masquer les effets bénéfiques d'une régulation accrue (Sutter et al., 2018).

Le rendement n'est cependant pas le seul facteur à prendre en compte. En effet, d'un point de vue environnemental et sanitaire, le seul maintien du rendement grâce à une réduction de l'usage d'insecticides compensée par une régulation naturelle constitue déjà un progrès majeur (Tschumi et al., 2015).

1.8. Cadres d'analyse sociologique

Freins et déterminants des pratiques

Dans une enquête menée auprès de 681 agriculteurs néerlandais, Bakker et al. (2021) montrent que l'intention de réduire l'usage des pesticides dépend surtout des normes descriptives (ce que font les pairs) et du contrôle comportemental perçu (théorie de l'action raisonnée). L'attitude et les normes injonctives comptent aussi, mais moins. Les auteurs soulignent l'utilité d'exemples crédibles et proches du terrain pour renforcer ce sentiment de capacité à agir (Bakker et al., 2021).

À l'échelle européenne, les décisions en protection des cultures reposent sur un faisceau de facteurs sans consensus unique. La littérature insiste sur le besoin d'appuis techniques indépendants et de connaissances opérationnelles sur les alternatives (Lamichhane et al., 2017; Sherman & Gent, 2014).

Les représentations des insectes pèsent aussi. En Allemagne, des agriculteurs appréhendent surtout les insectes selon leurs services ou disservices agronomiques, ce qui limite l'adhésion à des aménagements favorables aux insectes lorsque le bénéfice direct n'apparaît pas (Busse et al., 2021).

La crainte de pertes de rendement reste un frein majeur à la réduction des intrants (Chèze et al., 2020). À cela s'ajoutent des mécanismes de verrouillage : investissements passés, routines techniques et dépendances de trajectoire qui stabilisent les solutions chimiques (Cowan & Gunby, 1996; Wilson & Tisdell, 2001). Les exigences de marché – dont les standards d'apparence « cosmétiques » – peuvent également inciter à sécuriser la production (Wilson & Tisdell, 2001).

Les choix ne sont pas uniquement économiques. Des travaux soulignent le rôle de traits, valeurs et normes professionnelles (Pedersen et al., 2012; Rodriguez et al., 2009; Siebert et al., 2006). La figure du « bon agriculteur » se construit notamment via des marqueurs visibles du « bon travail » – propreté des parcelles, alignement des semis, présentation du bétail – qui produisent du capital symbolique au sein du groupe (Burton, 2004). Ces repères peuvent évoluer quand les preuves et les modèles de référence changent ; les analyses de transitions identitaires montrent comment l'habitus se déplace et requalifie ce qui compte comme « bon » (Cusworth & Dodsworth, 2021; Sutherland & Darnhofer, 2012). Dans ce cadre, des schémas agro-environnementaux orientés résultats laissent de la latitude technique et reconnaissent les compétences mobilisées (Burton & Schwarz, 2013).

Réseaux et apprentissages collectifs

Les transitions avancent par ajustements successifs, au fil d'observations et d'épreuves du quotidien. Les agriculteurs apprennent « en dialoguant » avec leurs pratiques et leur milieu (Brédart & Stassart, 2017). Des dispositifs participatifs comme l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) développent de nouveaux repères écologiques et rouvrent la discussion des pratiques à partir de ce qui est observé sur les parcelles (Deschamps & Demeulenaere, 2015).

Pour alléger le poids des pairs et le faible contrôle perçu mis en évidence par Bakker et al. (2021), les preuves locales comptent, c'est-à-dire visites de fermes, démonstrations, essais, groupes d'échange. Ces expériences renforcent l'auto-efficacité – le sentiment de pouvoir appliquer et ajuster une pratique dans son propre contexte (Bakker et al., 2021; Perry & Davenport, 2020). La coopération facilite aussi les changements lorsque les bénéfices sont partagés et que des structures locales organisent l'action (Stallman & James, 2015).

Le transfert de connaissances gagne en efficacité lorsqu'il émane d'acteurs légitimes et valorise des réussites collectives (avec des résultats locaux) (Chivers et al., 2023; Sherman & Gent, 2014). Dans ce cadre, le conseil évolue et devient moins prescripteur, davantage médiateur ; entre savoirs scientifiques et savoirs d'expérience (Deschamps & Demeulenaere, 2015).

Enfin, l'appui public peut sécuriser la réduction des intrants sans fragiliser les exploitations, à condition d'aligner les instruments sur la diversité des rationalités et de mobiliser des leviers issus de la psychologie du comportement (normes sociales, feedbacks, apprentissages) (Bakker et al., 2021; Perry & Davenport, 2020). Les dispositifs orientés résultats participent à cet alignement en redonnant de la marge de manœuvre et en reconnaissant le travail environnemental réalisé (Burton & Schwarz, 2013).

Approche et analyse inductive

L'analyse inductive générale se définit comme un ensemble de procédures systématiques d'analyse qualitative, guidées par les objectifs de la recherche. À partir de lectures détaillées des données brutes, elle vise à faire émerger des catégories et à « donner un sens à des données brutes » (Blais & Martineau, 2006). Elle s'appuie sur des procédures relativement simples et poursuit trois finalités : (1) résumer des données textuelles étendues, (2) relier clairement résultats et objectifs de recherche, (3) dégager un cadre ou modèle à partir des catégories émergentes (Thomas, 2006).

Pour discuter du « sens », Blais & Martineau (2006) distinguent deux voies : l'analyse des processus cognitifs d'un sujet épistémique et la compréhension du sens par l'acteur dans une démarche phénoménologique, centrée sur un « sujet héroïque » — « le sens que le sujet projette sur le monde ». Ils rappellent aussi que, le plus souvent, le sens apparaît « après coup », par une opération d'interprétation ; « donner du sens » relève d'une activité herméneutique, où l'expérience présente se met en relation avec des expériences antérieures (Blais & Martineau, 2006).

Dans le cadre de ce mémoire, l'agriculteur est donc envisagé comme acteur principal de la production de sens sur ses pratiques et contraintes. Au chercheur revient la tâche de dégager ce sens construit, sans plaquer a priori des catégories toutes faites ; la valeur d'une recherche qualitative tient alors pour une bonne part à cette capacité à « donner un sens aux données » (Savoie-Zajc, 2000). Aller vers ce sens permet d'aller « au-delà » de ce que les données brutes disent a priori (Denzin, Lincoln et al., 2005 cités par Blais & Martineau, 2006).

Concrètement, l'analyse inductive procède par lectures itératives et interprétations rapprochées des matériaux, dont émergent des catégories organisées en un modèle ou cadre synthétique (Thomas, 2006). Ces catégories gagnent à être définies avec un label, une description, des exemples textuels associés, des liens avec d'autres catégories, et leur place éventuelle dans un schéma (réseau ouvert, séquence temporelle, réseau causal) (Thomas, 2006).

Pour situer cette démarche dans une épistémologie sociologique, Hamel (2015) rappelle que l'induction consiste à combiner données empiriques et concepts afin de produire une représentation explicative située « sur un autre plan que celui de l'expérience pratique ». Il souligne, à la suite de Bourdieu, que la sociologie fonctionne comme « connaissance d'une connaissance », orchestrant un chiasme épistémologique entre le sens pratique des acteurs et l'explication théorique (Hamel, 2015).

Les modes d'existence

La notion de modes d'existence, formulée par Étienne Souriau, pose qu'il y a plusieurs manières d'être (Souriau, 1943/2009). Elle invite la philosophie à « compter bien d'autres modes d'existence que la seule action de dire plusieurs choses d'un même être » (Latour, 2009). Cette pluralité oblige à situer chaque être sur un plan d'existence précis :

« On n'a pas le droit de parler philosophiquement d'un être comme réel [...] si l'on ne dit pas aussi sur quel plan d'existence on l'a atteint » (Souriau, 2009, pp. 18–19).

Au centre se trouve l’instauration. Pour savoir ce qu’est un être, il faut le mener jusqu’à sa tenue propre par un trajet fait d’essais et de jugements. Souriau décrit ce mouvement comme une variation anaphorique, où l’œuvre (ou l’être) « tient » progressivement (Souriau, 2009). Chez Latour lisant Souriau, instaurer n’équivaut pas à « construire » au sens du Dieu potier. Parler d’instauration, c’est insister sur l’accueil, le recueil, la préparation, l’exploration et l’invention d’une forme qui résiste et oblige (Latour, 2009). Dans cette lecture, « aucun être n’a de substance ; s’ils subsistent, c’est qu’ils sont instaurés » (Latour, 2009).

Pour éviter les erreurs de catégorie, Latour accole aux modes de Souriau l’idée de régimes d’énonciation. Un régime n’énonce pas le contenu, il règle comment accueillir un énoncé, selon des conditions de félicité¹³ (un terme qu’il reprend à Austin). Dans cette « grammaire de l’existence », les prépositions (et, si, pour, devant, avec) ne désignent pas des « régions » d’être ; elles préparent la position et orientent la direction d’existence de ce qui suit (Latour, 2009).

En les considérant ensemble, ces éléments dessinent un pluralisme ontologique : le réel se compose de plusieurs modes/régimes irréductibles, chacun avec ses exigences propres. Le rôle du chercheur consiste alors à identifier le mode en jeu (le plan d’existence pertinent) et les épreuves par lesquelles l’être acquiert puis maintient sa tenue (Latour, 2009; Souriau, 2009). Cette perspective est reprise et systématisée par Latour dans *Enquête sur les modes d’existence* – telle que présentée par Le Bot (2014). Il distingue plusieurs régimes (scientifique, juridique, religieux, technique, etc.), chacun défini par ses propres conditions de félicité et par des épreuves de validité – l’enjeu étant de ne pas juger un mode avec les critères d’un autre (Le Bot, 2014).

L’écologie des relations

Philippe Descola propose quatre schèmes pour penser les rapports entre humains et non-humains. Ils reposent sur la manière dont sont perçues des continuités et des discontinuités d’intérieurité (capacités intentionnelles, morales, cognitives) et de physicalité (corps, propriétés matérielles). Ces schèmes relèvent d’une ontologie – « Une ontologie, c’est le mobilier du monde », c’est-à-dire un modèle de la façon dont les humains perçoivent et organisent ces continuités et discontinuités (Descola, 2019).

¹³ La notion de « Conditions de félicité » appartient au vocabulaire de Latour, pas à celui de Souriau. Il provient de *La philosophie du langage* de J.L. Austin (Ambroise, 2015).

On distingue l'animisme, le naturalisme, le totémisme et l'analogisme. L'animisme pose des intérriorités semblables et des physicalités différentes ; le naturalisme inverse ce rapport (intérriorités différentes, physicalités semblables) ; le totémisme associe des similarités d'intériorité et de physicalité au sein de collectifs ; l'analogisme cumule différences d'intériorité et de physicalité (Descola, 2015, cité par Le Bot, 2007). Pour l'analogisme, Descola décrit un monde fragmenté que l'on recompose en « un dense réseau d'analogies » ; la « grande chaîne de l'être », en offre un exemple classique (Descola, 2005, cité par Le Bot, 2007).

Ces schèmes ne constituent ni des « modèles culturels » ni des « habitus localement dominants » ; mais des « schèmes d'intégration de l'expérience » qui structurent sélectivement la perception et les rapports à autrui (Descola, 2005, cité par Le Bot, 2007). Ils fonctionnent comme des principes organisateurs disponibles, activés selon les situations, plutôt qu'assignés une fois pour toutes à des personnes ou à des « cultures » prises en bloc (Le Bot, 2007).

Dans ce mémoire, ces schèmes servent d'outils de lecture. L'analyse repère, à l'échelle d'un extrait d'entretien ou d'une scène d'observation, des postures relationnelles (indicateurs animistes, naturalistes, analogistes, totémiques), sans classer les acteurs. Un même agriculteur peut mobiliser différents registres selon la situation. Lorsque l'un d'eux semble s'imposer, Le Bot (2007) invite à distinguer les ontologies des ontonomies, qui relèvent de la structuration sociale des collectifs (castes, segments, positions) et non de la grammaire des relations entre existants (Le Bot, 2007). Les ontologies relèvent « d'une théorie du signe », alors que les ontonomies relèvent d'une « théorie de la personne ». Cette distinction évite d'attribuer à une seule logique de sens ce qui tient aussi à des appuis institutionnels. (Le Bot, 2007).

Sociologie de la traduction

La sociologie de la traduction (ou théorie de l'acteur-réseau) décrit comment des acteurs hétérogènes – humains et non-humains – s'agrègent en réseaux où se redéfinissent simultanément problèmes, identités et relations. Dans l'étude fondatrice sur les coquilles Saint-Jacques, Callon (1986) formalise le processus en quatre moments : problématisation (poser un monde commun et un « point de passage obligé »), intéressement (arrimer des acteurs à cette définition), enrôlement (attribuer des rôles) et mobilisation (assurer la représentativité via des porte-parole et stabiliser provisoirement le réseau). Des inscriptions (nombres, courbes, énoncés) rendent présents, à distance, des acteurs absents et permettent la circulation, la comparaison et l'agrégation des épreuves (Callon, 1986).

Dans cette perspective, « parler au nom de » relève d'un effet de réseau. Un porte-parole concentre des chaînes d'intermédiaires et d'équivalences qui l'autorisent à l'énonciation. La représentativité reste une question pratique, toujours susceptible de contestation, mais lorsque les chaînes tiennent, « quelques voix » parlent pour des populations entières — coquilles, pêcheurs, collègues dans l'exemple des coquilles Saint-Jacques — et engagent leur sort (Callon, 1986).

Du côté des objets, Akrich (1993) montre que la conception inscrit des hypothèses sur les usagers et les situations d'usage. Le travail de conception aboutit à un script (ou « scénario ») qui prédétermine des scènes d'action et distribue des compétences et des attentes, sans jamais garantir l'obéissance des situations réelles (Akrich, 1993). D'où la question directrice : « Que dois-je déléguer à la machine, que puis-je laisser à l'initiative des humains ? » (Akrich, 1993). Le script reste une hypothèse tant qu'aucun collectif d'usagers ne vient incarner — ou détourner — les rôles prescrits.

Méthodologiquement, « suivre les associations » consiste à observer comment des inscriptions et des dispositifs assurent la continuité entre éléments hétérogènes et rendent possible la prise de parole « au nom de ». Cette attention conduit aussi à noter les irréversibilités. À mesure que des instruments cadrent les épreuves et que des résultats circulent, les rôles, les identités et les propriétés s'épaissent, et le succès paraît « aller de soi » — alors qu'il résulte d'ajustements multiples (Callon, 1990).

Ce mouvement va de pair avec une critique des inversions : lorsque l'on ne voit plus que l'énoncé final et que la chaîne de (re-)présentations est mise entre parenthèses, on inverse la traduction ; le résultat paraît s'imposer de lui-même et naturalise le travail collectif qui l'a rendu possible (Akrich, 1992; Callon, 1997).

Enfin, l'apport d'Hennion, (2013) déplace l'accent depuis des causalités linéaires vers des attachements faits de causes partielles et hétérogènes : « agir pour être agi » ; « Il faut en faire des choses, pour que les choses arrivent ! ». Les choses « font faire », et l'épreuve pratique de ces liens demande un engagement méthodique de l'amateur/professionnel, loin de toute opposition simpliste actif/passif (Hennion, 2013).

2. Objectifs

Ce mémoire repose sur une double approche – une approche écologique et une approche sociologique – pour évaluer dans quelles mesures les jachères mellifères de printemps peuvent servir de levier dans la lutte biologique. Dans l'approche écologique, il s'agit d'analyser (1) l'effet de paramètres de la jachère mellifère (couverture florale et présence de pucerons comme proies alternatives) sur l'abondance en une diversité d'ennemis naturels, et (2) l'effet de la jachère mellifère sur les nuisibles (présence et abondance en pucerons), leurs ennemis naturels (abondance) et la régulation biologique exercée par ces derniers (taux de parasitisme) dans la culture adjacente.

Dans l'approche sociologique, l'objectif est de comprendre comment les agriculteurs perçoivent et s'approprient la jachère mellifère à partir de leurs pratiques et de leur rapport au vivant. Différents cadres d'analyse théoriques – issus de la sociologie et de l'anthropologie des relations au vivant – sont mobilisés parmi lesquels : l'Être agriculteur, qui renvoie à l'identité et à la conception du métier ; les modalités d'existence, qui concernent les manières de faire exister la jachère mellifère ; et les schèmes de relations, qui permettent de comprendre comment elle s'inscrit dans un réseau d'interactions.

Combiner ces deux approches permet d'aller au-delà d'une simple description des perceptions ou du fonctionnement de la jachère. La jachère mellifère est alors envisagée comme un objet sociotechnique, dont l'appropriation et la pérennité dépendent autant de dynamiques écologiques que de dynamiques humaines. Les observations de terrain prennent sens à travers les pratiques et les choix des agriculteurs, tandis que leur engagement conditionne son efficacité sur le long terme.

Ces objectifs se traduisent par deux questions de recherche :

Dans quelle mesure les jachères mellifères de printemps contribuent-elles à la lutte biologique contre les pucerons des céréales ?

Comment les facteurs sociaux, économiques et techniques influencent-ils leur adoption et leur appropriation par les agriculteurs, et conditionnent-ils leur efficacité à long terme ?

3. Matériel et méthodes

3.1. Données générales

L'étude a été menée en Wallonie (Belgique), sur des exploitations situées en Hesbaye. Deux approches complémentaires ont été mobilisées : une approche écologique (quantitative) et une approche sociologique (qualitative). Huit exploitations agricoles ont été intégrées au dispositif, dont la ferme expérimentale de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège).

Le groupe d'agriculteurs (Annexe A) a été constitué à partir des réseaux existants de Natagriwal, du Parc Naturel Burdinale-Mehaigne (PNBM) et de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège). La prise de contact initiale a été assurée par Séverin Hatt (Natagriwal) et Arnaud Segers (ULiège – GxABT). La plupart des participants étaient déjà engagés dans des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) ainsi que dans des pratiques culturelles d'agriculture de conservation, comme le non-labour. Ils ont été sollicités à la fois pour participer à l'enquête qualitative et pour mettre en place une jachère mellifère de printemps. Un agriculteur n'a été inclus que dans le volet sociologique, en raison d'un semis de la jachère mellifère réalisé trop tardivement pour permettre de réaliser le suivi écologique. Un autre, dont la jachère correspondait à un mélange d'automne, a également été intégré uniquement à la partie sociologique. La méthodologie propre à chaque approche est détaillée dans les sections suivantes.

3.2. Enquêtes qualitatives

Les entretiens ont été réalisés au domicile des agriculteurs, à la suite d'un premier contact téléphonique pour fixer un rendez-vous. Sur les neuf personnes sollicitées, six ont accepté de participer ; les autres ont décliné, faute de temps.

Pour faciliter la collecte des données et leur transcription, les entretiens ont été enregistrés – avec l'accord des agriculteurs – à l'aide d'un micro DJI Mic 2 (SZ DJI Technology Co., Ltd., Chine). Un guide d'entretien avait été préparé pour structurer les échanges, mais il a rapidement été mis de côté pour adopter une approche plus inductive. Je renvoie le lecteur au chapitre 5.1 *Le rôle d'enquêteur*, où l'évolution de ma posture est détaillée sous forme de récit.

En début d'entretien, un tableau réalisé par Natagriwal (Annexe B) était utilisé pour situer la jachère mellifère dans le cadre des MAEC et de l'éco-régime, et faciliter ainsi la discussion avec l'agriculteur.

L'étape du codage s'appuie sur l'analyse inductive générale telle que décrite par Blais & Martineau (2006). Elle se déroule en quatre temps :

- Préparation des données brutes : une première transcription a été générée avec le logiciel Sonix (sonix.ai, Sonix Inc.). Les entretiens ont ensuite été réécrits complètement – en parallèle d'une écoute au casque – pour les rendre les plus fidèles possible au discours des agriculteurs.
- Lectures approfondies : une fois l'étape de transcription finalisée et validée, chaque entretien a été relu de manière approfondie et itérative afin d'avoir une vue d'ensemble claire des données disponibles et des idées générales avec, en parallèle, la rédaction de fiches d'entretien qui permettent de synthétiser les idées.
- Codage initial : le codage à proprement parler a été réalisé à l'aide du logiciel Taguette (Rampin & Rampin, 2021). En passant chaque transcription en revue, le logiciel permet de mettre en évidence (surlignage) des passages de texte et de les assigner à des étiquettes (ou catégories).
- Raffinement : une fois tous les passages identifiés, le nombre de catégories a été réduit en regroupant les citations par catégories proches en vue de l'analyse sociologique. L'objectif est d'aboutir à un nombre restreint de catégories centrales.

C'est à l'issue de ces étapes que le travail d'analyse commence, en mobilisant les différentes catégories – et donc les différentes citations – à travers différents cadres d'analyse pertinents.

3.3. Relevés entomologiques et floristiques

Le mélange semé dans les jachères mellifères de printemps a été élaboré à partir de la liste des espèces autorisées dans le cadre de l'éco-régime « maillage écologique » (Tableau 2). Sa composition (Tableau 4) a été définie par Natagriwal en fonction de l'attrait nectarifère et pollinifère des espèces pour les ennemis naturels ciblés. Le mélange, fourni gratuitement aux agriculteurs dans le cadre de l'essai, provenait de la société Jorion Philip-Seeds (Frasnes-lez-Anvaing).

Les relevés de terrain ont été effectués toutes les deux semaines, du 26 mai au 27 juin 2025, soit trois périodes au total. L'objectif était de documenter la composition floristique des jachères mellifères, l'abondance d'ennemis naturels, la présence de pucerons (proies/hôtes alternatifs et ravageurs) et la présence de prédateurs dans les cultures adjacentes. Les données ont été consignées sur des fiches d'observation (Annexe E et Annexe F) élaborées en collaboration avec le laboratoire d'entomologie fonctionnelle de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège).

Tableau 4 – Composition des espèces sélectionnées par Natagriwal dans le mélange mellifère de printemps.

Variété	Poids semis (kg/ha)	Ratio (%)
Asteraceae		
<i>Helianthus annuus</i>	Peredovick	4
Brassicaceae		
<i>Raphanus sativus</i>	Romesa	2
<i>Sinapis alba</i>	Maryna	1,6
Fabaceae		
<i>Vicia sativa</i>	Gravesa	8
Polygonaceae		
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Korona	10
Total	25,6	100

Sites d'étude

Les observations ont été menées sur neuf parcelles, incluant cultures et jachères mellifères, en Hesbaye (Annexe A). Les jachères étaient implantées en bordure de cultures de céréales d'hiver : sept en froment (*Triticum aestivum* L. Poaceae), une en triticale (*x Triticosecale rimpauri* Wittm.) biologique, une en orge brassicole (*Hordeum vulgare* L. Poaceae). Une partie des relevés (quatre au total) a été réalisée par Téo Soenens, étudiant en master bioingénieur, dans le cadre de son travail de fin d'étude, ceci afin de répartir la charge de travail. Les données ont ensuite été rassemblées pour constituer un jeu de données statistiquement plus robuste. Le même protocole a été suivi dans les deux mémoires.

Relevés au sein des jachères mellifères

Trois types de relevés ont été effectués :

- *Relevés floristiques* : le taux de couverture végétale totale et le taux de couverture florale des espèces présentes (semées et spontanées) – en pourcentage – a été évalué sur un transect d'une longueur de 100 m (équivalent à la distance entre les trois pièges, cf. ci-après). L'identification végétale a été réalisée à l'aide de connaissances personnelles, avec le soutien de Séverin Hatt et de l'application ObsIdentify.
- *Proies/hôtes alternatifs* : cinq individus de chaque espèce semée ont été choisis au hasard et examinés pour détecter la présence ou l'absence de pucerons.

- *Ennemis naturels* : un triplet de pièges à cuvettes jaunes (Flora®, 27 cm de diamètre et 10 cm de profondeur), alignés sur une distance totale de 100 m (espacés de 50 m), a été placé dans chaque jachère à hauteur de plantes et activé pendant 48 heures à chaque période. L'activation consistait à remplir les pièges d'eau et d'y ajouter quelques gouttes de détergent (liquide vaisselle écologique et inodore) afin de réduire la tension de surface de l'eau. Les pièges ont été vidés à l'aide d'un tamis à farine métallique d'une maille de 0,4 mm. Les insectes capturés ont été conservés dans des piluliers contenant de l'éthanol à 70 % et étiquetés avec le code du piège (initiales de l'agriculteur + numéro du piège) ainsi que les dates de pose et de relevé.

Relevés au sein des cultures

Dans la culture adjacente à chaque jachère mellifère, 20 talles de céréales ont été sélectionnées aléatoirement à 5 m et à 50 m de la jachère. Sur chaque talle, l'abondance en pucerons, en momies (pucerons parasités par un parasitoïde) et en prédateurs ont été dénombrés. Les prédateurs considérés étaient les coccinelles (œufs, larves, pupes, adultes), les syrphes et les chrysopes (œufs, larves, pupes) ainsi que les cantharides et les staphylinids (larves et adultes).

3.4. Préparation et identification des insectes

L'identification a été réalisée au Laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech, selon un protocole standardisé. L'objectif était de documenter la présence et l'abondance des principaux groupes d'ennemis naturels qui interviennent dans la régulation des populations de pucerons.

Étapes de traitement

Un tri préliminaire a d'abord permis de cibler les familles d'intérêt : Anthocoridae, Braconidae, Cantharidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Staphylinidae et Syrphidae. Les individus retenus ont été piqués sur des planches de polystyrène à l'aide d'épingles entomologiques. Ils ont ensuite été laissés à sécher à température ambiante pendant deux à trois semaines. Les Braconidae, en raison de leur petite taille, ont été conservés séparément dans des tubes de type Eppendorf contenant de l'éthanol à 70 %.

Identification

Dans la mesure du possible, l'identification a été menée au niveau taxonomique le plus précis (jusqu'au genre ou à l'espèce), à l'aide d'une loupe binoculaire et de clés de détermination spécifiques (Tableau 5). Lorsque cela n'était pas possible, elle s'est limitée à la famille, suffisante pour déterminer les ennemis naturels.

Les individus ont été consignés dans deux bases de données :

- une base générale pour le laboratoire, regroupant l'ensemble des insectes piqués (référencement, étiquetage, mise en collection) ;
- une base propre au mémoire, recensant uniquement les ennemis naturels.

Tableau 5 – Liste des clés de détermination utilisées pour l'indentification des ennemis naturels.

Références	
Anthocoridae	Mignon et al., 2021
Braconidae	
<i>Aphidius sp.</i>	Rakhshani et al., 2008 ; Tomanović et al., 2003
Cantharidae	Mignon et al., 2021
<i>Cantharis sp.</i>	Hackston, 2017
<i>Rhagonycha sp.</i>	Hackston, 2017
Chrysopidae	
<i>Chrysoperla carnea</i>	San Martin, 2004
Coccinellidae	
<i>Adalia bipunctata</i>	Renson, 2018
<i>Coccinella septempunctata</i>	Renson, 2018
<i>Harmonia axyridis</i>	Renson, 2018
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	Renson, 2018
Staphylinidae	Mignon et al., 2021
Syrphidae	
<i>Episyrrhus balteatus</i>	Pétremand et al., 2022 ; Schulten, 2017
<i>Eupeodes corollae</i>	Pétremand et al., 2022 ; Schulten, 2017
<i>Melanostoma mellinum</i>	Pétremand et al., 2022 ; Schulten, 2017
<i>Sphaephoria scripta</i>	Pétremand et al., 2022 ; Schulten, 2017
<i>Syrphus sp.</i>	Pétremand et al., 2022 ; Schulten, 2017

Limitations

La conservation dans l'alcool peut altérer certains critères morphologiques. De plus, l'identification a été réalisée dans un délai restreint, imposé par les échéances du mémoire. Par souci de rigueur, seules les identifications réalisées avec un haut niveau de certitude ont été menées jusqu'au genre ou à l'espèce. En cas de doute, l'identification a été volontairement limitée à la famille.

3.5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées sous RStudio (version 4.4.1 ; Posit Team, 2025) afin d'évaluer :

- l'effet de deux paramètres liés à la jachère mellifère – la couverture florale et le taux de présence en proies/hôtes alternatifs (pucerons) – sur l'abondance totale des ennemis naturels et leur abondance par famille ;
- l'effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance en pucerons, le taux d'infestation en pucerons, l'abondance d'ennemis naturels et le taux de parasitisme.

L'intégralité des scripts R Markdown se trouve dans les annexes (Annexe GAnnexe H).

Structure des données et choix des modèles

Les relevés ont été effectués sur neuf parcelles, chacune suivie à trois périodes, soit un total de 27 observations. Cette organisation implique une structure hiérarchique, avec des mesures répétées par parcelle. Lorsque justifié, un effet aléatoire sur la variable *Parcelle* a été intégré dans les modèles afin de tenir compte de cette dépendance.

Selon la structure des jeux de données, deux types de modèles ont été mobilisés :

- des modèles linéaires généralisés simples (GLM), ajustés via la fonction `glm()` du package `stats`, pour les analyses sans structure hiérarchique (c'est-à-dire effectuées sur une seule période) ;
- des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM), ajustés via les fonctions `glmer()` (package `lme4` ; Bates et al., 2015) ou `glmmTMB()` (package `glmmTMB` ; Brooks et al., 2017), pour les données répétées sur les trois périodes.

Les principales caractéristiques de ces modèles (distribution, fonction R, package et effet aléatoire) sont présentées dans le Tableau 6.

Les variables d'abondance ont été modélisées en premier lieu avec une distribution de Poisson. En cas de surdispersion des résidus, les modèles ont été réajustés à l'aide d'une distribution binomiale négative, via les fonctions `glm.nb()` (package MASS ; Venables et al., 2002) ou `glmmTMB()` (famille : `nbinom2`). Les taux d'infestation et de parasitisme, dont les valeurs sont des proportions, ont été analysés avec une distribution binomiale. La surdispersion a été systématiquement testée en comparant la somme des carrés des résidus de Pearson à une loi du khi carré (χ^2) ; le rapport de cette somme aux degrés de liberté résiduels a également été calculé (valeur attendue proche de 1). L'ensemble des modèles linéaires généralisés a été évalué à l'aide d'un test du khi carré (χ^2) via la fonction `Anova()` (package car ; Fox & Weisberg, 2019).

Tableau 6 – Résumé des modèles statistiques utilisés (GLM et GLMM).

	Distribution	Fonction	Package	Effet aléatoire
Modèle linéaire généralisé mixte (GLMM)	Poisson ; binomiale	<code>glmer()</code>	<code>lme4</code>	Oui
	Binomiale négative	<code>glmmTMB()</code>	<code>glmmTMB</code>	Oui
Modèle linéaire généralisé simple (GLM)	Poisson ; binomiale	<code>glm()</code>	<code>stats</code>	Non
	Binomiale négative	<code>glm.nb()</code>	<code>MASS</code>	Non

Effets des paramètres de la jachère mellifère sur les ennemis naturels

Dans un premier temps, des modèles complets ont été construits pour évaluer l'effet de la couverture florale, du taux de présence de proies/hôtes alternatifs et de leur interaction, sur l'abondance totale en ennemis naturels, ainsi que sur l'abondance de chaque famille d'ennemis naturels séparément. Le taux de présence de proies/hôtes alternatifs a été calculé comme la proportion de plantes infestées par des pucerons parmi les 25 observées (cinq plantes par espèce semée).

En cas d'absence d'effet significatif de l'interaction (couverture florale x proies alternatives), des sous-modèles ont été générés par sélection automatique des variables explicatives via la fonction `dredge()` (package MuMIn ; Bartoń, 2025) qui teste toutes les combinaisons possibles et les classe selon leur critère d'information d'Akaike corrigé (AICc). Le modèle retenu pour l'interprétation était soit le modèle complet en cas d'effet significatif de l'interaction entre les variables explicatives, soit le modèle le plus parcimonieux, c'est-à-dire celui présentant la plus faible valeur d'AICc.

Effets de la distance à la jachère sur les variables en culture

Pour évaluer l'effet de la distance à la jachère (5 m vs 50 m) sur les variables mesurées en culture (abondance de pucerons, taux d'infestation en pucerons, abondance en ennemis naturels, taux de parasitisme), des modèles simples ont été ajustés directement avec la variable *Distance* comme prédicteur. Le taux d'infestation en pucerons correspond au nombre de talles de céréales comprenant au moins un puceron divisé par le nombre total de talles observées (20 talles par distance). Le taux de parasitisme, mesuré en culture, correspond à la proportion de pucerons parasités, selon la formule :

$$Taux\ de\ parasitisme = \frac{nombre\ de\ momies}{nombre\ de\ pucerons + nombre\ de\ momies}$$

4. Évaluation écologique

4.1. Résultats

Description des jachères mellifères

Couverture végétale et florale

La couverture végétale moyenne des jachères mellifères augmente progressivement au cours des trois périodes de relevés. Elle est de $74,44\% \pm 4,20$ (moyenne \pm ES) pour la période du 26 au 30 mai 2025, de $81,67\% \pm 2,50$ pour la période du 9 au 13 juin 2025, et atteint $83,75\% \pm 3,63$ pour la période du 23 au 27 juin 2025.

La couverture florale moyenne (Figure 8) est dominée par *Sinapis alba* L. (Brassicaceae), *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae) et *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae), qui représentent ensemble plus de 90 % de la floraison observée à la seconde période (93,04 %). Ces trois espèces atteignent leur pic de floraison entre le 9 et le 13 juin 2025, tandis que *Vicia sativa* L. et *Helianthus annuus* L. montrent une floraison plus tardive et moins abondante. Les espèces spontanées restent marginales et représentent en moyenne $4,34\% \pm 2,41$ de la couverture florale au cours de la seconde période (pic de floraison) (Tableau 7).

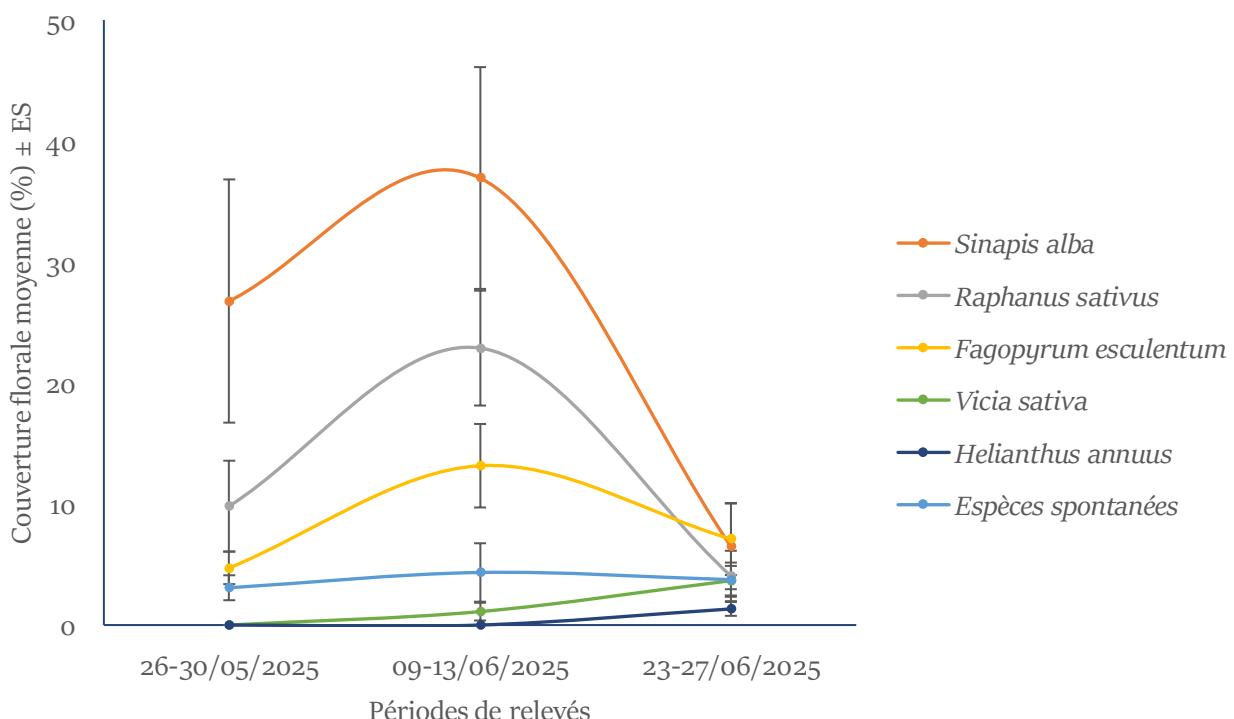


Figure 8 – Evolution de la couverture florale moyenne (\pm ES) des cinq espèces du mélange fleuri et des espèces spontanées au cours des trois périodes de relevés.

Tableau 7 – Couverture florale moyenne (%) des espèces spontanées recensées dans les jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.

	Périodes			Moyenne
	26-30/05/25	09-12/06/25	23-27/06/25	
Asteraceae				
<i>Centaurea cyanus</i> L.	0	0	0,56	0,19
<i>Cirsium arvense</i> (L.)	0	0,83	1,11	0,65
<i>Glebionis segetum</i> (L.)	0	0	0,11	0,04
<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn.	0,11	0	0	0,04
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	0,11	0,33	2	0,81
<i>Sonchus arvensis</i> L.	0	0,11	0,67	0,26
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg	0,56	0	0	0,19
Amaranthaceae				
<i>Chenopodium album</i> L.	0	1,61	3,33	1,65
Boraginaceae				
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	1,22	3,33	2,89	2,48
Brassicaceae				
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.)	0,11	0,22	0	0,11
Caryophyllaceae				
<i>Stellaria media</i> (L.)	0	0,11	0	0,04
Convolvulaceae				
<i>Convolvulus</i> sp.	0	0	0,11	0,04
Euphorbiaceae				
<i>Mercurialis annua</i> L.	0	3,89	0,56	1,48
Fabaceae				
<i>Trifolium repens</i> L.	0,11	0,22	0,28	0,20
Lamiaceae				
<i>Lamium purpureum</i> L.	0,28	0,28	0,11	0,22
Papaveraceae				
<i>Fumaria officinalis</i> L.	0,11	0,25	0,10	0,15
<i>Papaver rhoeas</i> L.	0	0,78	1,28	0,69
Plantaginaceae				
<i>Veronica</i> sp.	0,11	0,56	0,56	0,41
Ranunculaceae				
<i>Ranunculus arvensis</i> L.	1,39	0,5	0,39	0,76
Rubiaceae				
<i>Galium</i> sp.	0	0,83	0,11	0,31

Présence de proies/hôtes alternatifs

Le taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) varie selon les espèces florales et la période de relevés (Figure 9). Un pic est observé pour l'ensemble des espèces lors de la seconde période (9-13 juin 2025), avec des taux qui atteignent 0,94 pour *V. sativa*, 0,91 pour *H. annuus* et 0,88 pour *S. alba*. Les valeurs sont plus modérées pour *R. sativus* (0,65) et *F. esculentum* (0,60). Lors de la troisième période, les taux diminuent pour toutes les espèces, sauf pour *Vicia sativa*, qui maintient un taux élevé (0,92).

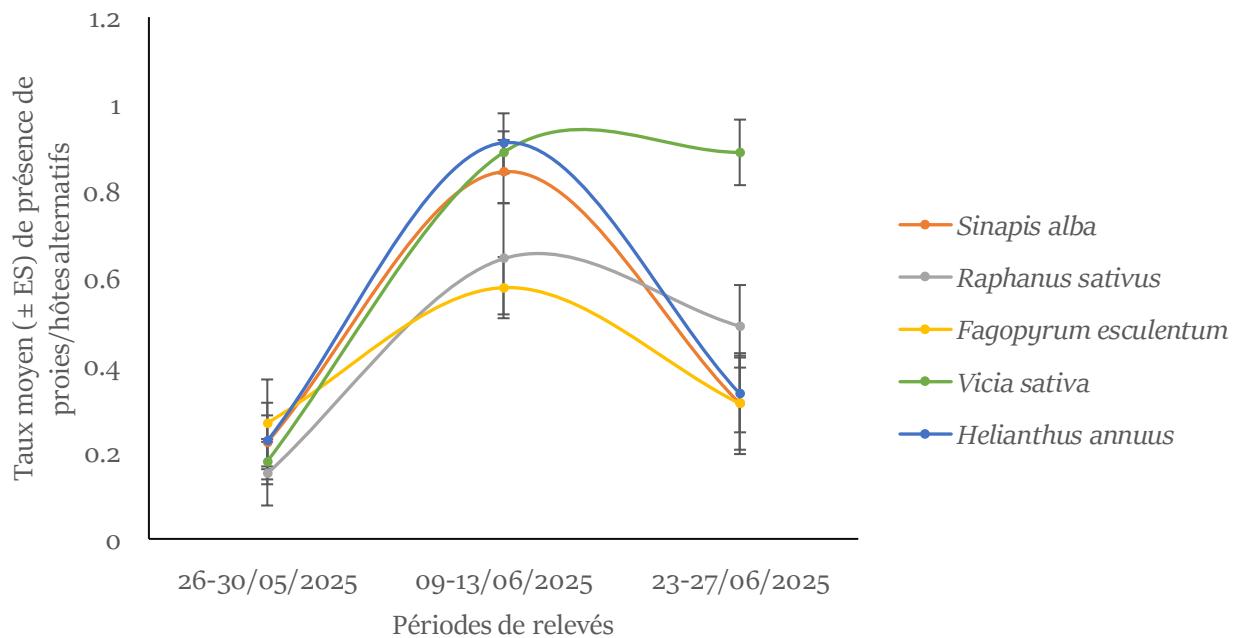


Figure 9 – Evolution du taux moyen (± ES) de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur les cinq espèces du mélange fleuri au cours des trois périodes de relevés.

Description des communautés d'ennemis naturels

Un total de 659 individus d'ennemis naturels a été recensé dans les jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés (Tableau 8). La famille des Syrphidae est la plus abondante, avec 342 individus, soit 58,48 % du total (Figure 10). Elle est suivie par les Anthocoridae (147 individus), les Braconidae (57 individus) et les Coccinellidae (55 individus). Au sein des Syrphidae, *Episyrrhus balteatus* (De Geer 1776) constitue l'espèce la plus abondante (58,5 %), suivie d'*Eupeodes corollae* (Fabricius 1794 ; 28,9 %). Parmi les Coccinellidae, *Harmonia axyridis* (Pallas 1773) domine avec 45,5 % des effectifs au sein de la famille, devant *Coccinella septempunctata* Linnaeus 1758 (30,9 %) et *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus 1758) (21,8 %). Les Cantharidae sont principalement représentés par *Cantharis sp.*, tandis que les Chrysopidae sont exclusivement composés de *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836).

Tableau 8 – Nombre d'individus recensés par période pour chaque famille et espèce d'ennemis naturels identifiés dans les jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.

	Périodes			Total (n=659)	%
	26-30/05/25	09-12/06/25	23-27/06/25		
Anthocoridae	4	52	91	147	
Braconidae	4	12	41	57	
<i>Aphidius sp.</i>	4	12	41	57	100
Cantharidae	7	11	4	22	
<i>Cantharis sp.</i>	7	11	3	21	95,5
<i>Rhagonycha sp.</i>	0	0	1	1	4,5
Chrysopidae	0	0	20	20	
<i>Chrysoperla carnea</i>	0	0	20	20	100
Coccinellidae	9	20	26	55	
<i>Adalia bipunctata</i>	0	1	0	1	1,8
<i>Coccinella septempunctata</i>	0	5	12	17	30,9
<i>Harmonia axyridis</i>	7	10	8	25	45,5
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	2	4	6	12	21,8
Staphylinidae	5	10	1	16	
Syrphidae	1	67	274	342	
<i>Episyrrhus balteatus</i>	0	8	192	200	58,5
<i>Eupeodes corollae</i>	1	48	50	99	28,9
<i>Melanostoma mellinum</i>	0	3	4	7	2,0
<i>Sphaephoria scripta</i>	0	5	15	20	5,8
<i>Syrphus sp.</i>	0	3	13	16	4,7

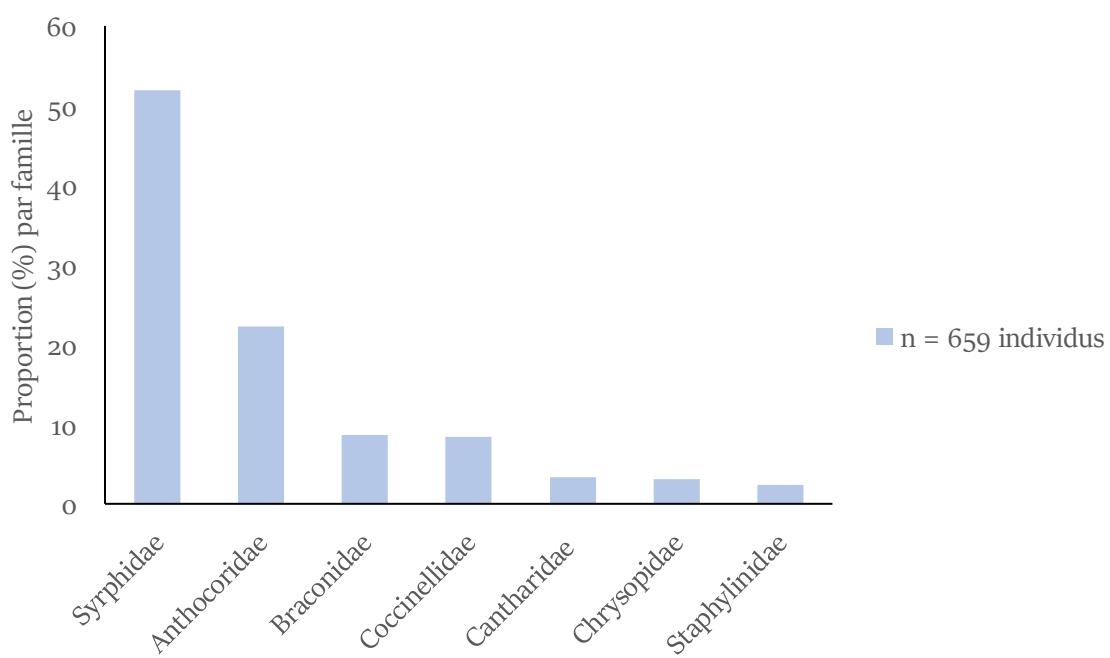


Figure 10 – Répartition des ennemis naturels par famille (n=659).

Effet de la floraison et du taux de proies/hôtes alternatifs sur l'abondance d'ennemis naturels

L'abondance d'ennemis naturels varie selon le taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons), mais pas selon la couverture florale ni leur interaction (Tableau 9). Le modèle le plus parcimonieux met en évidence un effet significatif positif du taux de proies/hôtes alternatifs sur l'abondance totale d'ennemis naturels (Tableau 9, Figure 11a).

Plus spécifiquement, l'abondance des Anthocoridae augmente également avec le taux de présence de pucerons comme proies alternatives (Figure 11b). Aucun effet significatif n'est détecté pour la couverture florale ni pour l'interaction avec le taux de proies alternatives (Tableau 9). En effet, le modèle le plus parcimonieux met en évidence un effet significatif positif du taux de proies alternatives sur l'abondance des Anthocoridae (Tableau 9).

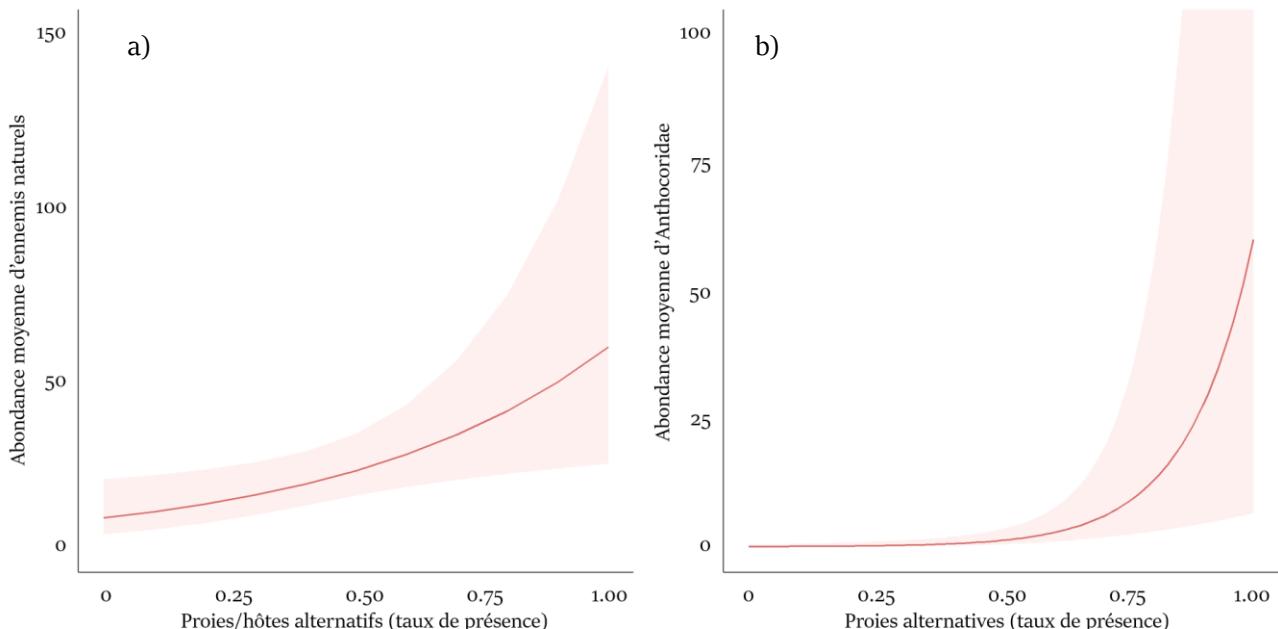


Figure 11 – Effet du taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur l'abondance des ennemis naturels.
Effet du taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur (a) l'abondance moyenne prédictive (a) d'ennemis naturels et (b) d'Anthocoridae. Les aires colorées représentent les intervalles de confiance à 95 %.

Chez les Braconidae, ni la couverture florale ni le taux de proies/hôtes alternatifs ne présentent d'effet significatif pris isolément. En revanche, leur interaction est significative et négative (Tableau 9). Les prédictions indiquent qu'à faible floraison, un taux élevé de pucerons s'accompagne d'abondances maximales (Figure 12a). Lorsque la floraison est dense, les différences entre niveaux de proies/hôtes alternatifs (pucerons) s'atténuent, suggérant une réponse conjointe aux ressources florales et trophiques, avec un effet de compensation possible entre les deux.

Chez les Coccinellidae, l'effet de la couverture florale interagit de manière significative et positive avec le taux de proies alternatives, ce qui indique que l'effet de la floraison varie selon la disponibilité de proies alternatives (pucerons) (Tableau 9). Les abondances les plus élevées sont observées lorsque la floraison est faible et que les pucerons sont abondants, alors qu'une floraison dense tend à réduire ces différences (Figure 12b).

La variabilité de la couverture florale et du taux de présence de proies alternatives n'a eu aucun effet significatif sur l'abondance spécifique des Syrphidae, Chrysopidae et Staphylinidae (Tableau 9). Par ailleurs, il n'a pas été possible de construire un modèle complet robuste expliquant l'abondance en Cantharidae probablement dû à une surparamétrisation. Des modèles simples incluant chacune des variables séparément n'indique pas d'effet significatif, ni de la couverture florale ($\chi^2 = 0,683$; $p = 0,409$), ni du taux de proies alternatives ($\chi^2 < 0,001$; $p = 0,986$).

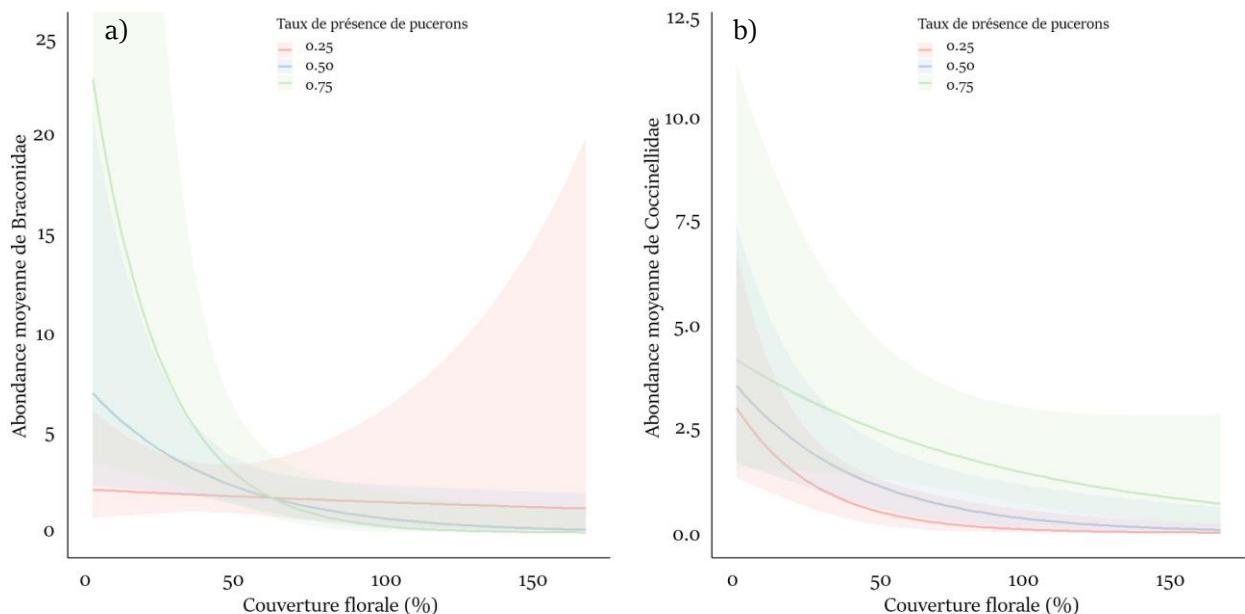


Figure 12 – Effet de l'interaction entre le taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) et de la couverture florale sur l'abondance des ennemis naturels.

Abondance moyenne prédictive de (a) Braconidae et de (b) Coccinellidae en fonction de la couverture florale, pour trois niveaux de pucerons (0.25, 0.5, 0.75).

Les prédictions sont issues de modèles mixtes (GLMM) à distribution négative binomiale.

Les aires colorées représentent les intervalles de confiance à 95 %.

Tableau 9 – Résultats des modèles GLMM (distribution négative binomiale) testant les effets de la couverture florale et le taux de proies/hôtes alternatifs (pucerons) sur l’abondance des ennemis naturels.

	Estimateur	Modèle complet			AICc	Modèle le plus parcimonieux			AICc
		Ddl	χ^2	p-valeur		Estimateur	Ddl	χ^2	
Entomofaune totale					235,14				231,05
Couverture floraison	-0,01	1	2,57	0,109					
Proies alternatives	2,23	1	8,78	0,003**		1,93	1	6,11	0,013*
Couverture florale x Proies alternatives	0,01	1	0,09	0,769					
Anthocoridae					99,78				93,44
Couverture floraison	0,01	1	0,00	0,959					
Proies alternatives	8,72	1	9,31	0,002**		7,77	1	11,35	0,001***
Couverture florale x Proies alternatives	-0,02	1	0,04	0,835					
Braconidae					110,99				
Couverture floraison	0,02	1	2,04	0,153					
Proies alternatives	4,86	1	0,99	0,319					
Couverture florale x hôtes alternatifs	-0,08	1	3,93	0,048*					
Chrysopidae					73,12				
Couverture floraison	0,02	1	1,19	0,276					
Proies alternatives	5,82	1	1,02	0,313					
Couverture florale x Proies alternatives	-0,08	1	1,67	0,196					
Coccinellidae					105,64				
Couverture florale	-0,05	1	3,69	0,055					
Proies alternatives	0,55	1	6,96	0,008**					
Couverture florale x Proies alternatives	0,05	1	6,30	0,012*					
Staphylinidae					71,646				
Couverture floraison	0,00	1	0,09	0,770					
Proies alternatives	1,59	1	0,47	0,491					
Couverture florale x Proies alternatives	-0,01	1	0,12	0,730					
Syrphidae					188,829				
Couverture floraison	-1E-05	1	1,34	0,2469					
Proies alternatives	2,83	1	1,53	0,2165					
Couverture florale x Proies alternatives	-0,02	1	0,15	0,6961					

Effet de la distance à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture

L'abondance moyenne de pucerons dans la culture varie selon la période de relevés et la distance à la jachère mellifère (Figure 13a). Lors de la première période (26–30 mai 2025), les densités restent faibles et comparables entre les deux distances. Un pic est observé lors de la seconde période (9–13 juin 2025), avec environ deux fois plus de pucerons à 50 m qu'à 5 m. Cette différence s'amoindrit ensuite en fin de saison et les densités redeviennent faibles. Aucun effet significatif de la distance n'est observé lorsque l'ensemble des périodes est analysé (Tableau 10). Néanmoins, une différence significative est mise en évidence pour la seconde période, avec une abondance plus élevée à 50 m qu'à 5 m (Tableau 10).

Le taux moyen d'infestation en pucerons suit une dynamique comparable à celle de l'abondance en pucerons (Figure 13b). Il reste faible lors de la première période, puis augmente fortement lors de la seconde période, pour dépasser le seuil d'intervention admis en Belgique (fixé à 0,50) à 50 m mais pas à 5 m. À la troisième période, les taux diminuent. Aucune différence significative n'est observée entre les distances, que ce soit pour l'ensemble des périodes ou spécifiquement pour la seconde période (Tableau 10).

Les prédateurs naturels observés dans les cultures de céréales étaient le plus souvent des syrphes, occasionnellement des coccinelles et des chrysopes, et rarement des cantharides (Tableau 11). L'abondance moyenne de prédateurs naturels augmente progressivement au cours des trois périodes de relevés (Figure 13c). Aucune différence significative liée à la distance n'est observée, que ce soit sur l'ensemble des périodes ou pour la seconde période uniquement (Tableau 10).

Le taux moyen de parasitisme montre une variabilité importante selon la période et la distance à la jachère (Figure 13d). Lors de la première période, les valeurs restent faibles. À la deuxième période, une baisse est observée à 50 m, tandis que le taux reste stable à 5 m. À la troisième période, les niveaux augmentent nettement à la fois à 5 m et à 50 m. Aucune différence statistiquement significative n'est observée, ni sur l'ensemble des périodes, ni pour la seconde période uniquement (Tableau 10).

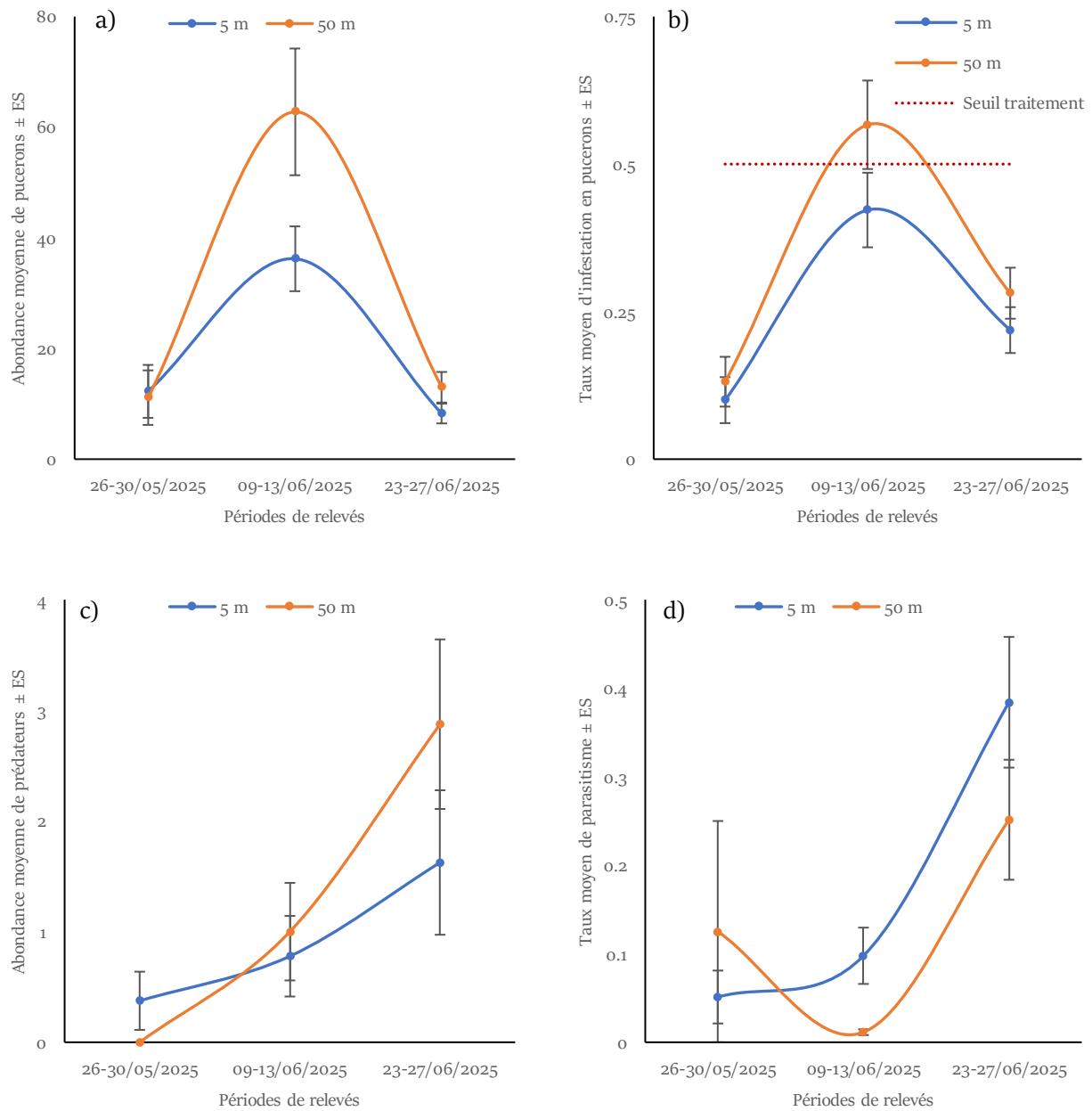


Figure 13 – Effet de la distance (5 m vs 50 m) à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture.

(a) Effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs 50 m) sur l'abondance moyenne de pucerons (\pm ES).

(b) Effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs 50 m) sur le taux moyen d'infestation en pucerons (\pm ES). La ligne pointillée correspond au seuil de nuisibilité admis en Belgique (0,50).

(c) Effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs 50 m) sur l'abondance moyenne de prédateurs naturels (\pm ES).

(d) Effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs 50 m) sur le taux moyen de parasitisme (\pm ES).

Tableau 10 – Résultats des tests statistiques (GLMM) sur l'effet de la distance à la jachère mellifère (5 m vs. 50 m) sur l'abondance en pucerons, l'abondance en ennemis naturels, le taux de parasitisme et le taux d'infestation dans la culture.

	Estimateur	Ddl	χ^2	p-valeur
Abondance de pucerons				
Effet de la distance (toutes périodes)	-0,44	1	1,86	0,172
Effet de la distance (9-13 juin 2025)	-0,55	1	4,81	0,028*
Taux d'infestation				
Effet de la distance (toutes périodes)	-0,27	1	0,14	0,713
Effet de la distance (9-13 juin 2025)	-0,58	1	0,38	0,539
Abondance de prédateurs				
Effet de la distance (toutes périodes)	-0,33	1	0,56	0,456
Effet de la distance (9-13 juin 2025)	-0,25	1	0,16	0,688
Taux de parasitisme				
Effet de la distance (toutes périodes)	-0,74	1	0,34	0,559
Effet de la distance (9-13 juin 2025)	2,24	1	0,74	0,390

^a Modélisé avec une distribution négative binomiale ; ^b Modélisé avec une distribution binomiale.

Tableau 11 – Nombre d'individus recensés par période pour chaque famille d'ennemis naturels et en fonction de leur stade de développement dans les cultures de céréales adjacentes aux jachères mellifères au cours des trois périodes de relevés.

	Périodes			Total (n = 55)
	26-30/05/25	09-12/06/25	23-27/06/25	
Coccinellidae				
Œufs	2	0	0	2
Larves	0	4	0	4
Adultes	0	0	2	2
Syrphidae				
Œufs	0	6	7	13
Larves	0	6	4	10
Pupes	0	0	14	14
Chrysopidae				
Œufs	0	0	8	8
Cantharidae				
Adultes	1	0	1	2

4.2. Discussion

Description des jachères mellifères et des communautés d'ennemis naturels

Sinapis alba, *R. sativus* et *F. esculentum* représentent, à elles seules, les espèces majoritairement présentes en termes de couverture florale au sein des jachères mellifères. Par ailleurs, ces trois espèces ont des fleurs morphologiquement accessibles et attractives pour un grand nombre d'ennemis naturels (Hatt et al., 2019; Van Rijn & Wäckers, 2016), ce qui leur confère un intérêt particulier en tant que ressource alimentaire. Cependant, leur floraison étant concentrée sur une courte période – avec un pic observé à la mi-juin, suivi d'un déclin rapide – elle peut réduire la disponibilité des ressources florales pour les ennemis naturels sur l'ensemble de la saison (Haaland et al., 2011).

Vicia sativa et *H. annuus* présentent, quant à elles, une faible couverture florale, mais affichent les taux de présence de proies/hôtes alternatifs (pucerons) les plus élevés. Elles semblent ainsi jouer un rôle important dans l'apport de ressources alimentaires complémentaires au nectar et au pollen floraux pour les ennemis naturels (Gillespie et al., 2016; Lu et al., 2014). *Vicia sativa* produit par ailleurs du nectar extrafloral qui bénéficie notamment aux Syrphidae (Van Rijn & Wäckers, 2016) et aux Coccinellidae (Wang et al., 2020) qui ne peuvent accéder aux ressources florales des Fabaceae.

Concernant les communautés d'ennemis naturels, les Syrphidae représentent la famille la plus abondante, suivie par les Anthocoridae, les Braconidae et les Coccinellidae. Cet ordre de représentation correspond en partie aux résultats d'autres auteurs (Hatt et al., 2017; Tschumi et al., 2016). Par ailleurs, la famille des Syrphidae a pu être surreprésentée en raison de la méthode d'échantillonnage utilisée – des pièges à cuvettes jaunes qui attirent préférentiellement les insectes floricoles mobiles (Hatt et al., 2019). L'absence de piégeage au filet fauchoir ou au piège Barber limite ainsi la représentativité complète des communautés d'ennemis naturels.

Effet de la floraison et du taux de proies/hôtes alternatifs sur l'abondance d'ennemis naturels

Aucune relation significative n'a pu être observée entre la couverture florale totale et l'abondance d'ennemis naturels, contrairement à ce que d'autres auteurs ont mis en évidence auparavant (Blaauw & Isaacs, 2014; Hatt et al., 2017). Ainsi, dans la présente étude, la variation de l'abondance en ennemis naturels entre les neuf jachères mellifères étudiées n'est pas linéairement corrélée à la variation de la couverture florale totale entre celles-ci. Le contexte paysager pourrait être à l'origine de ce résultat. En effet, dans un paysage riche en ressources similaires, l'effet de la jachère mellifère pourrait être atténué (Bianchi et al., 2006; Tscharntke et al., 2012).

Il ne s'agit bien sûr pas d'une affirmation, mais plutôt d'une hypothèse, puisque cet aspect n'a pas été pris en compte dans les relevés effectués.

Par ailleurs, une analyse plus fine pourrait mettre en évidence l'effet de certaines espèces florales, ou d'une combinaison d'entre elles, sur l'abondance en ennemis naturels. Si une plus grande couverture d'espèces présentant du nectar facilement disponible tend à favoriser l'abondance en Syrphidae aphidiphages (Van Rijn & Wäckers, 2016), la présence d'espèces spontanées dans les jachères étudiées a pu accroître la couverture florale sans pour autant contribuer à favoriser les ennemis naturels.

Le taux de présence en proies/hôtes alternatifs (pucerons) a eu un effet positif significatif sur l'abondance des ennemis naturels, particulièrement chez les Anthocoridae, ce qui souligne l'importance des ressources alimentaires dans la dynamique de certains prédateurs (Fauvel, 1999). Les proies/hôtes alternatifs sont souvent présentés comme un paramètre important expliquant l'intérêt des bandes fleuries, enherbées ou des haies pour préserver les ennemis naturels (Gardarin, 2023; Gurr et al., 2017). Néanmoins, les démonstrations empiriques et quantitatives de l'effet de la présence de proies/hôtes alternatives dans ces habitats sur l'abondance en ennemis naturels restent rare à notre connaissance.

Chez les Braconidae et les Coccinellidae, un effet significatif de l'interaction entre la couverture florale et le taux de proies/hôtes alternatifs a été observé. Lorsque la floraison est faible, l'augmentation du taux de proies/hôtes alternatifs a un impact positif marqué sur l'abondance de Braconidae. L'effet est similaire, mais moins prononcé, chez les Coccinellidae. En revanche, lorsque la floraison est dense, la variation du taux de pucerons a un effet limité sur l'abondance de ces deux familles. La présence de proies/hôtes alternatifs représenterait donc une source de nourriture déterminante en cas de faible floraison (Gong et al., 2024; Hatt et al., 2019). Chez les Coccinellidae, la présence de ressources florales peut néanmoins compenser partiellement le manque de proies en favorisant leur survie (Wang et al., 2020).

Enfin, un phénomène de dilution pourrait expliquer ces tendances. En présence de plusieurs sources florales, les insectes auxiliaires peuvent se répartir dans le paysage, ce qui réduit leur densité observée aux points de piégeage (Tscharntke et al., 2012).

Effet de la distance à la jachère mellifère sur la lutte biologique au sein de la culture

Aucun effet significatif de la distance à la jachère mellifère n'a été observé sur les différentes variables mesurées – abondance et taux d'infestation des pucerons, abondance d'ennemis naturels, taux de parasitisme – si l'on considère l'ensemble des périodes. Ici aussi, le contexte paysager pourrait avoir joué un rôle et atténué l'effet de la jachère mellifère (Bianchi et al., 2006; Tscharntke et al., 2012).

Un effet significatif de la distance a toutefois été relevé pour l'abondance des pucerons lors de la deuxième période – qui correspond au pic de populations de pucerons (Brabec et al., 2014) – avec une abondance plus élevée à 50 m qu'à 5 m. Le taux d'infestation moyen, même s'il n'est pas significativement différent entre 5 m et 50 m pour cette deuxième période, présente tout de même un intérêt pratique. En effet, si l'on considère le seuil d'intervention (qui signifie en général un traitement phytosanitaire) – fixé à 0,5 – celui-ci est dépassé à 50 m alors qu'il ne l'est pas à 5 m. Cette différence suggère que la jachère mellifère peut contribuer à éviter un traitement phytosanitaire (Tschumi et al., 2016).

Concernant le taux de parasitisme, même si aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence, on constate qu'il tend à être plus élevé à 5 m de la jachère mellifère. Si celle-ci semble pouvoir favoriser le parasitisme des pucerons, le taux reste en deçà des 30% généralement considéré comme le seuil minimum pour que le parasitisme contribue significativement à la régulation des pucerons en céréales (Schmidt et al., 2003).

Limites et précautions

Plusieurs éléments méthodologiques et contextuels doivent être pris en compte dans l'interprétation des résultats. Tout d'abord, l'usage exclusif de pièges à cuvette jaunes favorise la capture d'insectes floricoles, ce qui peut biaiser la représentativité de l'échantillonnage (Hatt et al., 2019).

Concernant l'abondance de pucerons au sein de la culture et le taux de présence de proies/hôtes alternatifs dans la jachère mellifère, ceux-ci ont été évalués par observation directe. Même si le choix des talles et des plantes est effectué, autant que possible, de façon aléatoire, il arrive parfois que l'attention soit inconsciemment attirée vers une plante plus infestée, par exemple, ce qui peut induire un biais de sélection.

Par ailleurs, le contexte paysager n'a pas été intégré lors de l'analyse des résultats, alors qu'il peut éventuellement conditionner l'efficacité des jachères mellifères (Bianchi et al., 2006; Tscharntke et al., 2012).

Les conditions météorologiques, qui influent la dynamique des pucerons (Brabec et al., 2014) et, indirectement, celle des ennemis naturels, n'ont pas non plus été prises en compte.

Enfin, l'abondance d'ennemis naturels au sein de la culture a été relevée lors du comptage des pucerons et n'a pas bénéficié d'un échantillonnage spécifique, par exemple avec des pièges à cuvette jaune. Le jeu de données disponible pour cette variable était donc limité.

5. Analyse sociologique

5.1. Le rôle d'enquêteur

La démarche méthodologique a été détaillée plus haut. Il est cependant important de préciser les implications, en termes de posture, d'ajustements et d'apprentissages.

Cette partie se veut une forme de récit, et pourra, je l'espère, être utile à toute personne – étudiant, conseiller ou chercheur – souhaitant travailler avec le monde agricole.

L'enquête qualitative commence bien avant l'entretien, dès la première prise de contact. C'est déjà à ce moment-là qu'une part du travail d'enquête se joue, puisqu'il s'agit d'entrer dans le monde de l'autre, ici celui des agriculteurs. Ce premier pas peut sembler anodin, mais il faut comprendre que, bien souvent, les agriculteurs manquent de temps et sont déjà très sollicités (conseils, organismes publics, projets pilotes, monde académique, administration, réunions, etc.). La simple prise de rendez-vous téléphonique est un exercice en soi et demande parfois de la persévérance. Il n'est donc pas étonnant que certains aient décliné l'invitation à participer, faute de disponibilité. J'en profite d'ailleurs pour remercier encore une fois ceux qui m'ont accordé un moment, malgré leurs contraintes.

Dès les premiers entretiens, je réalise que la relation ne se joue pas seulement dans le contenu de l'échange, mais aussi dans ce que chacun représente. À ce propos, Louis Quéré (1997) rappelle que l'entretien n'est jamais un moment neutre. Il s'agit d'une situation particulière, où les rôles se distribuent, souvent de manière implicite. Il parle de la situation comme d'un cadre réglé de l'interaction, où l'échange se construit autour des attentes et des postures. Dans mon cas, cette situation s'organise autour de ma posture d'enquêteur. Derrière l'enquêteur, il y a l'étudiant. Et derrière l'étudiant, l'image du représentant du monde scientifique et académique. Même sans le vouloir, le simple fait d'arriver avec un cadre universitaire, un guide d'entretien, un enregistreur, envoie un signal. Et ce signal peut suffire à amener la personne interrogée à projeter une attente sur l'enquêteur : celle de devoir « bien répondre », parce qu'elle suppose que c'est ce que j'attends d'elle. Certains agriculteurs me le formulent d'ailleurs en début d'entretien :

« Et c'est compliqué vos questions, là ? Parce que, moi, je suis pas scientifique hein ! Je sais pas si je vais savoir bien répondre ! » (Agriculteur F).

Ce verbatim m'amène à réfléchir à la question de la légitimité, non pas celle que je reconnaissais aux agriculteurs, mais celle qu'ils s'accordent à eux-mêmes dans ce contexte.

Dès lors, l'enjeu n'est pas tant de chercher à effacer l'image du scientifique, que de comprendre comment faire en sorte qu'elle n'entrave pas la relation d'enquête (forme de biais), au risque d'impacter la richesse des discours recueillis.

Avec le recul, je constate que ma posture évolue au fil des entretiens. Au départ, je m'appuie sur un guide structuré, avec une certaine logique dans l'enchaînement des questions. Mais je réalise assez vite que cela ne fonctionne pas toujours, car les échanges prennent parfois une direction inattendue – ce qui peut être déroutant si l'on reste trop accroché à son plan.

Je décide alors d'ajuster ma méthode. J'apprends à laisser davantage de place aux silences, à ne pas relancer immédiatement. Peu à peu, je m'éloigne de mon guide d'entretien – exercice qui peut être très déstabilisant quand on débute ! – pour écouter, vraiment, ce que la personne a envie de partager, ce qui l'intéresse. Ce glissement m'amène vers une approche inductive, plus souple, qui laisse davantage d'espace à l'autre. Elle permet aussi de récolter des informations plus riches et de se laisser surprendre. Comme l'écrit Jacques Hamel, dans une démarche inductive, il ne s'agit pas de tester une hypothèse, mais de « se rendre accessible aux logiques de sens de l'autre » (Hamel, 2015). C'est également dans cette posture d'ouverture que s'inscrit ce que Kaufmann (2004) appelle *l'entretien compréhensif*. Loin d'un dispositif rigide, il le décrit comme un « savoir-faire artisanal », où l'enquêteur s'ajuste sans cesse à la réalité du terrain. Il ne s'agit pas simplement de dérouler un protocole, mais d'entrer dans une logique d'exploration, où la théorie se construit peu à peu, au fil des rencontres. Ce type d'entretiens suppose une forme d'abandon, d'accepter de se laisser imprégner par le matériau, de suspendre ses certitudes, pour laisser émerger ce qui fait sens du point de vue de l'enquêté (Kaufmann, 2004).

Ce travail d'enquête transforme aussi mon regard. Il ne s'agit pas simplement d'appliquer une méthode ou une recette toute faite, mais d'aller à la rencontre des personnes, dans un monde qui n'est pas le mien, avec ses codes et ses contraintes. J'apprends à accorder une attention particulière aux détails – une posture, une manière de structurer le discours – qui ne figurent pas dans les verbatims, mais qui apportent pourtant beaucoup d'informations. L'observation du non verbal devient essentielle dans l'enquête.

Faire enquête dans le monde agricole, c'est aussi accepter une certaine instabilité. C'est un milieu peu « disponible ». Et il faut composer avec ça. Être enquêteur, ce n'est pas seulement poser des questions et récolter des réponses. C'est entrer dans une relation et s'adapter à l'autre.

Mais ce que j'apprends surtout, c'est à faire un pas de côté. À ne pas venir avec des réponses toutes faites ou des a priori, mais avec une vraie curiosité.

À accepter que ce qui m'est dit ne rentre pas toujours dans les cases prévues – ce fameux codage, si cher aux sociologues. C'est à partir de cette posture d'écoute, nourrie par les récits, que se dévoilent d'autres dimensions du métier – et notamment cette manière d'être agriculteur.

5.2. L'Être agriculteur aujourd'hui

Parler de « l'Être agriculteur » revient à reconnaître que l'agriculture dépasse largement le cadre d'une simple profession. C'est une manière d'être au monde, un mode de vie, dans lequel s'engagent non seulement la personne, mais aussi sa famille et son quotidien. Une journée se commence et se termine rarement à des heures fixes. Il existe peu, voire pas, de frontières entre vie professionnelle et vie privée. Et chacun y prend part à sa manière.

« Ah ! Mais ça, c'est mon épouse ! Les papiers et les factures, c'est elle qui s'en occupe... des paiements et tout ça [...] Moi, c'est parce qu'on est deux avec mon épouse [à s'occuper de la ferme], mais... le jeune qui se lance seul... » (Agriculteur F).

Être agriculteur aujourd'hui, c'est mobiliser des savoirs et des pratiques. C'est composer avec les exigences du monde agricole, le poids des normes, l'innovation et les contraintes. Saisir cette réalité, c'est aussi comprendre comment des dispositifs techniques, tels que la jachère mellifère, viennent s'insérer dans cet univers complexe.

Visions du monde agricole

Peut-on encore parler d'un « monde agricole » au singulier ? Existe-t-il une vision commune de l'agriculture, ou même une communauté unifiée ?

« Les agriculteurs... enfin, il y a plusieurs types d'agriculteurs maintenant... » (Agriculteur D).

Au fil des entretiens, on constate qu'il n'y a pas de représentation homogène, mais bien une pluralité de visions, parfois opposées.

« Il y a des agriculteurs qui sont... enfin, qui sont plus financier, on va dire. Qui voient d'une année à l'autre à essayer de rentabiliser financièrement et qui ne cherchent pas nécessairement des réductions d'engrais ou des réductions de pesticides... parce qu'ils n'ont pas la conscience de ça, probablement. Et y en a d'autres qui se posent un peu plus la question de se dire : « Mais oui, quel est mon impact sur l'environnement et qu'est-ce que je peux faire pour améliorer les choses ? » (Agriculteur D).

Loin d'un modèle unique, l'agriculture est un monde habité, traversé par des logiques économiques, écologiques, affectives et politiques, qui vont bien au-delà de l'idée – souvent réductrice – de « nourrir le monde », fréquemment mise en avant dans notre société.

Chez un même agriculteur, plusieurs figures peuvent coexister. L'un se reconnaît dans l'image du « jardinier de la nature », tout en ayant recours à des techniques plus conventionnelles lorsque cela lui semble nécessaire. D'autres assument dès le départ une logique productiviste, sans pour autant nier les enjeux environnementaux. Ces représentations ne sont bien sûr pas figées, elles traduisent les tensions internes qui traversent l'évolution du métier.

Selon Michel-Guillou (2010), la profession agricole serait traversée par une crise identitaire, nourrie par les controverses récurrentes autour de l'environnement, du bien-être animal ou encore de la sécurité alimentaire. Cette crise se traduit par un éclatement de la profession, où se confrontent différentes représentations sociales du « bon agriculteur », entre modèle productiviste, modèle environnementaliste, et nouvelles exigences institutionnelles. Elle questionne le sens même du métier et la manière dont il est aujourd'hui reconnu (Michel-Guillou, 2010).

Les savoirs situés

Au-delà des normes et des techniques prescrites, le métier d'agriculteur repose sur une forme de connaissance ancrée dans l'expérience. Ce savoir, parfois qualifié de profane, est un savoir pratique, acquis au fil du temps, souvent transmis entre générations ou entre pairs. C'est un « savoir-s'y-prendre » (Quéré, 1997), c'est-à-dire une compétence située, mobilisée dans l'action, qui permet d'agir dans un environnement concret, et qui oriente les décisions sans nécessairement passer par une formalisation explicite. Il s'appuie sur l'observation, les essais-erreurs, l'intuition, l'ajustement.

« [...] ce sont des chercheurs, des gens... enfin des chercheurs... c'est pas des chercheurs, c'est des gens qui se documentent, qui font de la bibliographie... des agriculteurs ! Et qui testent, qui testent, qui testent... qui tombent, qui se redressent et qui continuent ! C'est pas nécessairement les centres de recherche [le CRA-W] qui font avancer le bazar, hein ! C'est les agriculteurs ! » (Agriculteur D).

« Ben, j'apprends sur le tas quoi ! Oui ! Quand je vois quelque chose que je ne connais pas, je regarde sur internet ! » (Agriculteur B).

« Donc j'ai essayé une année sur une parcelle de ne pas mettre de fongicides. J'ai vu qu'il n'y avait pas de différence de rendement, au contraire, il était même un peu plus élevé. Et alors j'ai arrêté. Maintenant, on ne met plus jamais de fongicides ! » (Agriculteur C).

Même profondément ancrés dans l'expérience, ces savoirs pratiques restent souvent absents des discours dominants sur l'innovation ou la performance, et sont rarement reconnus dans les dispositifs institutionnels.

« Pourquoi est-ce qu'on serait concertés ? (Rires) Hein ? Dis-moi ? Nous... nous... on n'est pas des scientifiques, hein ! » (Agriculteur D).

Ces savoirs se heurtent à une forme de légitimité, celle des outils techniques et réglementaires, qui valorisent le chiffre, le contrôle, la conformité. Ce décalage peut produire un sentiment de dévalorisation chez certains agriculteurs, et rendre difficile l'appropriation de dispositifs conçus sans concertation.

Tensions du métier

Plusieurs tensions récurrentes apparaissent dans le discours. La première concerne l'écart entre une volonté d'autonomie – dans la gestion des pratiques ou le choix des techniques – et une dépendance croissante aux aides de la PAC et aux normes administratives, avec, en toile de fond, des contrôles toujours plus présents.

« Maintenant, le fait d'avoir des primes, c'est un gros moyen de pression que le politique a sur les agriculteurs ! Parce que s'ils font le moindre... on leur impose ce qu'on veut ! Parce qu'il y a toutes les primes, quoi ! Et ça, je trouve que c'est quelque chose que... enfin, on doit faire avec, c'est comme ça, mais... » (Agriculteur A).

« Le métier... on aime bien notre métier, ça oui, hein ! Mais, ça devient toujours plus compliqué par rapport aux contrôles qu'on a ! Mais bon... il y a des contrôles, il faut les faire, ça je suis d'accord, mais... il y a parfois qu'ils exagèrent ! » (Agriculteur F).

Vient ensuite la charge administrative, qui occupe une place de plus en plus importante dans le quotidien des agriculteurs.

« Le plus gros du boulot, c'est les papiers ! » (Agriculteur E).

« Aujourd'hui, c'est plus important de savoir bien remplir ses papiers que de savoir cultiver ! » (Agriculteur A).

« Ceux qui sont le nez dans le guidon en permanence ne veulent pas commencer à chipoter avec des histoires ainsi ! Et les autres, ben... ils comprennent mais ils me disent : « Oh, faire des papiers et tout ça ! ». Ça les emmerde ! C'est des gens qui ont commencé carrière, on ne faisait pas un papier ! » (Agriculteur B).

Une autre tension oppose l'attachement à une agriculture productive, souvent inscrite dans une histoire familiale, aux nouvelles orientations environnementales de la PAC, via des mesures incitatives (MAEC et éco-régimes).

« Clairement c'est intéressant [économiquement], mais... l'inconvénient, c'est que ça augmente mon montant revenu primes par rapport à la partie travail quoi ! Et ça, psychologiquement, c'est pas non plus l'idéal ! » (Agriculteur A).

À cela s'ajoute le décalage entre les savoirs profanes et les prescriptions technico-administratives, jugées parfois inadaptées aux réalités du terrain.

« Donc... agronomiquement, c'est bien simple... tout ce qui nous est dit à la PAC, c'est anti-agronomique ! » (Agriculteur D).

« Il y a de moins en moins de monde à l'administration qui connaît concrètement le travail agricole ! Alors il y en a plein qui sont capables de vulgariser un règlement, qui le connaissent, qui savent l'expliquer... mais il n'y a plus vraiment le rapport entre le règlement dès le départ et la partie pratique ! Donc ça, je vais dire, c'est vraiment un gros travail qu'il faudrait faire à ce niveau-là ! C'est rouver des compétences pratiques qui remontent pour faire les règlements (Agriculteur B).

Enfin, les agriculteurs doivent composer avec des représentations sociales divergentes du « bon agriculteur » : celles des pairs, des institutions, ou des citoyens. Ces représentations peuvent entrer en contradiction, voire en conflit.

« Aujourd'hui, un agriculteur, il subit ! Il subit plein de choses ! Il subit les contrôles, parce qu'il y a de plus en plus de contrôles... ça devient de plus en plus exigeant ! Il subit la pression des villageois dans un sens... le mécontentement des villageois... c'est un emmerdeur quand il est sur la route... quand il sort le pulvérisateur et qu'il met... pas nécessairement un pesticide, hein ! il met soit de l'engrais... bien souvent c'est de l'engrais... ou un herbicide... ben il est mal vu ! Ouais, c'est des insecticides, c'est sûr et certain ! Mais s'il ne les met pas... au minimum un désherbage... c'est la catastrophe ! Parce qu'après, il ne produit pas ou il produit quelque chose qui n'est pas conforme à la réception qu'une entreprise, un entrepreneur ou une coopérative lui demande ! Donc... il faut bien vivre de quelque chose ! » (Agriculteur D).

« Certains [agriculteurs] nous traitent de chasseur de primes ! Alors que c'est pas l'objectif ! » (Agriculteur A).

Et ces tensions ne sont pas anecdotiques. Elles structurent les décisions, influencent les attitudes face aux dispositifs, et façonnent la manière dont les agriculteurs se saisissent – ou pas – de la jachère mellifère. Elles seront discutées plus en détail dans les chapitres suivants.

Attardons-nous maintenant sur la jachère mellifère, et sur la manière dont elle s'insère dans le quotidien des agriculteurs.

5.3. La jachère mellifère

La jachère mellifère, au-delà de son statut de pratique agro-environnementale encadrée par un cahier des charges dans le cadre des éco-régimes, se présente comme un objet à la fois matériel – par sa présence physique dans la culture –, symbolique – en renvoyant l'image d'un agriculteur engagé pour l'environnement (ou de chasseur de primes, selon d'autres) – et relationnel – en tant qu'interface entre humains, non-humains et institutions. Elle n'existe pas de manière homogène, mais se décline selon les pratiques, les contextes et les représentations – allant d'un simple coin de culture à une large bande qui longe toute la parcelle, voire en intra-parcellaire.

« [...] je lui ai dit qu'il y avait un hectare [de culture] en moins parce qu'il y avait une bande fleurie au milieu du champ ! » (Agriculteur F).

Modalités d'existence

La jachère mellifère circule entre plusieurs modes d'existence, au sens où l'entend Bruno Latour. Chaque mode constitue une manière particulière de faire exister les êtres – humains et non-humains – à travers des médiations, des épreuves et des conditions propres de vérification, c'est-à-dire des manières spécifiques de produire ce qui est tenu pour vrai ou consistant dans ce monde-là (Latour, 2012; Saint-Martin, 2013).

Comme le souligne Le Bot (2014), ces modes d'existence reposent sur des pratiques concrètes, situées, qui assurent la consistance des entités concernées. Il ne s'agit pas d'un référentiel unique, mais d'une pluralité de mondes, où les choses existent selon leurs propres conditions de vérification. La jachère mellifère peut ainsi être reçue et valorisée de différentes façons : aide au revenu, outil de lutte biologique, soutien à la biodiversité ou encore élément du paysage.

« Toutes les bandes ont été disposées de manière à être visibles des utilisateurs des nationales, des routes et tout ça. Il y en a aucune qui n'est pas visible. Dans le but d'améliorer... d'avoir un impact sur la vision des... des vélos, des marcheurs et de ceux qui roulent en voiture » (Agriculteur D).

Elle ne se réduit pas à une définition unique, mais prend sens dans cette diversité de régimes d'engagement, qui nourrit aussi les échanges lors des coins de champ ou des réunions de phytolice.

Cadre et dispositif

La jachère mellifère n'existe pas sans les dispositifs qui la rendent possible – notamment la PAC, et plus particulièrement les éco-régimes. À travers le cahier des charges (choix des espèces, durée minimale de maintien, interdiction de traitement phytosanitaire, date de fauche/broyage), l'éco-régime définit non seulement ce qu'est la jachère, mais surtout ce qu'elle doit être pour être reconnue comme telle – et ouvrir droit à une aide.

En ce sens, l'éco-régime ne fournit pas seulement un cadre, mais oriente les pratiques, ce qui rejoint l'idée de Callon (1986), selon laquelle un dispositif n'est jamais neutre. Il engage des choix et configure une trajectoire.

L'agriculteur doit donc composer avec ces contraintes. Il ne peut pas toujours s'emparer librement de la jachère, et doit souvent ajuster ses propres pratiques, voire mettre à distance certains savoirs pour rester conforme au cahier des charges.

« Je respecte le cahier des charges. Un agriculteur... en fait, on croit qu'il a le choix, mais il n'a pas le choix ! Il fait ce qu'on lui dit de faire, en fait ! » (Agriculteur A).

Cela suppose des compromis. Le mélange de semences, par exemple, n'est pas toujours adapté au semoir, ce qui complique le semis.

« Le petit souci, c'est qu'au niveau de la taille et de la densité des semences... pour arriver à semer ça ! C'est parce qu'on fait des petites parcelles, mais sinon... il y a des mélanges incroyables ! Même dans le semoir... pour arriver à mélanger les semences de tournesol qui sont ainsi [en montrant] et des radis fourragers qui font 2 mm de diamètre ! Pour avoir une certaine homogénéité, c'est très, très compliqué ! Alors avec les semoirs qu'on a, c'est quand même embêtant parce que... il y a deux types de roues sur le semoir : il y a ce qu'on appelle la précise qui est toute fine, et puis il y a une plus large. Ce qui fait que même à un moment, quand on veut prendre les semences et les faire tomber, ben si on est vraiment avec la toute fine, elle va avoir tendance à entraîner les fines dans un premier temps et pas les grosses. Donc question de facilité de semis et de régularité de semis sur des plus grandes surfaces, ça pourrait poser problème ! Ici, on les mélange du mieux qu'on peut... et quand on a les semences séparément, on met les grosses dans le fond, on fait une ligne, on revide les fines dedans... et ça ne se verra presque pas, mais c'est pas... c'est pas évident de semer correctement des semences avec des formes et surtout des grosseurs différentes quoi ! » (Agriculteur B).

L'interdiction de traitement favorise l'apparition d'adventices, redoutées pour leur effet de « salissement ». Ces ajustements, bien que peu visibles de l'extérieur, mobilisent du temps et demandent une réelle adaptation.

Un paradoxe émerge également. La jachère est valorisée dans le discours politique, mais certains agriculteurs ont le sentiment qu'elle est déconnectée de son objectif écologique. Une jachère implantée tardivement, peu fleurie et peu attractive pour les polliniseurs, peut malgré tout donner droit à la prime. Ce qui compte, ce n'est pas l'impact réel, mais le respect formel du cahier des charges. D'où une impression d'absurdité, puisqu'il ne s'agit plus de faire au mieux, mais de cocher les cases. Pour certains, cette logique finit par déconnecter la pratique de son sens, et réduit la jachère à un pur outil de subvention.

« Au niveau des insectes... on dit qu'on veut faire une jachère mellifère pour favoriser [la biodiversité] ... mais ça devient un refuge pour l'hiver ! Alors à partir du moment où on nous dit qu'elle doit rester 6 mois... qu'on autorise sa destruction... mais le problème qu'il y a, c'est que tout ce qui s'est développé dedans... si on l'a détruit... on va remettre tout à blanc ! Donc... est-ce que c'est pas plutôt un piège que bénéfique à ce niveau-là ? Qu'on laisse développer les insectes et in fine, il y a un moment où on a... on n'a plus rien ! Niveau cahier des charges, il y a de gros, gros, gros progrès à faire ! » (Agriculteur B).

Appropriation et attachements

L'appropriation de la jachère mellifère varie fortement d'un agriculteur à l'autre. Certains y répondent à la suite d'une sollicitation – par exemple de la part d'un conseiller du PNBM – et l'adoptent comme mesure isolée.

« C'est peut-être à une foire agricole de Libramont que je les ai rencontrés. Et puis, on m'a exposé... voilà les mesures agro-environnementales. Et j'ai dit ok, on va... on va en mettre une ! » (Agriculteur E).

« Alors, moi j'ai pas choisi les MAEC. C'est [...], qui est la conseillère Natagriwal, qui a dit lesquels mettre et où, donc j'ai suivi, simplement. » (Agriculteur C).

D'autres l'intègrent dans une réflexion et une démarche plus globale, avec un engagement environnemental (comme les MAEC) ou des pratiques culturelles alternatives (comme le non-labour) à l'échelle de la ferme.

« Jamais de patates [sur l'exploitation] ! Je ne veux pas voir de patates à la maison ! Et on est en non-labour depuis 2019 ! » (Agriculteur D).

L'incitant économique peut jouer un rôle, mais il ne suffit pas à expliquer les motivations.

« Le but, c'est de ne pas mettre d'insecticides ! L'année passée, je n'ai pas mis d'insecticides, et je me suis fait bouffer par les atomaires et les altises !

J'ai fait 65 tonnes de moyenne, ce qui n'est pas bon du tout ! Il y en a de ceux de ma région qui ont fait 105 tonnes ! Donc quasi plus de la moitié que moi ! Mais bon... j'ai pas regardé l'aspect économique ! » (Agriculteur C).

« Il y avait l'aspect financier, mais malgré tout aussi, ben... on sait bien qu'il faut quand même regarder à la... la biodiversité et tout ça ! » (Agriculteur F).

D'autant que le montant de la prime est perçu différemment selon la surface engagée et l'effort que cela représente.

« Bien souvent, ce sont des petites surfaces. Préparer une machine pour une petite surface... parfois on travaille 20 minutes au champ pour 2 h de préparation ! Devoir accrocher le semoir sur la rotative et le régler, c'est 2 h. Et in fine, c'est 2 h pour travailler parfois 30 ou 40 minutes. Donc ça n'a pas... ça n'a pas un intérêt fou ! Et alors, quand on sort de toutes les bandes mellifères et MAE, ben systématiquement, la rotative et le semoir repassent au nettoyage complet. On ne va pas transporter les semences qui sont dans la terre qu'on a mis sur le matériel dans d'autres ! Donc in fine, il y a parfois pour travailler une demi-heure, on a une demi-journée de travail ! » (Agriculteur B).

La capacité d'un objet à s'inscrire durablement dépend de sa capacité à produire des attachements (Saint-Martin, 2013). Ces liens ne sont pas automatiques, mais se construisent dans un rapport situé entre le geste et le sens que chacun y met. Pour certains agriculteurs, ces attachements existent et se traduisent par le suivi de la couverture végétale et de la diversité floristique, l'observation des insectes ou le retour de certains citoyens, entre autres. La jachère devient alors un objet vivant et interprété.

« Donc je fauchais [la jachère] au mois de juillet, j'allais deux ou trois fois avec ma machine pour aérer l'herbe, et puis le sixième jour, on faisait des ballots et les... les ballots, ça sentait très bon pour les vaches ! Ça avait une odeur, vraiment... ça sentait le foin, mais encore même l'odeur des fleurs ou comme du thé, là, ça sentait très bon ! Et les vaches raffolaient de ça, hein ! » (Agriculteur F).

Mais parfois, ces attachements échouent. Si l'objet ne fait pas écho aux pratiques ou aux valeurs de l'agriculteur, il reste périphérique. Il ne devient ni support d'attention, ni levier de transformation et reste extérieur et silencieux.

« [en parlant d'une bande fleurie MAEC] La première année, c'était tout beau ! C'est... comme je vous ai dit, on avait été faire des photos... il y avait beaucoup de coquelicots, il y avait beaucoup de fleurs violettes, il y avait... c'était magnifique ! Et maintenant tout ça est parti ! Mais le coquelicot en fait, c'est normal parce que c'était pas dans la culture... c'est venu parce que c'est une semence qui vient... et ici maintenant, de temps en temps, il y a des grands trucs qui fleurissent mauves... et j'ai déjà été avec [le conseiller]. Et puis il est là : « Si c'est ça, c'est bon ! ». Moi je dis : « C'est pas beau ! ».

Et il me dit : « Si, c'est comme ça que ça doit être, c'est bien ! » qu'il me dit ! Voilà ! Mais moi... pour moi, je vais vous dire franchement, c'est des mauvaises herbes pour moi, hein (rires) ! » (Agriculteur F).

On pourrait dire qu'il y a échec de traduction au sens de Callon (1986) – la jachère n'a pu être reformulée dans les termes du monde auquel elle est destinée (ici, les réalités de l'exploitation). Dans ce cas, elle ne rentre pas dans la chaîne de médiations qui rend une pratique consistante. Elle devient un artefact administratif dont la présence ne produit ni transformation, ni récit ni savoir. L'appropriation, comme l'attachement, ne sont donc jamais donnés d'avance, mais se construisent.

Interface de tensions

En tant qu'objet intermédiaire (Callon, 1986), la jachère mellifère fait interface entre des mondes hétérogènes – ceux de la production agricole, de la protection de la biodiversité, des politiques publiques, et des attentes citoyennes. Elle cristallise des tensions entre des logiques de production et de préservation.

« Et je pense aussi à certains de mes collègues agriculteurs... qui m'ont demandé si c'était bien raisonnable de planter des fleurs plutôt que de la nourriture. Alors que bon, on dit quand même qu'il y a des gens qui... qui meurent de faim quoi ! Bon... il y en a qui sont farouchement opposés à ça ! Qui sont... c'est pas qu'ils m'en veulent, mais... qui disent : « Ouais, tu es fou ! C'est pas normal qu'on soit payé pour planter des fleurs ! » (Agriculteur B).

Ces tensions sont visibles sur le terrain. L'absence de traitement phytosanitaire favorise l'apparition d'adventices, qui peuvent être perçues soit comme des bioindicateurs, soit comme des signes de négligence (salissement de la culture). La jachère devient ainsi un point de friction entre exigences agronomiques, pressions réglementaires et jugements sociaux – y compris au sein du monde agricole.

Le choix de l'implanter en plein champ, comme l'a fait un agriculteur rencontré, peut susciter des tensions avec d'autres acteurs – par exemple des grands cultivateurs engagés par contrat (patatiers), pour qui la présence de la jachère est un obstacle.

« Alors... c'est vrai que... il y en a qui m'ont dit... enfin... le gars avec qui je fais des contrats de patates, il m'a dit : « Comment ce que t'as été coupé ta terre en deux ? ». Ben écoute, euh... voilà, c'est... j'avais l'intention de faire ça et... il aurait mieux aimé que je la fasse au bord du champ ou quoi, mais ça... enfin, pour moi, ça ne servait à rien [par rapport à l'aspect biodiversité] ! » (Agriculteur F).

Au-delà des contraintes techniques, la jachère interroge les représentations. Elle remet en jeu la figure du « bon agriculteur ». Est-ce celui qui respecte les règles ? Celui qui agit pour la biodiversité ? Celui qui optimise ses rendements ? Celui qui a une culture « propre » ? Et d'ailleurs, selon quel point de vue ? Celui du politique ? Du citoyen ? D'un autre agriculteur ? Et lequel ? Cette tension identitaire est présente dans les discours, les échanges entre pairs ou les protestations des citoyens, lorsque la jachère mellifère est perçue comme « sale » ou source de nuisances.

« Donc j'ai mis les jachères le long des maisons, là. Et alors la voisine, là, qui est un peu difficile quand je pulvérise et tout ça, elle me dit : « Tiens, t'as mis quoi ? ». Ben j'ai dit j'ai mis des bandes fleuries ! « Oh, c'est bien, c'est bien ça ! ». Ben je dis : « C'est un peu pour préserver pour les pulvérisations ! » (Agriculteur F).

« Ça, c'est assez comique ! Parce que... j'avais mis une première bande dans les fonds de jardin parce que les gens m'avaient dit : « Essaye de ne pas venir trop près [quand tu pulvérises], hein ! » Et j'ai dit, il n'y a pas de problème ! Et il me restait un mélange, un fond de semoir... j'avais dit je vais les liquider là... et ça a super bien venu ! Et l'année d'après, les gens m'ont dit, tu mets plus cette crasse-là, on a eu des rats derrière chez nous qui venaient se nourrir ! Donc je dis, écoutez, il y a deux solutions... « Ah ben on aime encore mieux que tu viennes pulvériser et nettoyer notre clôture de fond que d'avoir ces crasses-là ! ». Et quand on explique l'intérêt... « Oui, mais à part des rats, on n'a rien vu d'autre, hein ! ». Limite j'ai une parcelle ici où il y a cinq maisons, où les gens me demandent de pulvériser presque leur clôture pour qu'elle soit propre et de ne pas se poser de questions, donc ! Avant, ils n'en voulaient pas, mais une fois qu'ils ont été emmerdés par autre chose... » (Agriculteur D).

« Oui... on voit que ça fait plaisir quoi. Oui, ça, c'est certain. Il y en a parfois qui s'arrêtent pour parler et qui ne s'arrêteraient peut-être pas si j'étais avec le pulvérisateur... ça non ! (rires) C'est vrai que... bon, les gens apprécient certainement plus les jachères mellifères ! » (Agriculteur C).

Ces conflits ou incompréhensions ne sont pas anecdotiques. Ils révèlent la difficulté à faire coexister des régimes de justification divergents. C'est dans cet entrelacs que se joue la capacité de la jachère à exister autrement que dans ce qui est attendu d'elle au départ. Et il n'y a pas un « bon agriculteur », mais des « bons agriculteurs » – tout dépend des lunettes que l'on porte.

5.4. Les schèmes de relation

Ce que les agriculteurs racontent dans les entretiens ne se réduit pas à des choix techniques. Au fil des récits, d'autres dimensions émergent : une manière d'entrer en relation avec le monde et de composer avec le vivant. Même si cela n'est pas toujours formulé explicitement, on y décèle des formes de relation spécifiques aux humains et aux non-humains.

À travers ce chapitre, je propose une lecture de ces relations à partir des schèmes définis par Descola (2015) et de la notion d'ontonomie implicite, développée par Le Bot (2007), qui éclaire la manière dont les êtres sont hiérarchisés dans les pratiques sociales. L'objectif n'est pas de classer les agriculteurs, mais de mettre en lumière les configurations relationnelles dans lesquelles ils s'inscrivent, et qui influencent leur manière de percevoir et de s'approprier la jachère mellifère.

Ontologie naturaliste

Dans la majorité des discours recueillis, les non-humains sont perçus à travers un mode de rapport au monde « naturaliste ». Ils partagent avec les humains une même physicalité (un corps, une matérialité), mais sont privés d'intériorité. Par intériorité, on fait ici référence à « la conscience réflexive, la capacité de communiquer par le langage, c'est-à-dire des aptitudes à la fois morales et cognitives qui distinguent l'homme des autres espèces naturelles » (Descola, 2019). Le sol, par exemple, est décrit comme un support pour la culture, qu'il faut amender et fertiliser. Il est associé à des indicateurs tels que la structure, le taux d'azote ou la biodiversité, mais rarement envisagé comme un être doté d'une existence propre.

Les insectes suivent la même logique. On distingue les « utiles », comme les coccinelles, des « nuisibles », comme les pucerons. Ce classement repose sur des critères d'efficacité, c'est-à-dire ce que l'insecte apporte – ou pas – à la culture. Cette grille de lecture traduit une hiérarchisation implicite du vivant. Certains sont valorisés parce qu'ils remplissent une fonction favorable à l'activité agricole, d'autres sont jugés indésirables. Cette hiérarchisation, que Le Bot (2007) appelle ontonomie, structure les rapports entre les êtres, sans pour autant faire l'objet d'un discours explicite.

Cela ne veut pas dire que les agriculteurs sont indifférents au vivant. Certains témoignent d'une attention sincère à la biodiversité ou aux équilibres écologiques. Mais cette attention reste souvent ancrée dans une notion de services écosystémiques. L'intérêt porté à la coccinelle, et plus largement aux insectes auxiliaires, tient au rôle qu'elle joue dans la lutte biologique. L'insecte n'est pas valorisé en soi, mais pour ce qu'il permet d'éviter – un traitement. Cette logique de valorisation fonctionnelle s'observe d'autant plus chez les agriculteurs diversifiés.

« Un agriculteur qui fait de l'élevage, du miel, des céréales... et qui s'inquiète de ses abeilles, ben c'est sûr et certain qu'il va faire... il ne va plus mettre d'insecticides ! Et il va essayer d'avoir toujours une alimentation en fleurs ! Donc le fait d'être complet, on va dire que c'est tout... tout un système qui fait que l'agriculteur ne va pas utiliser de pesticides » (Agriculteur D).

Application à la jachère mellifère

La jachère mellifère s'inscrit dans ce même rapport utilitariste au vivant. Les espèces qui la composent sont rarement considérées pour elles-mêmes. Elles sont évaluées selon leur capacité à attirer les polliniseurs, les ennemis naturels et, dans une moindre mesure, pour leur attrait paysager. À l'inverse, certaines plantes spontanées sont jugées comme envahissantes ou sans intérêt agronomique – elles portent le nom d'adventices. La valeur d'une jachère se mesure donc également à ce qu'elle produit – ou non – en termes agronomiques.

Ce schème de lecture a des effets concrets, puisqu'il influence la manière dont la jachère est implantée. Il explique en partie pourquoi certaines jachères, bien que conformes du point de vue de l'éco-régime, ne génèrent aucun attachement. Elles remplissent une case, mais ne créent pas de lien.

Au-delà d'une vision utilitariste ?

Si l'ontologie naturaliste domine, elle n'épuise pas toutes les formes de relation. Certains agriculteurs expriment une sensibilité plus fine à leur environnement, qui se manifeste par le plaisir d'observer les papillons ou les fleurs au sein de la jachère mellifère. Ces discours laissent entrevoir d'autres schèmes, où la relation ne passe plus seulement par l'utilité, mais par l'attention.

« Il y a une année, il y avait plein de papillons ! Malgré qu'il n'y avait pas beaucoup de fleurs, il y avait beaucoup de papillons ! C'était magnifique ! Il y avait... c'était plein de papillons qui volaient ! » (Agriculteur F).

Ces gestes, ces émotions, ne suffisent peut-être pas à construire une autre ontologie. Mais ils dessinent des lignes de fuite. Des moments où la jachère mellifère cesse d'être un outil pour devenir un espace habité.

« Il faut laisser vivre le maximum d'animaux ! Il n'y a pas d'animaux « nuisibles », entre guillemets, mais... ils se combattent entre eux et voilà ! » (Agriculteur F).

C'est dans ces interstices que peuvent naître d'autres attachements, d'autres manières de faire exister la jachère – plus symboliques, plus poétiques.

5.5. Les enjeux d'accompagnement

Réseau et sursollicitation

Un grand nombre d'acteurs gravitent autour des agriculteurs et forment un réseau dense, composé notamment de conseillers, chercheurs, étudiants, coopératives, associations, administrations. À cela s'accumulent les contraintes administratives liées à la PAC, les réunions, les formations, les visites sur champ, les suivis de parcelles, les appels téléphoniques, les mails, les rendez-vous. Autant de sollicitations qui viennent s'ajouter à un emploi du temps déjà bien chargé, et qui, par ailleurs, peuvent engendrer des pratiques systématiques :

« Il y a des agriculteurs qui pulvérissent [l'insecticide] d'office, systématiquement, avec leur désherbage, sans aller voir les betteraves. Parce qu'ils n'ont plus le temps d'aller voir... de compter le nombre de pucerons... si ils sont verts, si ils sont noirs, si ils sont aptères, si ils sont ailés, si ils sont... Ils n'ont pas le temps ! Ils n'ont pas le temps ! Donc ils font quoi ? Ils mettent un peu d'insecticide avec leur passage de désherbant et ils sont tranquilles ! » (Agriculteur D).

« Ça serait plus parlant de faire des mesures, de regarder quels insectes sont là... mais ça, nous, en tant que fermier, seul, on ne sait pas faire tout ça. C'est pas... ça devient alors un travail beaucoup trop... beaucoup trop lourd quoi ! » (Agriculteur E).

Il arrive qu'un même agriculteur soit contacté plusieurs fois par des personnes différentes, pour des projets proches, mais non coordonnés. S'y retrouver au milieu de tout ce monde n'a rien d'évident. Qui est qui ? Qui fait quoi ? Dans quel but ? Ce flou relationnel peut affecter la qualité des échanges. Sur le long terme, il alimente parfois une forme de lassitude, voire de méfiance – surtout quand les essais menés ne donnent lieu à aucun retour sur les résultats.

« Pour les essais qui vont être faits par vos collègues étudiants... moi, je trouve que ce serait bien d'avoir des retours de tout ça, voir si... si c'est utile quoi ! » (Agriculteur E).

« Pendant cinq ans, je l'ai réclamé [le retour] et pendant cinq ans, je ne l'ai pas eu ! Alors, il y a bien de temps en temps une petite communication : « Ben voilà ce qu'on a observé à certains endroits... ». Mais moi, techniquement, je m'en fiche de ce qu'on a observé il y a dix kilomètres d'ici ! Ce qui m'intéresse, moi, c'est d'avoir réellement ce qu'il y a dans la parcelle, ce qu'il y a eu, ce qui est intéressant ! Donc, j'ai envie de dire, ça, c'est quelque chose qui, moi, personnellement, pourrait me remotiver à... [adopter des éco-régimes] C'est de savoir qu'à un moment ce qu'on fait est utile, je vais dire... biodiversitiquement parlant ! » (Agriculteur B).

Lors des trois réunions auxquelles j'ai assisté – une réunion organisée par le PNBM, une session phytolice, et un coin de champ – j'ai pu observer des réceptions très différentes. Le format « coin de champ » me semble le plus adapté, puisqu'il est basé sur des pratiques agricoles ancrées dans un territoire. Par ailleurs, il favorise l'échange et laisse davantage de place à la parole des participants. Les agriculteurs semblaient plus impliqués. À l'inverse, lorsque le format n'est pas adapté – langage trop technique, difficile à relier au terrain – c'est l'intérêt qui en pâtit.

Accompagner sans prescrire

Si le rôle du conseiller est souvent bien perçu, il peut aussi susciter des attentes ambiguës de la part de l'agriculteur. Et ces attentes peuvent parfois générer des malentendus. À quel moment un conseil, ou l'absence de conseil, devient-il une injonction – même involontaire ? Qui décide de quoi ? Les règles sont-elles clairement définies dès le début ?

En principe, l'accompagnement ne devrait pas effacer l'autonomie de l'agriculteur. C'est bien lui qui garde la main. Il connaît ses parcelles, assume les risques, et reste maître des décisions. Le conseiller est là pour le soutenir – dans le cadre de Natagriwal – dans l'adoption d'une MAEC ou d'un éco-régime, en l'adaptant au mieux à sa réalité :

« Toutes les bandes qui ont été installées ont été réfléchies avec Natagriwal [...] » (Agriculteur D).

Compagnone (2006) distingue deux manières d'agir : orienter les pratiques d'une part, dialoguer et construire ensemble d'autre part. L'accompagnement se situe dans cet entre-deux. C'est un équilibre parfois délicat à tenir. Une situation vécue sur le terrain illustre bien cette tension.

Dans un essai mené chez un agriculteur pour évaluer l'intérêt d'une jachère mellifère dans la lutte biologique, l'agriculteur avait été prévenu que le seuil de nuisibilité des pucerons était dépassé. Il choisit pourtant de ne pas traiter et de poursuivre l'essai.

Quelques semaines plus tard, lors d'un coin de champ organisé sur son exploitation, l'infestation saute aux yeux des personnes présentes. Un autre agriculteur met alors en cause, de façon implicite, l'absence de consignes plus directives de la part des scientifiques qui ont mené l'essai. À la fin du coin, l'agriculteur se dit qu'il va finalement pouvoir traiter « puisque la période de l'essai est maintenant terminée ». Cette anecdote peut paraître anodine, mais elle en dit long. Elle suggère en effet que l'agriculteur attendait peut-être un feu vert explicite pour traiter sa culture, ou qu'il a voulu aller au bout de l'essai, par respect ou pour faire plaisir.

Cette situation interroge à la fois la clarté du cadre posé au départ, et la manière dont le rôle du conseiller est perçu. Dans une logique d'accompagnement, la décision revient à l'agriculteur – et à lui seul.

« C'est à l'agriculteur à dire : « Oui, je traite ou je ne traite pas » ! » (Agriculteur D).

Mais ce n'est pas toujours perçu ainsi. Cela montre à quel point il est essentiel de définir clairement les responsabilités de chacun, ainsi que la marge de manœuvre réelle laissée à l'agriculteur. Si l'objectif est de renforcer son autonomie, il faut le rendre explicite.

Accompagner suppose aussi une posture d'humilité. Savoir dire « je ne sais pas », proposer de chercher ensemble, ou encore différer une réponse. C'est une posture qui n'est certes pas toujours confortable, mais qui ouvre un espace de coopération plus sain.

Légitimité de l'accompagnement

Ce qui rend un accompagnement légitime, ce n'est pas seulement ce qui est dit, mais comment c'est dit. C'est une question de posture. Prend-on le temps d'écouter ? Part-on vraiment de la réalité de l'agriculteur ? Ajuste-t-on le discours à ses connaissances ?

Ces connaissances varient d'ailleurs fortement d'un agriculteur à l'autre. Certains sont pointus sur la structure du sol, d'autres sur la rotation des cultures, d'autres encore en réglementation, etc. Il ne s'agit pas d'évaluer ces savoirs, mais de s'assurer que tout le monde parle bien de la même chose.

Par exemple, quand on parle des insectes auxiliaires, on ne doit pas supposer que l'interlocuteur sait reconnaître un syrphe ou une larve de coccinelle. Il faut expliquer, montrer et vérifier.

« [Après avoir posé la question à un agriculteur pour savoir s'il connaissait ce que sont les insectes auxiliaires, et s'il pouvait m'en citer] Ben, je connais les coccinelles, les syrphes. Enfin... oui, le syrphe je crois aussi et... enfin... je ne sais pas tous les insectes... » (Agriculteur F).

C'est dans cette optique que j'ai décidé, lors des entretiens, de commencer par situer la jachère mellifère avec l'agriculteur, en préparant un tableau qui liste les MAEC et les éco-régimes. On situe l'objet et le discours !

Comme pour le travail d'enquête, accompagner demande de sortir de sa zone de confort et de s'ajuster à l'autre. Cela suppose aussi de reconnaître que les propos de l'agriculteur sont toujours ancrés dans une réalité vécue – son territoire et ses pratiques. Et ce savoir mérite d'être entendu.

Compétences distribuées

Les compétences ne sont pas seulement individuelles. Elles se construisent aussi dans l’interaction et les échanges. Elles sont distribuées, c'est-à-dire partagées entre plusieurs acteurs, au sein d'un collectif (Largier et al., 2008). Dans le monde agricole, cela se vérifie concrètement. Ce que les agriculteurs retiennent le plus souvent, ce sont les retours d’expériences. Voir ce qu'a fait son voisin, comprendre comment il s'est approprié un dispositif.

« Que ce soit en France ou en Allemagne ou en Suisse... il y a des gens qui sont très, très poussés ! Et ça fait du bien d'aller les voir pour voir comment est-ce qu'ils font, comment est-ce qu'ils cultivent ! Et sans intrants ! Il y en a de ceux qui y arrivent, hein ! » (Agriculteur D).

C'est ce que permettent les réunions au format « coin de champ ». On part d'une situation réelle, vécue. On observe. On compare. On discute. Cette dynamique crée de la confiance et favorise l'appropriation. C'est aussi un moment où les rôles s'inversent parfois, puisque c'est l'agriculteur qui devient celui qui transmet.

Par ailleurs, quel que soit le format des réunions, il ne faut pas sous-estimer l'importance de la convivialité. Plusieurs agriculteurs rencontrés l'ont exprimé : ce qui les motive à venir à une réunion, du moins au départ, ce n'est pas toujours le contenu en soi, mais le moment convivial entre collègues, autour d'un café. Et puis, une fois sur place, ils se prennent au jeu.

« Moi, j'ai quand même appris des trucs là [aux réunions du PNBM] ! Bon, au début, on y va en riant, en se disant : « Ouais, c'est des écolos ! » (rires) Non, mais c'est vrai ! On y allait en se disant : « Bon, on va voir ce qu'ils racontent ! Et je suis allé une fois... je suis allé deux fois... et puis il y a des petits... des petits trucs, le petit drink, le petit si, le petit là, qui font que... on y retourne ! Et puis, moi, j'aime bien d'aller à la rencontre des fermiers et de... j'aime bien ces petites réunions-là aussi, donc... » (Agriculteur F).

Mais pour que cela fonctionne sur le long terme, il faut que les retours soient concrets. Partager les résultats d'un essai, oui, mais sur la parcelle concernée. Avec des chiffres réels, des observations précises, des images. Et dans un langage accessible, qui fait sens pour l'agriculteur.

6. Discussion croisée

Proposer une discussion croisée, c'est ouvrir un passage entre deux mondes, une forme de décloisonnement de la pensée. C'est envisager les résultats sous une perspective nouvelle. C'est tisser des liens entre deux recherches menées conjointement, sur deux terrains (l'une dans les champs, l'autre auprès d'agriculteurs). Les résultats quantitatifs issus des relevés floristiques et entomologiques permettent de traduire la dynamique écologique, tandis que les résultats qualitatifs issus des entretiens permettent de saisir l'enchevêtrement et la complexité des rapports qu'entretiennent les agriculteurs avec le monde qui les entoure. En les croisant, quels nouveaux résultats émergent ?

Même si l'on parvient à mettre en évidence l'intérêt (biologique) de la jachère mellifère dans la lutte biologique, son efficacité réelle ne pourra se révéler que si elle est acceptée par le monde agricole et intégrée dans les pratiques. Autrement, elle restera un objet (socio)technique qui peine à s'insérer dans les systèmes de production.

6.1. Les proies/hôtes alternatifs

Entre la jachère mellifère et la culture, il n'y a qu'un pas. Et pourtant, quelques mètres suffisent pour faire passer le puceron du statut de « proie/hôte alternatif » à celui de « nuisible ». Dans le discours agricole, c'est bien sûr le statut de nuisible qui domine. On en parle comme d'un taux à surveiller, un taux de nuisibilité, un risque économique (Dedryver et al., 2010; Hoidal & Koch, 2021). Il oriente les pratiques.

Dans la jachère, c'est plus volontiers son statut de proie/hôte alternatif qui prime, et pour cause : le taux de présence en pucerons au sein de la jachère a un effet significatif sur l'abondance des ennemis naturels et des Anthocoridae. Sur l'abondance des Braconidae et des Coccinellidae, l'effet est plus marqué lorsque la couverture florale est faible ; marginal lorsqu'elle est élevée.

À ce stade, on peut faire deux constats : (1) le puceron n'est pas uniquement un nuisible et contribue, indirectement, à la lutte biologique ; (2) la couverture florale n'est pas le seul facteur explicatif. Plus de 5000 espèces de pucerons ont été référencées dans le monde parmi lesquelles seulement une centaine représentent potentiellement un risque économique en agriculture (Blackman & Eastop, 2017). La grande majorité des espèces de pucerons sont donc inoffensives pour l'agriculture, et en favorisant l'abondance en prédateurs et parasitoïdes, deviennent même bénéfiques. Quant à l'effet de la couverture florale, l'absence de corrélation entre la variation du taux de floraison et la variation de l'abondance en ennemis naturels ne signifie pas qu'il n'y a pas d'effet absolu de la présence de fleurs.

Ces résultats, en plus de l'intérêt écologique qu'ils apportent, laissent entrevoir des pistes d'accompagnement des agriculteurs et touchent à deux points essentiels que sont la représentation du métier d'agriculteur et la manière dont la jachère parvient à produire des attachements et à s'insérer de manière pérenne. Je propose de les mettre en relation avec la couverture florale.

6.2. La couverture florale

Espèces semées

Vicia sativa et *H. annuus* représentent les espèces qui ont eu la plus faible couverture florale. Pourtant, elles présentent les taux de présence de pucerons les plus élevés. Elles contribuent donc à la lutte biologique, et ce faiblement fleuries, voire sans fleurs. Lors des entretiens, plusieurs discours ressortent sur la place de l'esthétique, ou plutôt de l'image de l'agriculteur et de la ferme, que renvoie l'aspect de la culture (qui englobe la jachère mellifère et autres dispositifs de maillage écologique) que ce soit aux pairs ou aux citoyens.

Pour certains agriculteurs, lorsqu'elle n'est pas en fleur, elle n'est ni plus ni moins qu'une bande de « mauvaises herbes ». Elle « fait sale ». Bien sûr, tout dépend de la représentation que l'agriculteur se fait de la jachère mellifère, ou plutôt de la relation qu'il entretient avec elle. L'un et l'autre se font exister mutuellement. Si la jachère existe par l'agriculteur, la manière dont l'agriculteur « est » dépend d'elle en retour. En d'autres termes, la jachère mellifère renvoie une certaine image de l'agriculteur, et cette image est fonction de la traduction qu'il en fait. Et si ça compte pour l'agriculteur, c'est bien parce que cette image impacte ses relations avec les autres acteurs. Si, pour lui, elle se résume à une bande de mauvaises herbes six mois sur neuf, il est peu probable qu'il décide d'en replanter l'année suivante. Mais si cette image est en adéquation avec ses valeurs et sa vision du « bon » agriculteur, il y a plus de chances qu'il souhaite poursuivre l'expérience l'année suivante.

Par ailleurs, l'agriculteur doit avoir non seulement les moyens de se reconnaître dans ce nouveau paysage, mais doit aussi être en mesure de l'expliquer et de le défendre auprès d'acteurs qui le remettraient en question.

En ce sens, un accompagnement pourrait alors permettre de favoriser des attachements. Et c'est ici qu'intervient le puceron, en générant un glissement de traduction – qui ne peut s'opérer qu'à condition qu'il ne soit pas uniquement instauré (c'est-à-dire connu, vu, raconté, pratiqué) comme un nuisible ! À son tour, il peut transformer l'existence de la jachère mellifère d'une bande de mauvaises herbes en un garde-manger pour les ennemis naturels.

Comme évoqué précédemment, les agriculteurs n'ont pas – ou très peu – conscience de cette modalité d'existence du puceron. Grâce aux suivis écologiques, cette nouvelle modalité pourrait pourtant être observée par les agriculteurs, être racontée grâce à une autre rhétorique (celle de la synergie) et dès lors faire l'objet de nouvelles pratiques. Plus que l'image du puceron, c'est toute son existence à la fois symbolique, pratique, rhétorique qui est en jeu !

Ainsi, accompagner l'agriculteur dans la construction de deux nouveaux modes d'existence du puceron et de la jachère mellifère – l'un comme soutien aux ennemis naturels, l'autre comme une jachère « sans fleur » –, pourrait favoriser des attachements à la jachère. Cela passe par la mise au point de nouveaux outils de communication et de suivi ; et par la construction d'un nouveau narratif. Elle ne serait alors plus vue, vécue et pratiquée comme étant le symbole d'un « laisser-aller » (Burton et al., 2008), mais comme le signe d'un engagement dans des pratiques de lutte intégrée.

Espèces spontanées

Même si la couverture florale des espèces spontanées ne représente que 4 % maximum sur la période de relevés, elle peut néanmoins rester importante aux yeux des agriculteurs ainsi que des citoyens. Elles transmettent en effet un message et révèlent parfois des tensions. L'absence de traitement au sein de la jachère laisse place à l'émergence d'« adventices ». Les jachères sont alors rapidement perçues comme une source d'adventices et donc un risque pour la culture adjacente (Cordeau et al., 2011). Pourtant, toutes les adventices ne sont pas problématiques pour les cultures, et certaines peuvent même se révéler utiles, justement en offrant des ressources florales et des proies/hôtes alternatifs aux ennemis naturels (Storkey & Westbury, 2007). Plutôt que de simplement les ignorer, reconnaître leur présence pourrait – avec un accompagnement adéquat – être interprété comme révélateur de conditions environnementales (comme pour le chardon par exemple, qui peut révéler un sol engorgé en eau, un travail du sol par temps humide, un sol trop riche, excédentaire en matière organique, ou en nitrates) (Barrier-Guillot et al., 2022) et aboutir à une redéfinition des pratiques (travail du sol par exemple).

6.3. Effet de la distance à la jachère mellifère

Dans la culture adjacente, l'abondance en pucerons était significativement plus faible à 5 m qu'à 50 m au pic de population. De plus, à 5 m, le seuil d'intervention (ou de traitement) n'est pas dépassé, alors qu'il est à 50 m.

Ces résultats sont très intéressants sur le plan pratique, et, bien mobilisés, peuvent avoir un impact sur la pérennité de la jachère mellifère. Elle permet d'éviter un traitement phytosanitaire (ontologie naturaliste).

Face aux tensions ressenties quant à la contrainte administrative et la pression politique exercée à travers l'éco-régime, ce résultat peut redonner du sens à l'existence de la jachère. Elle n'est plus seulement un outil de plus au sein de la PAC, mais un moyen concret d'éviter un traitement phytosanitaire, avec tous les effets bénéfiques que cela implique. Elle a un effet concret, dans la réalité de l'agriculteur.

Toutefois, ce résultat peut aussi se heurter à une autre tension évoquée par les agriculteurs : le manque de temps, mais aussi éventuellement le manque de connaissances quant aux nuisibles et à leurs ennemis naturels (Wyckhuys et al., 2019). Dans le cadre de l'essai, c'est Séverin et moi-même qui avons effectué les comptages. En pratique, cela demande une disponibilité au champ et des connaissances de la part de l'agriculteur. Mais le temps investi au comptage ne serait-il pas compensé d'une manière ou d'une autre par les bénéfices liés à la réduction d'un traitement ?

6.4. Cadre réglementaire

Plusieurs tensions émanent du cadre de l'éco-régime. Pour certains, l'éco-régime serait un poids et un moyen de pression supplémentaires du politique sur les agriculteurs. Le cahier des charges qui définit les conditions d'implantation de la jachère – du choix des espèces à la durée de maintien – semblait « anti-agronomique » pour d'autres. Les résultats concernant les paramètres de la jachère mellifère pourraient contribuer à apaiser ces tensions et redonner du sens au cahier des charges, à condition que les agriculteurs soient entendus en retour. En effet, même si l'effet est démontré et expliqué aux agriculteurs, la production de connaissances ne leur donnera pas pour autant plus de liberté ou de marge de manœuvre dans le cadre assez contraignant de l'éco-régime. Idéalement, cette production de connaissances devrait être discutée avec les agriculteurs et leurs connaissances situées prises en compte dans la modification du cahier des charges, par exemple. Mais cela demande une certaine symétrie entre les acteurs.

6.5. Pérennité de la jachère mellifère

Il est important de discuter de la façon d'exploiter ces résultats au sein du monde agricole afin de rendre la jachère mellifère pérenne. Lors des entretiens et des différentes réunions, j'ai constaté que le format « coin de champ » convenait bien aux agriculteurs.

Ces coins de champ consistent à se réunir sur la parcelle d'un agriculteur et d'engager un échange entre pairs, pratique encouragée pour favoriser la transition agroécologique (Martini et al., 2023). Dès lors, la question est : que faire de ces résultats et comment les communiquer au mieux ?

Dans les discours recueillis, le retour des essais semble très important. Des résultats ancrés sur le terrain, à la suite d'études réalisées sur leur parcelle, telle était l'attente explicitement formulée. Pour s'insérer – durablement – dans le paysage agricole, la jachère mellifère doit générer des attachements situés. La présence d'un porte-parole à la fois des intérêts de la biodiversité – et donc de la jachère mellifère – et des intérêts des agriculteurs pour construire des outils plus équilibrés et appropriables pourrait permettre ces attachements situés. Ce rôle peut être assumé par les conseillers, à condition que les termes soient bien définis au préalable.

Par ailleurs, des résultats comme l'abondance d'ennemis naturels et la diversité des familles présentes peuvent favoriser l'adhésion, voire dépasser une vision purement utilitariste. Au-delà de l'aspect fonctionnel de la lutte biologique, montrer à l'agriculteur la biodiversité qu'abrite sa jachère mellifère peut aussi contribuer à générer des attachements (Hatt, 2024). Certains agriculteurs se sont exprimés comme étant sensibles à la présence de coccinelles, de syrphes, de papillons, par exemple.

« *On aime ce qui nous a émerveillé, et on protège ce que l'on aime* »

- Jacques-Yves Cousteau

7. Conclusion et perspectives

Tout d'abord, rappelons-nous les questions de recherche qui ont guidé ce mémoire tout au long de sa réalisation :

Dans quelle mesure les jachères mellifères de printemps contribuent-elles à la lutte biologique contre les pucerons des céréales ?

Le premier objectif de ce mémoire était donc d'évaluer l'intérêt de la jachère mellifère dans la lutte biologique, au sens écologique du terme. Grâce aux différents essais effectués sur des exploitations agricoles en Hesbaye, nous avons pu mettre en évidence un effet significatif sur l'abondance de pucerons au sein de la culture, qui était plus élevée à 50 m (zone témoin) qu'à 5 m. La présence de proies/hôtes alternatifs a un effet significatif positif sur l'abondance d'ennemis naturels, et plus particulièrement des Anthocoridae. Quant à l'effet croisé de la présence de proies/hôtes alternatifs et de la couverture florale, il est significatif sur les Braconidae et les Coccinellidae.

Comment les facteurs sociaux, économiques et techniques influencent-ils leur adoption et leur appropriation par les agriculteurs, et conditionnent-ils leur efficacité à long terme ?

Le deuxième objectif était de comprendre la complexité des relations au sein du monde agricole et comment cet entremêlement de relations peut influencer l'adoption ou non de la jachère mellifère de printemps. À travers différents entretiens réalisés auprès d'agriculteurs – ceux-là même qui ont participé aux essais – nous avons pu mettre en évidence différentes pistes. L'agriculture est un monde complexe, habité. Par ailleurs, les agriculteurs se retrouvent face à une réalité composée de tensions et de contraintes. Le manque de temps, pourtant nécessaire au comptage des pucerons au sein de la parcelle, peut être un frein à l'adoption de la jachère mellifère.

Ces conclusions laissent entrevoir plusieurs pistes pour des recherches futures.

Tout d'abord, dans nos essais la jachère mellifère a été envisagée comme objet d'étude indépendant. Les paramètres paysagers et météorologiques, pourraient à l'avenir, être pris en compte dans des essais futurs. Concernant les relevés effectués au sein de la culture, des pièges à cuvettes jaunes pourraient y être installés pour comparer l'abondance des ennemis naturels entre la jachère mellifère et la culture selon des méthodes d'échantillonnage similaires.

Par ailleurs, intégrer d'autres méthodes d'échantillonnage (pièges Barber), pour cibler d'autres familles d'ennemis naturels, telles que les carabes par exemple, pourrait être intéressant.

Du côté des nuisibles, nous nous sommes concentrés sur le puceron en culture de céréales. D'autres ravageurs (cécidomyies, méligrèthes, charançons, altises, criocères) pourraient être étudiés au sein de cultures très consommatrices de pesticides, comme le colza par exemple.

Concernant la zone témoin, nous avons considéré que celle-ci se trouvait à 50 m de la jachère mellifère au sein de la culture. Mais ce n'est pas tout à fait pareil de considérer deux zones au sein de la même culture ou d'en comparer deux différentes. Par exemple, sur une même parcelle, une partie de la culture pourrait être bordée d'une jachère mellifère et l'autre non.

Du point de vue des sciences sociales, nous avons considéré le point de vue de six agriculteurs. Il serait intéressant d'explorer l'ensemble du réseau d'acteurs qui gravitent autour de la jachère mellifère et de rencontrer ces acteurs. De manière non exhaustive, je pense aux conseillers phytosanitaires, à l'administration (SPW), aux conseillers agricoles, aux agronomes, au CePiCOP (afin de comprendre comment sont construits les seuils), à d'autres agriculteurs plus conventionnels.

Par ailleurs, les entretiens ont été réalisés au printemps, période à laquelle les agriculteurs sont particulièrement occupés au champ, ce qui a pu impacter leur disponibilité. Considérer d'autres fenêtres sur le calendrier pourrait permettre de dégager plus de temps et de revoir les mêmes agriculteurs plusieurs fois.

En conclusion, si la jachère mellifère semble avoir un intérêt pour la lutte biologique, elle ne doit pas pour autant être pensée comme un levier unique dans la réduction des pesticides, mais venir en complément d'autres dispositifs. Elle doit être pensée à l'échelle de la parcelle, voire du paysage et il est important d'accompagner l'agriculteur dans son appropriation afin qu'elle puisse s'installer de façon pérenne dans les pratiques agricoles et révéler son plein potentiel.

8. Bibliographie

- Agence wallonne pour la promotion d'une agriculture de qualité (Apaq-W). (2025). *Informations générales sur les céréales*. Apaq-W. <https://www.apaqw.be/fr/informations-generales-sur-les-cereales>
- Akrich, M. (1992). The De-scription of technical objects. In W. E. Bijker & J. Law (Éds.), *Shaping technology/building society : Studies in sociotechnical change* (p. 205-224). MIT Press.
- Akrich, M. (1993). Les objets techniques et leurs utilisateurs de la conception à l'action. In B. Conein, N. Dodier, & L. Thévenot (Éds.), *Les Objets dans l'action : De la maison au laboratoire* (p. 35-57). Editions de l'EHESS.
- Albrecht, M., Duelli, P., Müller, C., Kleijn, D., & Schmid, B. (2007). The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 813-822. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01306.x>
- Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N. M., Tschumi, M., Blaauw, B. R., Bommarco, R., Campbell, A. J., Dainese, M., Drummond, F. A., Entling, M. H., Ganser, D., de Groot, A., Goulson, D., Grab, H., Hamilton, H., Herzog, F., Isaacs, R., Jacot, K., Jeanneret, P., ... Sutter, L. (2020). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield : A quantitative synthesis. *Ecology Letters*, 23(10), 1488-1498. <https://doi.org/10.1111/ele.13576>
- Ambroise, B. (2015). La philosophie du langage de J. L. Austin : Ce que la parole fait. *Philopsis*. <https://shs.hal.science/halshs-01246820>
- Aparicio, F. (2024, avril 11). Une nouvelle architecture pour la PAC 23-27. *CrowdFarming Blog*. <https://crowdfarming.com/blog/es/une-nouvelle-architecture-pour-la-pac-23-27/>
- Arrêté du Gouvernement wallon du 10 novembre 2016 relatif à la lutte intégrée contre les ennemis des cultures, 10 (2016). https://wallex.wallonie.be/files/pdfs/10/6122_Arr%C3%AAt%C3%A9%9_du_Gouvernement_wallon_relatif_%C3%A0_la_lutte_int%C3%A9gr%C3%A9e_contre_les_ennemis_des_cultures_19-12-2016-.pdf
- Bakker, L., Sok, J., Van Der Werf, W., & Bianchi, F. J. J. A. (2021). Kicking the habit : What makes and breaks farmers' intentions to reduce pesticide use? *Ecological Economics*, 180, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106868>
- Bannwart, P., Gardarin, A., & Petit, S. (2025). Do semi-natural habitats enhance overwintering of generalist predators in arable cropping systems? A meta-analysis. *Biological Control*, 201, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105700>
- Barrier-Guillot, A., Bourdin, A., & Ranoux, C. (2022, août). *Fiche technique—Chardon des champs*. <https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2022-10/Fiche%20Chardon%20V3%20Finale%20.pdf>
- Bartoń, K. (2025). *MuMIn : Multi-Model Inference* (Version 1.48.11) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html>
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A.-C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199-1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- BASF France. (2025). *BiodiversID : Un programme pour développer la biodiversité dans les territoires agricoles*. https://www.agro.bASF.fr/fr/agroecologie/biodiversite/programme_biodiversid/un_programme_pour_developper_la_biodiversite_dans_les_territoires_agricoles/

- Batáry, P., Báldi, A., Kleijn, D., & Tscharntke, T. (2011). Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management : A meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1713), 1894-1902. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1923>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes : A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bianchi, F. J. J. A., & Werf, W. V. D. (2004). Model evaluation of the function of prey in non-crop habitats for biological control by ladybeetles in agricultural landscapes. *Ecological Modelling*, 171(1-2), 177-193. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.08.003>
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014). Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890-898. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12257>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2017). Taxonomic issues. In H. F. Van Emden & R. Harrington (Éds.), *Aphids as crop pests* (2nd ed, p. 1-36). CABI.
- Blais, M., & Martineau, S. (2006). L'analyse inductive générale : Description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, 26(2), 1. <https://doi.org/10.7202/1085369ar>
- Blitzer, E. J., Dormann, C. F., Holzschuh, A., Klein, A.-M., Rand, T. A., & Tscharntke, T. (2012). Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.09.005>
- Bommarco, R. (1998). Reproduction and energy reserves of a predatory carabid beetle relative to agroecosystem complexity. *Ecological Applications*, 8(3), 846-853. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0846:RAEROA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0846:RAEROA]2.0.CO;2)
- Bonnefoy, N. (2012). *Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les pesticides et leur impact sur la santé et l'environnement*. (No. 42; p. 348). Sénat. <https://www.senat.fr/rap/r12-042-1/r12-042-11.pdf>
- Brabec, M., Honek, A., Pekar, S., & Martinkova, Z. (2014). Population Dynamics of Aphids on Cereals : Digging in the Time-Series Data to Reveal Population Regulation Caused by Temperature. *PLOS ONE*, 9(9), 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106228>
- Brédart, D., & Stassart, P. M. (2017). When farmers learn through dialog with their practices : A proposal for a theory of action for agricultural trajectories. *Journal of Rural Studies*, 53, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.04.009>
- Brooks, M., E., Kristensen, K., Bentham, K., J. ,van, Magnusson, A., Berg, C., W., Nielsen, A., Skaug, H., J., Mächler, M., & Bolker, B., M. (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9(2), 378. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>
- Buntin, G. D., Flanders, K. L., Slaughter, R. W., & Delamar, Z. D. (2004). Damage Loss Assessment and Control of the Cereal Leaf Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) in Winter Wheat. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 374-382. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.374>
- Burton, R. J. F. (2004). Seeing Through the ‘Good Farmer’s’ Eyes : Towards Developing an Understanding of the Social Symbolic Value of ‘Productivist’ Behaviour. *Sociologia Ruralis*, 44(2), 195-215. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2004.00270.x>

- Burton, R. J. F., & Schwarz, G. (2013). Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. *Land Use Policy*, 30(1), 628-641.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.002>
- Burton, Rob. J. F., Kuczera, C., & Schwarz, G. (2008). Exploring farmers' cultural resistance to voluntary agri-environmental schemes. *Sociologia Ruralis*, 48(1), 16-37. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2008.00452.x>
- Busse, M., Zoll, F., Siebert, R., Bartels, A., Bokelmann, A., & Scharschmidt, P. (2021). How farmers think about insects : Perceptions of biodiversity, biodiversity loss and attitudes towards insect-friendly farming practices. *Biodiversity and Conservation*, 30(11), 3045-3066. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02235-2>
- Busson, M., Chetty, J., Robin, M.-H., & Aubertot, J.-N. (2024). Biocontrôle. In *Dictionnaire d'agroécologie* (p. 65-66). Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3954-2>
- Callon, M. (1986a). Éléments pour une sociologie de la traduction : La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique*, 36, 169-208.
- Callon, M. (1986b). Éléments pour une sociologie de la traduction : La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique*, 36, 169-208.
- Callon, M. (1990). Techno-economic networks and irreversibility. *The Sociological Review*, 38(1_suppl), 132-161. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1990.tb03351.x>
- Callon, M. (1997). Four models for the dynamics of science. In A. I. Tauber (Ed.), *Science and the Quest for Reality* (p. 249-292). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-25249-7_11
- Campbell, A. J., Biesmeijer, J. C., Varma, V., & Wackers, F. L. (2012). Realising multiple ecosystem services based on the response of three beneficial insect groups to floral traits and trait diversity. *Basic and Applied Ecology*, 13(4), 363-370. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2012.04.003>
- CAPEye. (2025). *La PAC 2014-2020*. CAPEye. <https://capeye.fr/reforme-de-la-pac/>
- Carson, R. (2020). *Printemps silencieux* (J.-F. Gravrand, Trad.; Ouvrage original publié en 1962). Wildproject.
- Centre pilote wallon des céréales et des oléo-protéagineux (CePiCOP). (2025, février 1). CePiCOP. <https://centrespilotes.be/cp/cepicop/>
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M. E., Blitzer, E. J., & Kremen, C. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters*, 14(9), 922-932. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01642.x>
- Chèze, B., David, M., & Martinet, V. (2020). Understanding farmers' reluctance to reduce pesticide use : A choice experiment. *Ecological Economics*, 167, 14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.06.004>
- Chivers, C.-A., Bliss, K., De Boon, A., Lishman, L., Schillings, J., Smith, R., & Rose, D. C. (2023). Videos and podcasts for delivering agricultural extension : Achieving credibility, relevance, legitimacy and accessibility. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 29(2), 173-197. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2021.1997771>
- Commission européenne. (2025a). *La politique agricole commune : 2023-2027*. Commission.europa.eu. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_fr
- Commission européenne. (2025b). *La politique agricole commune en bref*. Commission.europa.eu. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_fr
- Commission européenne. (2025c). *Principaux objectifs stratégiques de la PAC 2023-2027*. Commission.europa.eu. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_fr

- Compagnone, C. (2006). Chapitre 13. Le juste dans la relation de conseil en agriculture. In *Conseiller en agriculture* (p. 221-234). Éducagri éditions. <https://doi.org/10.3917/edagri.remy.2006.01.0221>
- Cordeau, S., Reboud, X., & Chauvel, B. (2011). Farmers' fears and agro-economic evaluation of sown grass strips in France. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(3), 463-473. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0004-6>
- Cowan, R., & Gunby, P. (1996). Sprayed to death : Path dependence, lock-in and pest control strategies. *The Economic Journal*, 106(436), 521-542. <https://doi.org/10.2307/2235561>
- Cusworth, G., & Dodsworth, J. (2021). Using the 'good farmer' concept to explore agricultural attitudes to the provision of public goods. A case study of participants in an English agri-environment scheme. *Agriculture and Human Values*, 38(4), 929-941. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10215-z>
- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L. G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S., Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Letourneau, D. K., ... Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, 5(10), 13. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>
- Dainese, M., Montecchiari, S., Sitzia, T., Sigura, M., & Marini, L. (2017). High cover of hedgerows in the landscape supports multiple ecosystem services in Mediterranean cereal fields. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 380-388. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12747>
- Décision n° 1600/2002/CE du 22 juillet 2002 établissant le sixième programme d'action communautaire pour l'environnement, 15 (2002).
- Décret du 10 juillet 2013 instaurant un cadre pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable, 7 (2013). https://wallex.wallonie.be/files/pdfs/o/6655_D%c3%a9cret_instaurant_un_cadre_pour_parvenir_%c3%ao_une_utilisation_des_pesticides_compatible_avec_le_d%c3%a9veloppement_durable_et_modifiant_le_Livre_Ier_du_Code_de_l'Environnement%2c_le_Livre_II_du_Code_de_l'E_15-09-2013-19-11-2016.pdf
- Dedryver, C.-A., Le Ralec, A., & Fabre, F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men : A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus. Biologies*, 333(6-7), 539-553. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.03.009>
- Dendoncker, N., Boeraeve, F., Crouzat, E., Dufrêne, M., König, A., & Barnaud, C. (2018). How can integrated valuation of ecosystem services help understanding and steering agroecological transitions ? *Ecology and Society*, 23(1), 14. <https://doi.org/10.5751/ES-09843-230112>
- Deschamps, S., & Demeulenaere, É. (2015). L'observatoire agricole de la biodiversité : Vers un ré-ancreage des pratiques dans leur milieu. *Études rurales*, 195, 109-126. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.10276>
- Descola, P. (2015). *Par-delà nature et culture*. Gallimard.
- Descola, P. (2019). *Une écologie des relations*. CNRS éditions De vive voix.
- Deutsch, B., Paulian, M., Thierry, D., & Canard, M. (2005). Quantifying biodiversity in ecosystems with green lacewing assemblages. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(3), 337-343.
- Directive 2009/128/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable, 71 (2009). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:FR:PDF>
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400. <https://doi.org/10.1023/A:1014193329979>

EU CAP Network. (2023). *Thematic group on the design and implementation of eco-schemes in the new CAP Strategic Plans—Background paper*. https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-group-design-and-implementation-eco-schemes-new-cap-strategic-plans_fr

EU CAP Network. (2024, janvier 12). *Groupe thématique sur la conception et la mise en œuvre d'éco-régimes dans les nouveaux plans stratégiques relevant de la PAC*. EU CAP Network. https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-group-design-and-implementation-eco-schemes-new-cap-strategic-plans_fr

European Academies Science Advisory Council (EASAC). (2023). *Neonicotinoids and their substitutes in sustainable pest control* (No. 45; p. 66).

https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Neonics/EASAC_Neonicotinoids_complete_Web_02032023.pdf

Fabre, F., Dedryver, C. A., Leterrier, J. L., & Plantegenest, M. (2003). Aphid Abundance on Cereals in Autumn Predicts Yield Losses Caused by Barley yellow dwarf virus. *Physiopathology*, 93(10), 1217-1222.

Fauvel, G. (1999). Diversity of Heteroptera in agroecosystems : Role of sustainability and bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 275-303. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00039-0)

Fauvergue, X. (Éd.). (2020). Partie I - La lutte biologique, bases théoriques et applications. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures*. Éditions Quae.

Finlay, K. J., & Luck, J. E. (2011). Response of the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) to climate change in relation to its pest status, vectoring potential and function in a crop–vector–virus pathosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 405-421. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.011>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Integrated Pest Management (IPM)*. FAO.Org. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). *The future of food and agriculture : Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde—Des systèmes au bord de la rupture. Rapport de synthèse 2021* (p. 93). FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7654fr>

Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R companion to applied regression* (Third edition). SAGE.

Ganser, D., Knop, E., & Albrecht, M. (2019). Sown wildflower strips as overwintering habitat for arthropods : Effective measure or ecological trap? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.010>

Gardarin, A. (2023). Aphid biological control in arable crops via flower strips : The predominant role of food resources over diversity effects. *Journal of Applied Ecology*, 60(10), 2118-2131. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14495>

Gillespie, M. A. K., Gurr, G. M., & Wratten, S. D. (2016). Beyond nectar provision : The other resource requirements of parasitoid biological control agents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 159(2), 207-221. <https://doi.org/10.1111/eea.12424>

Gong, B., Wang, J., Hatt, S., Desneux, N., Wang, S., & Jin, L. (2024). Intercropping with aromatic plants enhances natural enemy communities facilitating pest suppression in tea plantations. *Arthropod-Plant Interactions*, 18(4), 753-761. <https://doi.org/10.1007/s11829-024-10074-5>

Grab, H., Poveda, K., Danforth, B., & Loeb, G. (2018). Landscape context shifts the balance of costs and benefits from wildflower borders on multiple ecosystem services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1884), 9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1102>

- Gurr, G. M., Wratten, S. D., Landis, D. A., & You, M. (2017). Habitat Management to Suppress Pest Populations : Progress and Prospects. *Annual Review of Entomology*, 62(1), 91-109.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Haaland, C., Naisbit, R. E., & Bersier, L.-F. (2011). Sown wildflower strips for insect conservation : A review. *Insect Conservation and Diversity*, 4(1), 60-80. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x>
- Hamel, J. (2015). Métier de sociologue, approche inductive et objet d'analyse. Brèves remarques à partir de Bourdieu. *Canadian Review of Sociology/Revue canadienne de sociologie*, 52(2), 187-200.
<https://doi.org/10.1111/cars.12070>
- Hamuda, H. E. A. F. B., & Patko, I. (2010). Relationship between environmental impacts and modern agriculture. *Óbuda University e-Bulletin*, 1(1), 87-98.
- Hatt, S. (2017). *Spatial diversification of agroecosystems towards biological control of insect pests : A focus on intercropping and wildflower strips*. Gembloux Agro-Bio Tech.
- Hatt, S. (2024). Wildflower Strips for Insects... and People : Stacking the Socio-cultural Dimension. In J. Wang, H. Liu, I. Menzler-Hokkanen, & H. Jiang (Éds.), *The Concept of Ecostacking* (p. 240-248). CABI.
<https://doi.org/10.1079/9781789248715.0017>
- Hatt, S., Lopes, T., Boeraeve, F., Chen, J., & Francis, F. (2017). Pest regulation and support of natural enemies in agriculture : Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecological Engineering*, 98, 240-245.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.080>
- Hatt, S., Uytenbroeck, R., Lopes, T., Mouchon, P., Osawa, N., Piqueray, J., Monty, A., & Francis, F. (2019). Identification of flower functional traits affecting abundance of generalist predators in perennial multiple species wildflower strips. *Arthropod-Plant Interactions*, 13(1), 127-137. <https://doi.org/10.1007/s11829-018-9652-7>
- Hennion, A. (2013). D'une sociologie de la médiation à une pragmatique des attachements : Retour sur un parcours sociologique au sein du CSI. *SociologieS*, 31. <https://doi.org/10.4000/sociologies.4353>
- Henriet, F. (2025). II.5—Lutte intégrée contre les ravageurs. In B. Dumont & F. Henriet (Éds.), *Livre Blanc Céréales* (Février 2025, p. 164-175). <https://livre-blanc-cereales.be/wp-content/uploads/2025/04/II.5.-Ravageurs.pdf>
- Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.-F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350. <https://doi.org/10.1126/science.1215039>
- Herzog, F., Steiner, B., Bailey, D., Baudry, J., Billeter, R., Bukácek, R., De Blust, G., De Cock, R., Dirksen, J., Dormann, C. F., De Filippi, R., Frossard, E., Liira, J., Schmidt, T., Stöckli, R., Thenail, C., Van Wingerden, W., & Bugter, R. (2006). Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale. *European Journal of Agronomy*, 24(2), 165-181. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.07.006>
- Hodek, I. (1996). Food relationships. In *Ecology of Coccinellidae* (p. 143-238). Springer Netherlands.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-1349-8>
- Hoidal, N., & Koch, R. L. (2021). Perception and Use of Economic Thresholds Among Farmers and Agricultural Professionals : A Case Study on Soybean Aphid in Minnesota. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1), 9.
<https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa003>
- Holland, J. M., Bianchi, F. J., Entling, M. H., Moonen, A., Smith, B. M., & Jeanneret, P. (2016). Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control : A review of European studies. *Pest Management Science*, 72(9), 1638-1651. <https://doi.org/10.1002/ps.4318>

- Huang, H. T., & Yang, P. (1987). The Ancient Cultured Citrus Ant. *BioScience*, 37(9), 665-671. <https://doi.org/10.2307/1310713>
- Ihrig, R. A., Herbert, D. A., Van Duyn, J. W., & Bradley, J. R. (2001). Relationship Between Cereal Leaf Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) Egg and Fourth-Instar Populations and Impact of Fourth-Instar Defoliation of Winter Wheat Yields in North Carolina and Virginia. *Journal of Economic Entomology*, 94(3), 634-639. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.3.634>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production* (p. 556). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402857>
- Jonsson, M., Straub, C. S., Didham, R. K., Buckley, H. L., Case, B. S., Hale, R. J., Gratton, C., & Wratten, S. D. (2015). Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1274-1282. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12489>
- Joseph, C., Delattre, D., & Sarthou, J.-P. (2024). Auxiliaires des cultures. In *Dictionnaire d'agroécologie* (p. 60-61). Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3954-2>
- Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., Gratton, C., Hunt, L., Larsen, A. E., Martínez-Salinas, A., O'Rourke, M. E., Rusch, A., Poveda, K., Jonsson, M., Rosenheim, J. A., Schellhorn, N. A., Tscharntke, T., Wratten, S. D., Zhang, W., ... Zou, Y. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33), 7863-7870. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115>
- Kaufmann, J.-C. (2004). *L'entretien compréhensif*. A. Colin.
- Kendall, D. A., Brain, P., & Chinn, N. E. (1992). A Simulation Model of the Epidemiology of Barley Yellow Dwarf Virus in Winter Sown Cereals and its Application to Forecasting. *Journal of Applied Ecology*, 29(2), 414-426. <https://doi.org/10.2307/2404510>
- Kleijn, D., Rundlöf, M., Scheper, J., Smith, H. G., & Tscharntke, T. (2011). Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology & Evolution*, 26(9), 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.05.009>
- Kovács-Hostyánszki, A., Espíndola, A., Vanbergen, A. J., Settele, J., Kremen, C., & Dicks, L. V. (2017). Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letters*, 20(5), 673-689. <https://doi.org/10.1111/ele.12762>
- Kremen, C., Albrecht, M., & Ponisio, L. (2019). Restoring pollinator communities and pollination services in hedgerows in intensively managed agricultural landscapes. In J. W. Dover (Éd.), *The Ecology of Hedgerows and Field Margins* (p. 163-185). Routledge.
- Lamichhane, J. R., Bischoff-Schaefer, M., Bluemel, S., Dachbrodt-Saaydeh, S., Dreux, L., Jansen, J.-P., Kiss, J., Köhl, J., Kudsk, P., Malausa, T., Messéan, A., Nicot, P. C., Ricci, P., Thibierge, J., & Villeneuve, F. (2017). Identifying obstacles and ranking common biological control research priorities for Europe to manage most economically important pests in arable, vegetable and perennial crops : Pest management in arable, vegetable and perennial crops in Europe. *Pest Management Science*, 73(1), 14-21. <https://doi.org/10.1002/ps.4423>
- Lander, T. A., Bebber, D. P., Choy, C. T. L., Harris, S. A., & Boshier, D. H. (2011). The Circle Principle Explains How Resource-Rich Land Can Waylay Pollinators in Fragmented Landscapes. *Current Biology*, 21(15), 1302-1307. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.06.045>
- Landis, D. A., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. (2000). Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45(1), 175-201. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>

- Langelotto, G. A., & Denno, R. F. (2004). Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats : A meta-analytical synthesis. *Oecologia*, 139(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1497-3>
- Lannou, C. (2020). Introduction. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures* (p. 7-18). Éditions Quae.
- Largier, A., Delgoulet, C., & Garza, C. D. L. (2008). Quelle prise en compte des compétences collectives et distribuées dans la gestion des compétences professionnelles ? *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 10-1. <https://doi.org/10.4000/pistes.2167>
- Latour, B. (2009). *Sur un livre d'Etienne Souriau : Les différents modes d'existence*. 36.
- Latour, B. (2012). *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des modernes*. La Découverte.
- Le Bot, J.-M. (2007). *Les schèmes d'identification : Ontologie ou ontonomie ? Retour sur le livre de Philippe Descola, par-delà nature et culture*. 1-29.
- Le Bot, J.-M. (2014). Construction sociale et modes d'existence. Une lecture de Bruno Latour. *Revue du MAUSS*, n° 43(1), 357-373. <https://doi.org/10.3917/rdm.043.0357>
- Letourneau, D. K., Armbrecht, I., Rivera, B. S., Lerma, J. M., Carmona, E. J., Daza, M. C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S. D., Mejía, J. L., Rangel, A. M. A., Rangel, J. H., Rivera, L., Saavedra, C. A., Torres, A. M., & Trujillo, A. R. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21(1), 9-21. <https://doi.org/10.1890/09-2026.1>
- Lu, Z., Zhu, P., Gurr, G. M., Zheng, X., Read, D. M. Y., Heong, K., Yang, Y., & Xu, H. (2014). Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests : Prospects for enhanced use in agriculture. *Insect Science*, 21(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12000>
- Lundin, O., Rundlöf, M., Jonsson, M., Bommarco, R., & Williams, N. M. (2021). Integrated pest and pollinator management – expanding the concept. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(5), 283-291. <https://doi.org/10.1002/fee.2325>
- Martini, E., Pagella, T., Mollee, E., & Van Noordwijk, M. (2023). Relational values in locally adaptive farmer-to-farmer extension : How important? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 65, 101363. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101363>
- Meier, U. (2018). *Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées : BBCH Monographie* (Julius Kühn-Institut, Éd.). Open Agrar Repository. https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00042353
- M'Gonigle, L. K., Williams, N. M., Lonsdorf, E., & Kremen, C. (2017). A Tool for Selecting Plants When Restoring Habitat for Pollinators. *Conservation Letters*, 10(1), 105-111. <https://doi.org/10.1111/conl.12261>
- Michel-Guillou, É. (2010). Agriculteur, un métier en mutation : Analyse psychosociale d'une représentation professionnelle. *Bulletin de psychologie*, Numéro 505(1), 15-27. <https://doi.org/10.3917/bupsy.505.0015>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being : Synthesis* (p. 155). Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Morandin, L. A., & Kremen, C. (2013). Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications*, 23(4), 829-839. <https://doi.org/10.1890/12-1051.1>
- Muneret, L., Canard, E., & Rusch, A. (2020). Chapitre 6—Ecologie des communautés, réseaux trophiques et régulation naturelle. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures* (p. 91-108). Éditions Quae.
- Natagriwal. (2024, novembre). *Préserver les auxiliaires pour favoriser la lutte biologique*. <https://www.natagriwal.be/wp-content/uploads/2024/07/FLYER-A5-PwRP-v1-11-2024-HD.pdf>

- Natagriwal. (2025a, février). *Méthodes agro-environnementales et climatiques (MAEC) 2023-2027*. <https://www.natagriwal.be/wp-content/uploads/2024/10/A4-Tableau-MAEC-FR-022025-v1.pdf>
- Natagriwal. (2025b, février 1). *Seuils de nuisibilité des insectes en grandes cultures*.
- Nicholson, C. C., Ricketts, T. H., Koh, I., Smith, H. G., Lonsdorf, E. V., & Olsson, O. (2019). Flowering resources distract pollinators from crops : Model predictions from landscape simulations. *Journal of Applied Ecology*, 56(3), 618-628. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13333>
- Pedersen, A. B., Nielsen, H. Ø., Christensen, T., & Hasler, B. (2012). Optimising the effect of policy instruments : A study of farmers' decision rationales and how they match the incentives in Danish pesticide policy. *Journal of Environmental Planning and Management*, 55(8), 1094-1110. <https://doi.org/10.1080/09640568.2011.636568>
- Perry, V., & Davenport, M. A. (2020). An inductive framework of self-efficacy to understand and support farmers in conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 198-208. <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.198>
- Phillips, B. W., & Gardiner, M. M. (2015). Use of video surveillance to measure the influences of habitat management and landscape composition on pollinator visitation and pollen deposition in pumpkin (*Cucurbita pepo*) agroecosystems. *PeerJ*, 3, 28. <https://doi.org/10.7717/peerj.1342>
- Posit Team. (2025). *RStudio : Integrated Development Environment for R* (Version 4.4.1) [Logiciel]. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>
- Pywell, R. F., Heard, M. S., Woodcock, B. A., Hinsley, S., Riddig, L., Nowakowski, M., & Bullock, J. M. (2015). Wildlife-friendly farming increases crop yield : Evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1816), 8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1740>
- Quéré, L. (1997). La situation toujours négligée ? *Réseaux*, 15(85), 163-192. <https://doi.org/10.3406/reso.1997.3139>
- Rampin, R., & Rampin, V. (2021). Taguette : Open-source qualitative data analysis. *Journal of Open Source Software*, 6(68), 3522. <https://doi.org/10.21105/joss.03522>
- Ris, N., Pierre, E., & Streito, J.-C. (2020). Chapitre 1—Systématique intégrative et adaptation des auxiliaires à leurs hôtes. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures* (p. 21-36). Éditions Quae.
- Rodriguez, J. M., Molnar, J. J., Fazio, R. A., Sydnor, E., & Lowe, M. J. (2009). Barriers to adoption of sustainable agriculture practices : Change agent perspectives. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(1), 60-71. <https://doi.org/10.1017/S1742170508002421>
- Roudine, S., Le Ralec, A., Bouvaine, S., Alford, L., Duval, F., Buchard, C., Llopis, S., Cloteau, R., Georges, R., Jambon, O., Van Baaren, J., & Le Lann, C. (2025). Flower strips in winter reduce barley yellow dwarf virus incidence in cereal crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 378, 11. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109275>
- Rousseaux, A., Seychal, L., & Sarthou, J.-P. (2024). Lutte biologique par conservation. In *Dictionnaire d'agroécologie* (p. 139-140). Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3954-2>
- Rundlöf, M., Lundin, O., & Bommarco, R. (2018). Annual flower strips support pollinators and potentially enhance red clover seed yield. *Ecology and Evolution*, 8(16), 7974-7985. <https://doi.org/10.1002/ece3.4330>
- Rusch, A. (2020a). Chapitre 7—Gestion agroécologique des insectes ravageurs de la parcelle au paysage. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures* (p. 109-120). Éditions Quae.

- Rusch, A. (Éd.). (2020b). Partie II - Stimuler les régulations naturelles dans les paysages agricoles. In *Biocontrôle—Eléments pour une protection agroécologique des cultures* (p. 89-132). Éditions Quae.
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M. M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tscharntke, T., Weisser, W. W., Winqvist, C., Woltz, M., & Bommarco, R. (2016). Agricultural landscape simplification reduces natural pest control : A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>
- Saint-Martin, A. (2013). Enquête sur les modes d'existence. *Sociologie*. <https://journals.openedition.org/sociologie/1573>
- Sarthou, J.-P., Badoz, A., Vaissière, B., Chevallier, A., & Rusch, A. (2014). Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 194, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.04.018>
- Savoie-Zajc, L. (2000). L'analyse de données qualitatives : Pratiques traditionnelle et assistée par le logiciel NUD•IST. *Recherches qualitatives*, 21, 99. <https://doi.org/10.7202/1085614ar>
- Scheper, J., Bommarco, R., Holzschuh, A., Potts, S. G., Riedinger, V., Roberts, S. P. M., Rundlöf, M., Smith, H. G., Steffan-Dewenter, I., Wickens, J. B., Wickens, V. J., & Kleijn, D. (2015). Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1165-1175. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12479>
- Scheper, J., Holzschuh, A., Kuussaari, M., Potts, S. G., Rundlöf, M., Smith, H. G., & Kleijn, D. (2013). Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. *Ecology Letters*, 16(7), 912-920. <https://doi.org/10.1111/ele.12128>
- Schmidt, M. H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M., & Tscharntke, T. (2003). Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1527), 1905-1909. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2469>
- Service public de Wallonie (SPW). (2023). *Programme wallon de réduction des pesticides 2023-2027 (PWRP 3)* (p. 129). Service public de Wallonie (SPW). https://www.pwrp.be/_files/ugd/f9bdf1_fdcd668fo5d94872aoegaf056adcobfo.pdf
- Service public de Wallonie (SPW). (2024a). *Plan stratégique wallon de la PAC 2023–2027* (No. Version 3.1; p. 1134). [https://agriculture.wallonie.be/files/accueil/Politique/Plan%20strat%C3%A9gique%20PAC/Plan%20strat%C3%A9gique%20wallon%20PAC%20version%203.1%20\(19-12-24\).pdf](https://agriculture.wallonie.be/files/accueil/Politique/Plan%20strat%C3%A9gique%20PAC/Plan%20strat%C3%A9gique%20wallon%20PAC%20version%203.1%20(19-12-24).pdf)
- Service public de Wallonie (SPW). (2024b, décembre 5). *Froment d'hiver : Produits, charges et marge brute*. Etat de l'Agriculture Wallonne. https://etat-agriculture.wallonie.be/contents/indicatorsheets/EAW-C_III_b_2.html
- Service public de Wallonie (SPW). (2025a). *Contexte et contenu du plan stratégique wallon de la PAC - Portail de l'agriculture wallonne*. Agriculture en Wallonie. <https://agriculture.wallonie.be/home/politique-economie/plan-strategique-pac-2023-2027/contexte-et-contenu-du-plan-strategique-wallon-de-la-pac.html>
- Service public de Wallonie (SPW). (2025b, avril 7). *Eco-régime maillage écologique (Nouveauté 2025)–Portail de l'agriculture wallonne*. Agriculture en Wallonie. <https://agriculture.wallonie.be/home/aides/pac-2023-2027-description-des-interventions/eco-regimes-nouveaute-2025/eco-regime-maillage-ecologique-nouveaute-2025.html>
- Sherman, J., & Gent, D. H. (2014). Concepts of sustainability, motivations for pest management approaches, and implications for communicating change. *Plant Disease*, 98(8), 1024-1035. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-14-0313-FE>

- Siebert, R., Toogood, M., & Knierim, A. (2006). Factors Affecting European Farmers' Participation in Biodiversity Policies. *Sociologia Ruralis*, 46(4), 318-340. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00420.x>
- Souriau, E. (2009). *Les différents modes d'existence* (Ouvrage original publié 1943). Presses universitaires de France. <https://tigubarcelos.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/04/118-souriau-is-fr.pdf>
- SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. (2025). *Pacte vert* [Climat.be]. Klimaat | Climat. <https://climat.be/politique-climatique/europeenne/pacte-vert>
- Stallman, H. R., & James, H. S. (2015). Determinants affecting farmers' willingness to cooperate to control pests. *Ecological Economics*, 117, 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.006>
- Storkey, J., & Westbury, D. B. (2007). Managing arable weeds for biodiversity. *Pest Management Science*, 63(6), 517-523. <https://doi.org/10.1002/ps.1375>
- Sutherland, L.-A., & Darnhofer, I. (2012). Of organic farmers and 'good farmers' : Changing habitus in rural England. *Journal of Rural Studies*, 28(3), 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.03.003>
- Sutter, L., Albrecht, M., & Jeanneret, P. (2018). Landscape greening and local creation of wildflower strips and hedgerows promote multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 55(2), 612-620. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12977>
- Sutter, L., Jeanneret, P., Bartual, A. M., Bocci, G., & Albrecht, M. (2017). Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1856-1864. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12907>
- Thies, C., & Tscharntke, T. (1999). Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science*, 285(5429), 893-895.
- Thomas, D. R. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, 27(2), 237-246. <https://doi.org/10.1177/1098214005283748>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Toute l'Europe. (2017, août 31). *La PAC 2014–2020*. Toutleurope.eu. <https://www.toutleurope.eu/agriculture-et-peche/la-pac-2014-2020/>
- Toute l'Europe. (2023, janvier 31). *Le Fonds européen agricole de garantie (FEAGA)*. Toutleurope.eu. <https://www.toutleurope.eu/l-europe-et-moi/le-fonds-europeen-agricole-de-garantie-feaga/>
- Toute l'Europe. (2025, février 26). *Qu'est-ce que la politique agricole commune (PAC) de l'Union européenne ?* Toutleurope.eu. <https://www.toutleurope.eu/agriculture-et-peche/qu-est-ce-que-la-pac/>
- Traugott, M. (2003). The prey spectrum of larval and adult *Cantharis* species in arable land : An electrophoretic approach. *Pedobiologia*, 47(2), 161-169. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00179>
- Tscharntke, T., Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Batáry, P., DeClerck, F., Gratton, C., Hunt, L., Ives, A., Jonsson, M., Larsen, A., Martin, E. A., Martínez-Salinas, A., Meehan, T. D., O'Rourke, M., Poveda, K., Rosenheim, J. A., Rusch, A., Schellhorn, N., Wanger, T. C., ... Zhang, W. (2016). When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biological Conservation*, 204, 449-458. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857-874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., ... Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87(3), 661-685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Collatz, J., Dubsky, V., Entling, M. H., Najar-Rodriguez, A. J., & Jacot, K. (2016). Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops. *Journal of Applied Ecology*, 53(4), 1169-1176. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12653>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M. H., & Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1814), 8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1369>
- Valo, M. (2012, octobre 27). Les raisons de l'addiction française aux pesticides. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/planete/article/2012/10/27/les-raisons-de-l-addiction-francaise-aux-pesticides_1782000_3244.html
- Van Rijn, P. C. J., & Wackers, F. L. (2016). Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 925-933. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12605>
- Venables, W. N., Ripley, B. D., & . (2002). *Modern applied statistics with S* (4th ed). Springer. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>
- Venturini, E. M., Drummond, F. A., Hoshide, A. K., Dibble, A. C., & Stack, L. B. (2017a). Pollination reservoirs for wild bee habitat enhancement in cropping systems : A review. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(2), 101-142. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1258377>
- Venturini, E. M., Drummond, F. A., Hoshide, A. K., Dibble, A. C., & Stack, L. B. (2017b). Pollination reservoirs in lowbush blueberry (Ericales : Ericaceae). *Journal of Economic Entomology*, 110(2), 333-346. <https://doi.org/10.1093/jee/tow285>
- Villenave-Chasset, J., & Leblond, S. (2019). Des bandes fleuries pour les auxiliaires dans les grandes cultures ? Oui mais lesquelles ? *Innovations Agronomiques*, 75, 137-151.
- Wackers, F. L., van Rijn, P. C. J., & Bruin, J. (Éds.). (2005). *Plant-provided food for carnivorous insects : A protective mutualism and its applications*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542220>
- Wang, Y., Yao, F., Soares, M. A., Basiri, S. E., Amiens-Desneux, E., Campos, M. R., Lavoir, A.-V., & Desneux, N. (2020). Effects of four non-crop plants on life history traits of the lady beetle Harmonia axyridis. *Entomologia Generalis*, 40(3), 243-252. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2020/0933>
- Wiktelius, S. (1987). Distribution of Rhopalosiphum padi (Homoptera : Aphididae) on spring barley plants. *Annals of Applied Biology*, 110(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb03226.x>
- Williams, N. M., Ward, K. L., Pope, N., Isaacs, R., Wilson, J., May, E. A., Ellis, J., Daniels, J., Pence, A., Ullmann, K., & Peters, J. (2015). Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications*, 25(8), 2119-2131. <https://doi.org/10.1890/14-1748.1>
- Wilson, C., & Tisdell, C. (2001). Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, 39(3), 449-462. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00238-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00238-5)

Winkler, K., Wäckers, F., Bukovinszkiné-Kiss, G., & Van Lenteren, J. (2006). Sugar resources are vital for Diadegma semiclausum fecundity under field conditions. *Basic and Applied Ecology*, 7(2), 133-140.
<https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.06.001>

Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., Riddig, L., Dean, H., Sleep, D., Henrys, P., Peyton, J., Hulmes, S., Hulmes, L., Sárospataki, M., Saure, C., Edwards, M., Genersch, E., Knäbe, S., & Pywell, R. F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), 1393-1395. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1190>

Wyckhuys, K. A. G., Heong, K. L., Sanchez-Bayo, F., Bianchi, F. J. J. A., Lundgren, J. G., & Bentley, J. W. (2019). Ecological illiteracy can deepen farmers' pesticide dependency. *Environmental Research Letters*, 14(9), 093004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab34c9>

Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>

9. Annexes

Annexe A – Liste des agriculteurs participants à l'étude	94
Annexe B – Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) 2023-2027 (Natagriwal, 2025a).	95
Annexe C – Préserver les auxiliaires pour favoriser la lutte biologique (Natagriwal, 2024).	97
Annexe D – Seuils de nuisibilité des insectes en grandes cultures (Natagriwal, 2025b).	98
Annexe E – Fiche d'observation pour les cultures de froment.	99
Annexe F – Fiche d'observation pour les jachères mellifères.	100
Annexe G – Script R Markdown. Ennemis naturels.	101
Annexe H – Script R Markdown. Lutte biologique.	108

Annexe A – Liste des agriculteurs participants à l'étude.

ID	Culture	Type jachère	Surface jachère	Date semis	Relevés	Enquête	Cordonnées GPS
1	Triticale biologique	Printemps	14 ares	18-03-25	Téo	*	50°36'10.3"N 4°46'08.8"E
2	Froment	Printemps	20 ares	18-03-25	Téo		50°35'19.2"N 4°41'56.9"E
3	Froment	Printemps	11 ares	21-04-25	Antoine		50°30'57.7"N 4°59'09.0"E
4	Froment	Printemps	110 ares	27-03-25	Antoine	*	50°32'00.6"N 5°07'17.1"E
4	Froment	Printemps	55 ares	27-03-25	Antoine		50°32'34.3"N 5°06'38.6"E
5	Froment biologique	Printemps	35 ares	28-03-25	Téo		50°31'01.2"N 4°43'33.6"E
6	Froment	Printemps	9 ares	28-03-25	Téo		50°29'54.1"N 4°43'56.4"E
7	Orge brassicole	Printemps + automne	20 ares	20-04-25	Antoine	*	50°33'36.5"N 5°04'44.8"E
8	Froment	Printemps + automne	60 ares	04-04-25	Antoine	*	50°33'58.1"N 4°34'11.3"E
9	Froment	Printemps + automne	5 ares	-	-	*	50°29'11.2"N 5°11'43.9"E
10	Betterave	Automne	-	27-03-25	-	*	-

Annexe B – Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) 2023-2027 (Natagriwal, 2025a).

Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) - 2023-2027					
Intitulé	Cahier des charges partiel (<i>des fiches plus complètes sont disponibles sur www.natagriwal.be</i>)			Montant de la subvention / an	
Axe "Eléments du maillage écologique"					
Ces mesures, soutenues dans le programme 2014-2020, sont à présent éligibles aux mécanismes de l'éco-régime "Maillage écologique".					
Axe "Prairies"		Prairies permanentes			
	Prairies naturelles MB2	<ul style="list-style-type: none"> Min. 100€ pour la méthode Exploitation entre le 16/06 et le 31/10 par fauche et/ou par pâturage (avec récolte et maintien de 5% en zone refuge¹) Concentrés, fourrages, fertilisation minérale et phytos² interdits 	<ul style="list-style-type: none"> Max. 50% de la superficie en prairie permanente de l'exploitation (10 premiers ha exemptés) Étaupinage ou réparation de dégâts de sangliers autorisés entre le 1^{er} janvier et le 15 avril inclus 	220€/ha	
	Prairies de haute valeur biologique MC4	<ul style="list-style-type: none"> Avis d'expert requis (méthode ciblée) Variante "pré-verger" avec cahier des charges spécifique Dates et modalités de gestion précisées dans l'avis d'expert sur base du diagnostic 		470€/ha	
Axe "Cultures"		Tournières + Parcelles aménagées + Céréales sur pied = max. 25% de la superficie arable			
	Tournières enherbées MB5 BCAE 8	<ul style="list-style-type: none"> Min. 20 ares pour la méthode Largeur des parcelles comprise entre 10 et 20 m dont min. 10 m de couvert herbacé Installation non autorisée sur des parcelles ayant été déclarées en prairie permanente au cours des 5 dernières années Mélange diversifié reconnu (graminées + légumineuses), étiquette de semences à conserver 	<ul style="list-style-type: none"> Adjacente sur sa longueur à au moins une parcelle en culture sous labour Fauche ou pâturage ovin entre le 16/07 et le 31/10, récolte du fourrage obligatoire. Maintien d'une zone refuge¹ herbacée de min. 2 m de large Ne sert pas de chemin mais traversée autorisée pour accéder au champ adjacent si pas d'autre accès Fertilisants, amendements, phytos² et dépôts interdits 	1200€/ha	
	Parcelles aménagées MC7 BCAE 8	<ul style="list-style-type: none"> Min. 20 ares pour la méthode, taille des parcelles comprise entre 0,02 et 1,5 ha sauf justification Avis d'expert requis (méthode ciblée) Une nouvelle parcelle aménagée ne peut pas être installée sur une parcelle convertie à partir d'une prairie permanente au cours des 5 années précédentes Phytos² et dépôts interdits 		2 000€/ha si non repris en BCAE8 1 200€/ha si repris en BCAE8	
	Céréales sur pied MB12 BCAE 8	<ul style="list-style-type: none"> Pas de nouvel engagement possible à partir de 2024 Min. 0,5 ha, max. 10 ha pour la méthode, parcelle de 0,02 à 0,5 ha La totalité de la parcelle déclarée est non-récoltée et le couvert est laissé sur pied jusqu'au dernier jour du mois de février Installation non autorisée sur des parcelles ayant été déclarées en prairie permanente au cours des 5 dernières années 	<ul style="list-style-type: none"> Parcelles distantes d'au moins 100 m entre elles et d'au moins 50 m d'une surface boisée (> 30 ares) La parcelle est semée, aux densités usuelles, d'une culture pure de céréales³, d'un mélange de céréales ou d'un mélange de céréales et de légumineuses⁴ ou protéagineuses. Implantation sur des parcelles différentes chaque année Installation de plots à alouette ou de perchoirs Insecticides et régulateurs de croissance interdits 	2 400€/ha	

Axe "Animaux"			
	Races locales menacées MB11	<ul style="list-style-type: none"> Bovins > 2 ans: Bleue mixte (anciennement blanc-bleu mixte), Rouge-pie de l'Est de la Belgique Equins > 2 ans: Cheval de trait ardennais, belge⁴ Ovins > 6 mois: Mouton laitier belge, Entre-Sambre-et-Meuse, Mergelland, Ardennais tacheté, Ardennais roux⁵ Porcins > 1 an: Porc piétrain 	<ul style="list-style-type: none"> Animaux inscrits au livre généalogique de la race Bovins enregistrés dans Sanitrace Moutons, chevaux et porcs listés dans l'application d'enregistrement des animaux <p>200€/bovin 200€/équin 40€/ovin 100€/porcin + 50€/truite⁶</p>
Axe "Approche globale au niveau de l'exploitation"			
	Plan d'action agroenvironnemental MC10	<ul style="list-style-type: none"> Avis d'expert requis (méthode ciblée) Exploitation mettant en œuvre des pratiques agricoles favorables à l'environnement Diagnostic environnemental de l'exploitation et des pratiques à dresser (gestion de la biodiversité, du paysage, de la fertilisation et du sol, des traitements phytosanitaires,...) 	<ul style="list-style-type: none"> Liste des actions et calendrier d'exécution à établir Objectifs à court, moyen et long terme à définir Suivi annuel de l'engagement <p>Paiement selon le niveau d'engagement en MAEC, en éco-régimes et en bio</p>
	Autonomie fourragère MB13	<ul style="list-style-type: none"> Engagement portant sur min. 100€ <u>Deux variantes:</u> <ul style="list-style-type: none"> Charge de 0,7⁷ à 1,4 UGB/ha de superficie sous herbe et/ou dédiée aux cultures fourragères.⁸ Si < 0,6⁷ UGB, réduction de la subvention. Charge jusqu'à 1,8 UGB/ha de superficie sous herbe et/ou dédiée aux cultures fourragères.⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> ha primés = ha prairies permanentes Épandage des matières organiques limité aux déjections des animaux de la ferme (possibilité d'utiliser d'autres engrains de ferme jusqu'à concurrence de LS < 0,6 si pas d'utilisation d'azote minéral) Phyto² interdits dans les prairies éligibles La présence d'animaux autres que ceux ayant servi à établir la charge sur les prairies admissibles à l'aide est interdite Surfaces sous contrat de pâturage non comptabilisées <p>60€/ha si < 1,4 UGB/ha 30€/ha si < 1,8 UGB/ha</p>
	NEW Sol MR14⁹	<ul style="list-style-type: none"> MAEC basée sur le rapport entre la teneur en carbone organique total du sol ("COT") et la teneur en argile <u>Objectif:</u> maintien ou augmentation du taux de carbone en cultures et en prairies au cours des 5 ans d'engagement Engagement obligatoire dans l'éco-régime "Couverture longue des sols" en 1^{re} année (déclaration anticipée avant le 15/12) et les années suivantes en vue de l'obtention du bonus final (si amélioration du "COT") 	<ul style="list-style-type: none"> Engagement d'au moins 90% des parcelles éligibles pour 5 ans Surface minimale en terre arable de l'exploitation > 30% <u>Parcelles éligibles:</u> Terres arables n'ayant pas été en prairie permanente au cours des 5 dernières années, cultures permanentes et prairies <p>Paiement selon bilan initial/final + forfait 500€ pour analyses + bonus payé si amélioration du "COT/argile"</p>

⁴ La localisation de la zone refuge demeure identique au cours d'une même année.

⁵ Seuls sont autorisés les traitements localisés par pulvérisateur à lance ou à dos contre les chardons des champs et rumex, avec un produit sélectif.

³ En culture pure, les seules céréales éligibles sont: Épeautre (Hiver ou Printemps), Froment (H ou P), Triticale (H ou P).

⁴ En mélange, toutes céréales et toutes légumineuses ou protéagineuses sont éligibles (min. 50% céréales et 20% légumineuses ou protéagineuses).

⁵ Les chevaux de trait belge, les vaches de la race Bleue mixte et moutons Ardennais roux doivent appartenir à la section principale du livre généalogique (être issus de parents et grands-parents appartenant à la race).

⁶ Truite avec au minimum une portée enregistrée durant l'année

⁷ Pour les exploitations comptabilisant uniquement des ovins ou des caprins, limite basse de la charge ramenée à 0,4 UGB/ha

⁸ Calcul de la charge : Ovins et caprins: 0,10 UGB. Equins: 0,8 UGB. Bovins de moins de 1 an: 0,4 UGB. Bovins de 1 an à moins de 2 ans: 0,7 UGB. Bovins mâles de plus de 2 ans: 1 UGB.

Génisses de plus de 2 ans: 0,8 UGB. Vaches laitières: 1 UGB. Autres vaches de plus de 2 ans: 0,8 UGB. Cervidés et camélidés: 0,2 UGB.

La charge à prendre en considération est la charge annuelle moyenne pour l'année civile considérée. La charge se calcule sur base de l'ensemble des superficies fourragères telles que reprises dans la catégorie "prairies" et "cultures fourragères" en agriculture bio (notamment: prairies permanentes, prairies temporaires, trèfles, luzerne, autres fourrages (code 743), maïs ensilage).

⁹ "MR14" = Mesure aux Résultats

Fonds européen agricole pour le développement rural
l'Europe investit dans les zones rurales



Annexe C – Préserver les auxiliaires pour favoriser la lutte biologique (Natagriwal, 2024).



Coccinelles, syrphes, carabes, araignées, ces auxiliaires prédateurs de nuisibles contribuent à protéger les cultures. Préservons-les !

Auxiliaires, de quoi s'agit-il ?

Ce sont ces organismes qui facilitent la production agricole en remplaçant tout ou partie du travail et des intrants apportés par l'agriculteur.

Les enjeux

1. Développer le maillage écologique

Nécessaire pour offrir des **zones d'hivernage** et des **ressources alimentaires** (pollen, nectar, proies) aux auxiliaires.

2. Réduire le travail du sol

De nombreux auxiliaires passent l'hiver dans le sol, **en bordure ou au sein même des parcelles** cultivées.

3. Diminuer l'usage des pesticides

Les pesticides ont des effets néfastes directs et indirects sur les auxiliaires.



Les actions

- Préférer les aménagements fleuris
- Favoriser les aménagements pluriannuels
- Privilégier les linéaires (plutôt que les grands blocs)
- Diminuer la taille des parcelles et réduire les distances entre les aménagements



Des aménagements financés

AMÉNAGEMENTS	BÉNÉFICES POUR LES AUXILIAIRES	MESURE	MONTANT
Parcelles fleuries pérennes “Fleurs des prés”	++	MAEC Parcellle aménagée (MC7) “Polliniseurs”	2000 € / ha
Céréales extensives “Fleurs des champs et messicoles”	+	MAEC Parcellle aménagée (MC7) “Fleurs des champs”	2000 € / ha
Parcelles de hautes herbes et de végétation dense	+	MAEC Parcellle aménagée (MC7) “Faune”	2000 € / ha
Tournières enherbées	+	MAEC Tournière enherbée (MB5)	1200 € / ha
Haies et alignements d'arbres	+ à ++	Ecorégime Maillage écologique	525 € / km
Jachères mellifères	+	Ecorégime Maillage écologique	700 € / ha



Contact • Consultez le site www.natagriwal.be

Sur la page d'accueil, sélectionnez votre commune et prenez contact avec le·la conseiller·ère référent·e.

Version 07/2024

Ed. resp.: Hubert Bedoret - Natagriwal asbl - Chemin du Cyclotron, 2 - Boîte L07.01.14 - 1348 Louvain-la-Neuve

www.natagriwal.be

SEUILS DE NUISIBILITÉ DES INSECTES EN GRANDES CULTURES

(DONNÉES RÉCOLTÉES AU 01/02/2025)

CULTURE	SAISON	NUISIBLE	SEUIL
Betterave ^a	Printemps	Pucerons <i>Myzus persicae</i>	2 pucerons aptères par 10 plantes
Céréales ^b	Automne	Pucerons	1 plante sur 10 avec au moins 1 puceron
Céréales ^b	Automne	Mouche grise des céréales <i>Delia coarctata</i>	250 œufs/m ² pour les semis d'avant fin octobre, 100 œufs/m ² pour les semis de novembre et après
Céréales ^b	Printemps	Pucerons	1 épis sur 2 avec au moins 1 puceron
Céréales ^b	Printemps	Criocères	2,5 larves par tige à l'épiaison
Colza ^b	Automne	Altises	<u>< Stade 4 feuilles :</u> Morsures sur 3 plantes sur 10 <u>Stade 4-6 feuilles :</u> 50 adultes par piège à eau jaune en 3 semaines
Colza ^c	Automne	Charançon du bourgeon terminal	5 par piège à eau jaune en 5 jours
Colza ^b	Printemps	Méligèthes	<u>Stade « boutons accolés »</u> Colza vigoureux : 3-4 adultes par plante Colza faible : 1 adulte par plante <u>Stade « boutons écartés »</u> Colza vigoureux : 7-8 adultes par plante Colza faible : 2-3 adultes par plante
Colza ^b	Printemps	Charançons des siliques	1 par 2 plantes
Colza ^c	Printemps	Charançons de la tige du colza	5 par piège à eau jaune en 3 jours
Colza ^c	Printemps	Charançons de la tige du chou	15-25 par piège à eau jaune en 3 jours
Maïs ^d	Printemps	Pyrales	1 larve par plante
Maïs ^d	Printemps	Pucerons <i>Metopolophium dirhodum</i>	<u>Stade 3-4 feuilles visibles :</u> 5 par plante <u>Stade 4-6 feuilles visibles :</u> 10 par plante <u>Stade 6-8 feuilles visibles :</u> 20-50 par plante <u>Stade 8-10 feuilles visibles :</u> 100 par plante
		Pucerons <i>Sitobion avenae</i>	<u>Stade 3-4 feuilles visibles :</u> 25 par plante <u>Stade 4-6 feuilles visibles :</u> 50 par plante <u>Stade 6-8 feuilles visibles :</u> 250-500 par plante

Sources : * IRBAB ; ^b CePiCOP ; ^c Seuils utilisés en Allemagne ; ^d CIPF

Annexe E – Fiche d'observation pour les cultures de froment.

Agriculteur :	Date :	Culture :	Distance :	Observateur :
---------------	--------	-----------	------------	---------------

N° plante	Puceron	Criocère	Coccinelle			Syrphe			Chrysope			Punaise			Momie
			Œuf	Larve	Pupe	Œuf	Larve	Pupe	Œuf	Larve	Pupe	Larve	Adulte		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

Annexe F – Fiche d’observation pour les jachères mellifères.

Agriculteur : Jachère n° Date : Observateur :

Couverture végétale totale (%)

Noter la présence ou l'absence de pucerons (plante en fleur ou non)

Moutarde blanche		Sarrasin commun	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

Radis		Vesce commune	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

Tournesol	
1	
2	
3	
4	
5	

Annexe G – Script R Markdown. Ennemis naturels.

Effet de la couverture florale et du taux de présence de proies alternatives sur l'abondance d'ennemis naturels.

Statistiques floraison, proies alternatives et ennemis naturels

Antoine Coppi

2025-07-17

Chargement des packages

```
library(lme4)
library(MASS)
library(nlme)
library(car)
library(glmmTMB)
library(MuMin)
```

Chargement du dataset

```
setwd("~/SMEM0042 - Mémoire/Databases/Rstudio")
df_entomofaune <- read.table("df_entomofaune.csv", sep = ";", header = T, na.strings = "NA", dec=",")  
  
df_entomofaune$Sampling<-as.factor(df_entomofaune$Sampling)
df_entomofaune$Parcelle<-as.factor(df_entomofaune$Parcelle)
df_entomofaune$Total_entomofaune<-as.numeric(df_entomofaune$Total_entomofaune)
df_entomofaune$Couverture_floraison<-as.numeric(df_entomofaune$Couverture_floraison)
df_entomofaune$Presence_pucerons<-as.numeric(df_entomofaune$Presence_pucerons)  
  
summary(df_entomofaune)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur l'entomofaune totale

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_entomofaune<-glmmTMB(Total_entomofaune~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_entomofaune)
Anova(glmmTMB_entomofaune)
AICc(glmmTMB_entomofaune)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_entomofaune)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_entomofaune2<-glmmTMB(Total_entomofaune~Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_entomofaune2)
Anova(glmmTMB_entomofaune2)
AICc(glmmTMB_entomofaune2)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_entomofaune2)
rp<-residuals(glmmTMB_entomofaune2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Réalisation du graphique

```
library(ggplot2)
library(ggeffects)

# Prédiction du modèle
pred_entomofaune<-ggpredict(glmmTMB_entomofaune2,terms=c("Presence_pucerons"))

# Graphique ggplot

ggplot(pred_entomofaune,aes(x=x,y=predicted,color=group,fill=group)) +
  geom_line(size=1.2, color="indianred") +
  geom_ribbon(aes(ymin=conf.low,ymax=conf.high),alpha=0.2,colour="NA",fill="#FBB4AE") +
  labs(x="Proies alternatives (taux de présence en %)",y="Abondance moyenne en ennemis naturels") +
  coord_cartesian(ylim=c(0,150)) +
  theme_minimal(base_size=14) +
  theme(legend.position="none",
        plot.title=element_text(hjust=0.5,face="bold",size=16),
        axis.title=element_text(size=14),
        axis.text=element_text(size=12),
        legend.text=element_blank(),
        legend.title=element_blank(),
        panel.grid.major=element_blank(),
        panel.grid.minor=element_blank(),
        axis.line=element_line(color="black")
  )
)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Anthocoridae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_anthocoridae<-glmmTMB(Anthocoridae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomo
faune)
summary(glmmTMB_anthocoridae)
Anova(glmmTMB_anthocoridae)
AICc(glmmTMB_anthocoridae)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_anthocoridae)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_anthocoridae2<-glmmTMB(Anthocoridae~Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_anthocoridae2)
Anova(glmmTMB_anthocoridae2)
AICc(glmmTMB_anthocoridae2)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_anthocoridae2)
rp<-residuals(glmmTMB_anthocoridae2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Réalisation du graphique

```
library(ggplot2)
library(ggeffects)

# Prédiction du modèle
pred_anthocoridae<-ggpredict(glmmTMB_anthocoridae2,terms=c("Presence_pucerons[0:1] by=0.01"))

# Graphique ggplot

ggplot(pred_anthocoridae,aes(x=x,y=predicted,color=group,fill=group)) +
  geom_line(size=1.2, color="indianred") +
  geom_ribbon(aes(ymin=conf.low,ymax=conf.high),alpha=0.2,colour="NA",fill="#FBB4AE") +
  labs(x="Proies alternatives (taux de présence en %)",y="Abondance moyenne en Anthocoridae") +
  coord_cartesian(ylim=c(0,100)) +
  theme_minimal(base_size=14) +
  theme(legend.position="none",
        plot.title=element_text(hjust=0.5,face="bold",size=16),
        axis.title=element_text(size=14),
        axis.text=element_text(size=12),
        legend.text=element_blank(),
        legend.title=element_blank(),
        panel.grid.major=element_blank(),
        panel.grid.minor=element_blank(),
        axis.line=element_line(color="black"))
)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Braconidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_braconidae<-glmmTMB(Braconidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_braconidae)
Anova(glmmTMB_braconidae)
AICc(glmmTMB_braconidae)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_braconidae)
rp<-residuals(glmmTMB_braconidae,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Réalisation du graphique

```
library(ggplot2)
library(ggeffects)

# Prédictions du modèle pour trois niveaux de présence de pucerons
pred_braeo<-ggpredict(glmmTMB_braconidae,terms=c("Couverture_floraison","Presence_pucerons[0.25,0.5,0.75]"))

# Graphique ggplot
ggplot(pred_braeo,aes(x=x,y=predicted,color=group,fill=group)) +
  geom_line(size=1.2) +
  geom_ribbon(aes(ymin=conf.low,ymax=conf.high),alpha=0.2,color=NA) +
  scale_color_manual(values=c("0.25"="#FBB4AE","0.5"="#B3CDE3","0.75"="#CCEBC5")) +
  scale_fill_manual(values=c("0.25"="#FBB4AE","0.5"="#B3CDE3","0.75"="#CCEBC5")) +
  labs(x="Couverture florale (%)",y="Abondance moyenne prédictive de Braconidae",color="Taux de présence de pucerons",fill="Tau
x de présence de pucerons") +
  coord_cartesian(ylim=c(0,25)) +
  theme_minimal(base_size=14) +
  theme(
    legend.position="right",
    plot.title=element_text(hjust=0.5,face="bold",size=16),
    axis.title=element_text(size=14),
    axis.text=element_text(size=12),
    legend.text=element_text(size=12),
    legend.title=element_text(size=13),
    panel.grid.major=element_blank(),
    panel.grid.minor=element_blank(),
    axis.line=element_line(color="black")
  )
)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Cantharidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_cantharidae<-glmmTMB(Cantharidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_cantharidae)
Anova(glmmTMB_cantharidae)
AICc(glmmTMB_cantharidae)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_cantharidae)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_cantharidae2<-glmmTMB(Cantharidae~+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_cantharidae2)
Anova(glmmTMB_cantharidae2)
AICc(glmmTMB_cantharidae2)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_cantharidae2)
rp<-residuals(glmmTMB_cantharidae2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Chrysopidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_chrysopidae<-glmmTMB(Chrysopidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_chrysopidae)
Anova(glmmTMB_chrysopidae)
AICc(glmmTMB_chrysopidae)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_chrysopidae)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_chrysopidae2<-glmmTMB(Chrysopidae~+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_chrysopidae2)
Anova(glmmTMB_chrysopidae2)
AICc(glmmTMB_chrysopidae2)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_chrysopidae2)
rp<-residuals(glmmTMB_chrysopidae2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Coccinellidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_coccinellidae<-glmmTMB(Coccinellidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_coccinellidae)
Anova(glmmTMB_coccinellidae)
AICc(glmmTMB_coccinellidae)
```

Vérification de l'overdispersion des résidus

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_coccinellidae)
rp<-residuals(glmmTMB_coccinellidae,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Réalisation du graphique

```
library(ggplot2)
library(ggeffects)

# Prédictions du modèle pour trois niveaux de présence de pucerons
pred_coccia<-ggpredict(glmmTMB_coccinellidae,terms=c("Couverture_floraison","Presence_pucerons[0.25,0.5,0.75]"))

# Graphique ggplot
ggplot(pred_coccia,aes(x=x,y=predicted,color=group,fill=group)) +
  geom_line(size=1.2) +
  geom_ribbon(aes(ymin=conf.low,ymax=conf.high),alpha=0.2,color=NA) +
  scale_color_manual(values=c("0.25"="#FBB4AE","0.5"="#B3CDE3","0.75"="#CCEBC5")) +
  scale_fill_manual(values=c("0.25"="#FBB4AE","0.5"="#B3CDE3","0.75"="#CCEBC5")) +
  labs(x="Couverture florale (%)",y="Abondance moyenne prédictée de Coccinellidae",color="Taux de présence de pucerons",fill="Taux de présence de pucerons") +
  coord_cartesian(ylim=c(0,12)) +
  theme_minimal(base_size=14) +
  theme(
    legend.position="right",
    plot.title=element_text(hjust=0.5,face="bold",size=16),
    axis.title=element_text(size=14),
    axis.text=element_text(size=12),
    legend.text=element_text(size=12),
    legend.title=element_text(size=13),
    panel.grid.major=element_blank(),
    panel.grid.minor=element_blank(),
    axis.line=element_line(color="black")
)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Staphylinidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_staphylinidae<-glmmTMB(Staphylinidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_staphylinidae)
Anova(glmmTMB_staphylinidae)
AICc(glmmTMB_staphylinidae)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_staphylinidae)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_staphylinidae2<-glmmTMB(Staphylinidae~+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_staphylinidae2)
Anova(glmmTMB_staphylinidae2)
AICc(glmmTMB_staphylinidae2)
```

Vérification de l'overdispersion des résidus

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_staphylinidae2)
rp<-residuals(glmmTMB_staphylinidae2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Effet des paramètres de la jachère mellifère (floraison et proies alternatives) sur les Syrphidae

Full model (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_syrphidae<-glmmTMB(Syrphidae~Couverture_floraison*Presence_pucerons+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_syrphidae)
Anova(glmmTMB_syrphidae)
AICc(glmmTMB_syrphidae)
```

Sélection du modèle le plus parcimonieux selon l'AICc

```
options(na.action = "na.fail")
model_set<-dredge(glmmTMB_syrphidae)
get.models(model_set,1)[[1]]
```

Selected model selon l'AICc (GLMM avec une distribution négative binomiale)

```
glmmTMB_syrphidae2<-glmmTMB(Syrphidae~+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_entomofaune)
summary(glmmTMB_syrphidae2)
Anova(glmmTMB_syrphidae2)
AICc(glmmTMB_syrphidae2)
```

Vérification de l'overdispersion des résidus

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_syrphidae2)
rp<-residuals(glmmTMB_syrphidae2,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res,df=rdf,lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Annexe H – Script R Markdown. Lutte biologique.

Effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de pucerons, le taux d'infestation, l'abondance de prédateurs et le taux de parasitisme en culture.

Statistiques distance à la jachère mellifère

Antoine Coppi

2025-07-17

Chargement des packages

```
library(lme4)
library(MASS)
library(nlme)
library(car)
library(glmmTMB)
```

Chargement du dataset

```
setwd("~/SMEM0042 - Mémoire/Databases/Rstudio")
df_froment <- read.table("df_froment.csv", sep = ";", header = T, na.strings = "NA", dec=",")  
  
df_froment$Sampling<-as.factor(df_froment$Sampling)
df_froment$Parcelle<-as.factor(df_froment$Parcelle)
df_froment$Distance<-as.factor(df_froment$Distance)
df_froment$Pucerons<-as.numeric(df_froment$Pucerons)
df_froment$Predateurs<-as.numeric(df_froment$Predateurs)
df_froment$Momies<-as.numeric(df_froment$Momies)
df_froment$Plantes_infestees<-as.numeric(df_froment$Plantes_infestees)  
  
summary(df_froment)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de pucerons dans la culture de froment

GLMM avec une distribution de Poisson

```
glmm_pucerons<-glmer(Pucerons~Distance+(1|Parcelle),family=poisson,data=df_froment)
summary(glmm_pucerons)
Anova(glmm_pucerons)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmm_pucerons)
rp<-residuals(glmm_pucerons,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

GLMM avec une distribution négative binomiale

```
glmmTMB_pucerons<-glmmTMB(Pucerons~Distance+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_froment)
summary(glmmTMB_pucerons)
Anova(glmmTMB_pucerons)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_pucerons)
rp<-residuals(glmmTMB_pucerons,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res,ratio=prat,rdf=rdf,p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de pucerons dans la culture de froment (période 2)

Sélection des données

```
df_froment2=df_froment[df_froment$Sampling=="2",]  
summary(df_froment2)
```

GLM avec une distribution de Poisson

```
glm_pucerons<-glm(Pucerons~Distance,family=poisson,data=df_froment2)  
summary(glm_pucerons)  
Anova(glm_pucerons)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glm_pucerons)  
rp<-residuals(glm_pucerons,type="pearson")  
res<-sum(rp^2)  
prat<-res/rdf  
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)  
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

GLM avec une distribution négative binomiale

```
glmnb_pucerons<-glm.nb(Pucerons~Distance,data=df_froment2)  
summary(glmnb_pucerons)  
Anova(glmnb_pucerons)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmnb_pucerons)  
rp<-residuals(glmnb_pucerons,type="pearson")  
res<-sum(rp^2)  
prat<-res/rdf  
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)  
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de prédateurs dans la culture de froment

GLMM avec une distribution de Poisson

```
glmm_predateurs<-glmer(Predateurs~Distance+(1|Parcelle),family=poisson,data=df_froment)  
summary(glmm_predateurs)  
Anova(glmm_predateurs)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmm_predateurs)  
rp<-residuals(glmm_predateurs,type="pearson")  
res<-sum(rp^2)  
prat<-res/rdf  
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)  
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

GLMM avec une distribution négative binomiale

```
glmmTMB_predateurs<-glmmTMB(Predateurs~Distance+(1|Parcelle),family=nbinom2,data=df_froment)  
summary(glmmTMB_predateurs)  
Anova(glmmTMB_predateurs)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmmTMB_predateurs)
rp<-residuals(glmmTMB_predateurs,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur l'abondance de prédateurs dans la culture de froment (période 2)

GLM avec une distribution de Poisson

```
glm_predateurs<-glm(Predateurs~Distance,family=poisson,data=df_froment2)
summary(glm_predateurs)
Anova(glm_predateurs)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glm_predateurs)
rp<-residuals(glm_predateurs,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

GLM avec une distribution négative binomiale

```
glmn nb_predateurs<-glm.nb(Predateurs~Distance,data=df_froment2)
summary(glmnb_predateurs)
Anova(glmnb_predateurs)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmnb_predateurs)
rp<-residuals(glmnb_predateurs,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur le taux de parasitisme dans la culture de froment

GLMM avec une distribution binomiale

```
glmm_parasitisme<-glmer(Parasitisme~Distance+(1|Parcelle),family=binomial,data=df_froment)
summary(glmm_parasitisme)
Anova(glmm_parasitisme)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmm_parasitisme)
rp<-residuals(glmm_parasitisme,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur le taux de parasitisme dans la culture de froment (période 2)

GLM avec une distribution binomiale

```
glmbi_parasitisme<-glm(Parasitisme~Distance,family=binomial,data=df_froment2)
summary(glmbi_parasitisme)
Anova(glmbi_parasitisme)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmbi_parasitisme)
rp<-residuals(glmbi_parasitisme,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur le taux d'infestation (pucerons) dans la culture de froment

GLMM avec une distribution binomiale

```
glmm_infestation<-glmer(Infestation~Distance+(1|Parcelle),family=binomial,data=df_froment)
summary(glmm_infestation)
Anova(glmm_infestation)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmm_infestation)
rp<-residuals(glmm_infestation,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```

Effet de la distance à la jachère mellifère sur le taux d'infestation (pucerons) dans la culture de froment (période 2)

GLM avec une distribution binomiale

```
glmbi_infestation<-glm(Infestation~Distance,family=binomial,data=df_froment2)
summary(glmbi_infestation)
Anova(glmbi_infestation)
```

Test de l'overdispersion des résidus de Pearson

```
rdf<-df.residual(glmbi_infestation)
rp<-residuals(glmbi_infestation,type="pearson")
res<-sum(rp^2)
prat<-res/rdf
pval<-pchisq(res, df=rdf, lower.tail=FALSE)
c(chisq=res, ratio=prat, rdf=rdf, p=pval)
```