

L'Institut Agro Rennes-Angers

☐ Site d'Angers ☒ Site de Rennes

Année universitaire : 2024-2025

Spécialité : Agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :

Génie de l'Environnement (Préservation et
Aménagement des Milieux et Ecologie
Quantitative)

Mémoire de fin d'études

☒ d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

☐ de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

☐ de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)

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

Etude de l'impact des caractéristiques de la strate herbacée sur les communautés d'insectes pollinisateurs en verger de haute-tige

Par : Anaëlle MARIAGE



Soutenu à Rennes le 18/09/2025

Devant le jury composé de :

Président : Loïs Morel

Maître de stage : Régis Huet

Enseignant référent : Manuel Plantegenest

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Floriane Geslin, Chargée de mission - Programmes
régionaux Bretagne chez GRECIA

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification
4.0 France» disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

Je tiens à remercier toute l'équipe de la Damassine, chez Vergers Vivants mais aussi à Pays Montbéliard Agglomération, pour l'accueil que j'ai reçu à Vandoncourt et pour leur sympathie au quotidien. Je remercie tout particulièrement mon maître de stage Régis Huet qui m'a accompagnée tout au long de mon stage et m'a beaucoup aidée pour la réalisation du rapport. Merci aussi à Arnaud Chaillet pour ses conseils par rapport au travail de terrain et l'accueil à la maison.

Un grand merci à Denis Jugan et Jean-Marc Poursin de l'OPIE Franche-Comté qui m'ont partagé leur passion pour les insectes lors de sorties terrain, et m'ont accompagnée durant tout le stage sur les aspects techniques en entomologie. Merci également à Dominique Langlois et Jérôme Carminati pour les corrections des identifications.

Mes remerciements vont aussi à tous les agriculteurs qui ont prêté leurs vergers pour l'étude. Je remercie Lilian Collet pour son aide dans l'identification des insectes et sur le terrain lors des relevés de juin.

Enfin, j'adresse mes remerciements à Manuel Plantegenest qui m'a beaucoup aidée sur la réalisation du rapport durant le stage et pour sa disponibilité et son accompagnement.

Table des matières

I. Introduction.....	1
1. Les vergers traditionnels de Nord Franche-Comté.....	1
2. Principe de pollinisation et insectes pollinisateurs.....	1
3. La pollinisation des arbres fruitiers	2
4. Contexte du stage et état des connaissances dans la région	3
5. Conséquence du mode de gestion des vergers sur les pollinisateurs sauvages	3
II. Matériel et méthodes	4
1. Présentation des vergers	4
a. Vergers prospectés	4
b. Positionnement des points relevés.....	6
2. Méthodes de capture et d'observation.....	6
a. Piégeage par assiettes colorées	6
b. Chasse à vue	7
3. Relevés floristiques	7
a. Relevés par quadrats.....	7
b. Relevés des espèces en fleur au moment de la pose des pièges	7
4. Dates de sorties et effort de terrain.....	7
5. Montage, tri et identification des insectes observés et récoltés.....	8
a. Montage des insectes et méthode d'identification.....	8
b. Sélection des familles de pollinisateurs	9
c. Regroupement en morpho-espèces.....	10
6. Méthodes d'analyses des données.....	10
a. Préparation des données	10
b. Etude de la structure des communautés de pollinisateurs par analyse factorielle des correspondances	11
c. Etude des réseaux d'interactions entre plantes et pollinisateurs d'après les observations de butinage	11
d. Description de la strate herbacée par analyse en composantes principales et mise en relation avec les données de piégeage.....	11
e. Modélisation	11
III. Résultats	12
1. Etude de la structure des communautés de pollinisateurs	12
a. Nombre d'individus et de morpho-espèces	12
b. Répartition des morpho-espèces selon le verger, la date et la strate	13
2. Mise en relation des caractéristiques de la strate herbacée avec les communautés de pollinisateurs	15
a. Réseau d'interactions espèces florales – espèces pollinisatrices.....	15

b. Caractérisation de la strate herbacée et mise en relation avec la diversité des pollinisateurs	17
IV. Discussion.....	21
1. Biais liés à la méthode.....	21
a. Différences entre chasse et piégeage	21
b. Compétition entre les assiettes colorées et les fleurs	22
c. Impact des paramètres météorologiques	22
2. Des effets multiples sur la présence des insectes pollinisateurs.....	22
a. Répartition des espèces liée au comportement	22
b. Importance du paysage.....	23
c. Phénologie florale et dates d'émergence	24
d. Réseau d'interaction et spécialisation des pollinisateurs	24
3. Un début d'inventaire à compléter	25
V. Conclusion	26
Bibliographie	27
Sitographie	30
Annexes	I

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composantes principales

AFC : Analyse factorielle des correspondances

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

EARL : Exploitation agricole à responsabilité limitée

F.-C. : Franche-Comté

FRIJ : Fondation rurale interjurassienne

GAEC : Groupement agricole d'exploitation en commun

GLMM : *Generalized linear mixed model* ; modèle linéaire généralisé à effets mixtes

GRETIA : Groupe d'étude des invertébrés armoricains

LPO : Ligue pour la protection des oiseaux

NS : Non significatif

OPIE : Office pour les insectes et leur environnement

RMSE : *Root mean squared error* ; racine de l'erreur quadratique moyenne

SCOT : Schéma de cohérence territoriale

Table des figures

Figure 1 : A : Carte des vergers sélectionnés ; B : Photographie du verger de Dasle (V2 ; gestion en fauche) ; C : Photographie du verger du GAEC Voireuchon (V3 ; gestion en pâture).....	5
Figure 2 : A : Pièges dans la strate herbacée ; B : Pièges dans la strate arborée ; C : Pose des pièges.....	6
Figure 3 : A : Photographie d'insectes lors du séchage ; B : Photographie d'une boîte d'Hyménoptères	8
Figure 4 : A : Photographie de <i>Bombus sensu stricto</i> (H. Mariage) ; B : Photographie d' <i>Apis mellifera</i> (A. Mariage) ; C : Photographie d' <i>Andrena haemorrhoa</i> (Q. Rome / INPN)...	13
Figure 5 : Analyse factorielle des correspondances entre les relevés et les morpho-espèces de pollinisateurs (seules les 30 espèces contribuant le plus au plan sont affichées).....	14
Figure 6 : Réseau d'interactions observées entre insectes butineurs et espèces florales ; A : Période 1 ; B : Période 2.....	16
Figure 7 : A : Graphe des individus de l'ACP ; B : Graphe des variables actives de l'ACP ...	18
Figure 8 : Projection des 10 morpho-espèces ayant les $\cos^2$ les plus élevés sur les dimensions 1 et 2 (variables supplémentaires) ; A : En strate herbacée ; B : En strate arborée.....	19
Figure 9 : Projection des richesses spécifiques estimée (variables supplémentaires).....	20

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des vergers prospectés.....	5
Tableau 2 : Dates des sorties terrain.....	8
Tableau 3 : Familles de pollinisateurs confirmés et potentiels sélectionnées dans l'étude.....	9
Tableau 4 : Résultats des modèles linéaires mixtes généralisés	21

Table des annexes

Annexe I : Fiches descriptives des vergers réalisées par B. Gouraud (2024)	I
Annexe II : Coordonnées gps (degrés décimaux) des points relevés des vergers	VIII
Annexe III : Fiche terrain pour la pose des pièges	IX
Annexe IV : Fiche terrain pour la chasse à vue.....	X
Annexe V : Coefficients de Braun-Blanquet.....	XI
Annexe VI : Liste des clés d'identification utilisées	XII
Annexe VII : Indices de Shannon et d'équitabilité de Piélou	XIII
Annexe VIII : Liste des morpho-espèces identifiées.....	XIV
Annexe IX : Morpho espèces partagées par 4 vergers ou plus, toutes méthodes confondues	XXII
Annexe X : Pourcentage de chaque famille de pollinisateurs (selon le nombre d'individus n) présentes dans les pièges placés dans les fruitiers et en strate herbacée à la même période	XXIII
Annexe XI : Coefficients de corrélation de Spearman entre les paramètres de la strate herbacée et les richesses estimées en pollinisateurs	XXV

I. Introduction

1. Les vergers traditionnels de Nord Franche-Comté

Les vergers offrent des espaces semi-ouverts bénéfiques à de nombreuses espèces. D'après Henle (2024), ce sont des hot-spots de biodiversité en Europe du nord des Alpes. Ils font partie des paysages cultivés les plus riches en espèces animales, végétales et également en certaines espèces fongiques (Kajtoch, 2017; Krause *et al.*, 2017; Henle, 2024).

En particulier, les vergers traditionnels de haute-tige sont des agrosystèmes riches en biodiversité faunistique et floristique (Cooper *et al.*, 2007; Vergers Vivants et FRIJ, 2011), avec une sous-strate herbacée permanente pâturée ou fauchée, et souvent des haies en bordure de parcelles. Dans ces vergers, les arbres en haute-tige sont plus espacés que dans les vergers de production. La plupart du temps, l'entretien de la strate herbacée est réalisé de façon extensive et peu d'intrants sont utilisés (Cooper *et al.*, 2007). De plus, une bonne connectivité entre les vergers permet le soutien d'une biodiversité importante (Bailey *et al.*, 2010), et des vergers âgés accueillent une plus forte densité d'oiseaux (Chmielewski, 2019).

Cependant, en Europe (Herzog, 1998; Große-Stoltenberg *et al.*, 2024; Schönaufinger *et al.*, 2024) tout comme en France (Van Lerberghe, 2015; Cesbron et Combier, s. d.), la surface des vergers a fortement régressé, principalement à cause de l'étalement urbain et des changements de gestion agricole. Les pratiques ont favorisé les vergers de production par rapport aux vergers de haute-tige (Van Lerberghe, 2015).

Historiquement, le Nord Franche-Comté accueille en périphérie des villages de nombreux vergers, principalement pour la production de cerises, de pommes, de prunes, de poires et de coings (Pays de Montbéliard Agglomération et FRIJ, s. d.). En Nord Franche-Comté, dans les zones déjà étudiées, il a été observé une diminution de 60% du nombre d'arbres fruitiers au sein des zones agricoles entre 1956 et 2017, passant d'environ 900 000 à 360 000 (Vergers Vivants, s. d.). Cela s'accompagne d'une disparition des vieux arbres et du patrimoine fruitier local, avec la perte de variétés fruitières (Cesbron et Combier, s. d.).

Ces agrosystèmes sont entièrement dépendants de la pollinisation pour se maintenir, cette dernière permettant la production des fruits. Leur restauration va donc de pair avec la préservation des pollinisateurs.

2. Principe de pollinisation et insectes pollinisateurs

Chez les plantes à fleur, la pollinisation correspond au transfert du pollen des organes de reproduction mâle (étamines) vers les organes de reproduction femelle (pistil) afin de produire le fruit et les graines (Frankie et Thorp, 2009). Les vecteurs de pollinisation peuvent être le vent, l'eau, ou des animaux. Une estimation a montré que 87,5% des plantes à fleur dans le monde dépendent d'animaux pollinisateurs (Ollerton *et al.*, 2011), et en France, il s'agit uniquement d'insectes (Proctor *et al.*, 1996). Les pollinisateurs ont ainsi une place primordiale dans les écosystèmes de par leurs interactions avec les plantes et sont souvent étudiés pour leurs services écosystémiques, notamment les abeilles (clade *Anthophila*) (Ollerton, 2017).

Bien que les abeilles soient les plus étudiées, d'autres taxons d'insectes sont pollinisateurs. En Europe, on estime le nombre d'espèces pollinisatrices sauvages à environ 2 051 espèces d'abeilles, 482 espèces de papillons diurnes et presque 1 000 espèces de syrphes. Les papillons nocturnes, les Diptères (hors syrphes), les Coléoptères et les autres insectes sont très peu étudiés

mais représentent plusieurs milliers d'espèces potentiellement pollinisatrices (Commission européenne *et al.*, 2024; Muinde et Katumo, 2024).

Les insectes floricoles recherchent des récompenses comme du nectar, du pollen, des lipides, des odeurs, des résines ou du matériaux pour la construction des nids (Frankie et Thorp, 2009). Les systèmes de pollinisation sont donc des systèmes mutualistes où la plante, comme l'insecte, bénéficie de la pollinisation.

D'après Delsinne (2023), tous les insectes floricoles ne sont pas pollinisateurs et l'on distingue parmi ces derniers :

- les pollinisateurs confirmés qui permettent une pollinisation complète des espèces florales concernées (prélèvement du pollen d'une fleur, transport et dépôt du pollen sur le stigmate d'une fleur de la même espèce),
- les pollinisateurs potentiels qu'on suppose capables de pollinisations,
- les insectes anthophiles, visiteurs des fleurs sans pour autant permettre la pollinisation.

3. La pollinisation des arbres fruitiers

La plupart des plantes ayant recourt aux animaux pour leur pollinisation sont généralistes et s'appuient sur plusieurs espèces de pollinisateurs différentes pour leurs transferts de pollen (Tur *et al.*, 2016), c'est le cas des espèces de rosacées typiquement cultivées dans les vergers (pommiers, cerisiers...).

Plusieurs études montrent qu'une diversité de pollinisateurs ainsi qu'une forte abondance d'abeilles sauvages augmentent l'efficacité de la pollinisation des fruitiers (Delaplane et Mayer, 2000; Kennedy *et al.*, 2013; Eeraerts, 2020; Pardo et Borges, 2020; Osterman *et al.*, 2021). En particulier, dans les vergers de pommiers, les abeilles domestiques sont plus nombreuses mais moins efficaces pour la pollinisation qu'un ensemble de pollinisateurs sauvages (Pardo et Borges, 2020). Il existe parfois des phénomènes de synergie entre des espèces d'insectes, avec une pollinisation améliorée quand deux espèces sont présentes ensemble (Robertson *et al.*, 2021).

Dans les vergers, on trouve en strate herbacée un ensemble de fleurs sur lesquelles les pollinisateurs peuvent également se nourrir. Certaines plantes constitutives de cette strate ont des formes complexes (par exemple les lamiacées), et dépendent d'un nombre plus restreint de pollinisateurs (Yoder *et al.*, 2020), eux-mêmes plus ou moins spécialistes de certaines formes florales (Frankie et Thorp, 2009). La strate herbacée et les contours de parcelle fournissent donc une ressource florale variée aux insectes.

D'après l'Anses (2015), le déclin des Abeilles mellifères (*Apis mellifera*) est observé dans les pays industrialisés, ce qui a des conséquences délétères sur les espèces végétales cultivées. Le déclin des pollinisateurs est également observé chez les pollinisateurs sauvages, à cause de l'utilisation de produits phytosanitaires, la propagation de maladies, la perte d'habitat et le changement climatique (Chagnon, 2008; Bihaly *et al.*, 2024; Brunet et Fragoso, 2024). Aux échelles locales, régionales et globales, on observe un déclin des pollinisateurs, que ce soit en termes de diversité ou d'abondance. Ce dernier touche à la fois les Hyménoptères pollinisateurs, les syrphes et les Lépidoptères (Ollerton, 2017), alors même que de nombreuses espèces ont un rôle peu étudié et potentiellement important dans la pollinisation.

4. Contexte du stage et état des connaissances dans la région

L'association Vergers Vivants se situe à Vandoncourt (Doubs), elle a été créée en mars 2006. Elle s'est donné comme objectif de fédérer les différents acteurs (collectivités, associations, particuliers...) qui travaillent à la préservation du patrimoine fruitier (Vergers Vivants, s. d.). En particulier, elle se donne pour mission de sensibiliser et éduquer les habitants au patrimoine fruitier, de contribuer à sa connaissance, de protéger les vergers et leur environnement et de valoriser et promouvoir les fruits et les produits dérivés.

La protection des vergers est l'un des enjeux de conservation de la Trame Verte du SCOT Nord Doubs. Dans ce cadre, l'association Vergers Vivants est porteuse du projet de préservation et de restauration de la sous-trame vergers en Nord Franche-Comté 2024-2026, financé par les Fonds européens de développement régional. Le projet vise à améliorer les connaissances sur les vergers, à conserver et restaurer des vergers et à améliorer l'intégration des enjeux écologiques des vergers au sein de la trame verte. Il est en continuité directe du projet Interreg « Pérenniser les vergers haute-tige franco-suisse » (2017-2021), puis du projet « Programme de restauration des vergers traditionnels en Franche-Comté » (octobre 2021-juin 2023) porté par Vergers Vivants avec le partenariat technique de la LPO Franche-Comté (Vergers Vivants, 2023; Union Européenne, 2024).

Le projet est divisé en différentes actions (Vergers Vivants, 2023), dont la première est l'amélioration des connaissances sur la sous-trame vergers haute-tige, avec la réalisation d'une cartographie du nombre potentiel d'arbres fruitiers sur différentes périodes, et ainsi que la mise en place d'inventaires sur les pollinisateurs sauvages, qui permettent le maintien de ces agrosystèmes.

Un état des lieux des connaissances sur les pollinisateurs sauvages en Nord-Franche-Comté a été réalisé par Béatrice Gouraud (2024), stagiaire chez Vergers Vivants. A l'issue de cette étude, il a été montré qu'en France, les connaissances sur les pollinisateurs des vergers sont largement lacunaires, et elles sont en particulier très partielles en Bourgogne-Franche-Comté. En outre, dans le monde, les insectes pollinisateurs non-abeilles sont très peu étudiés (Muinde et Katumo, 2024).

En Bourgogne-Franche-Comté, les groupes d'insectes pollinisateurs n'ont pas fait l'objet d'inventaires permanents ni d'actualisation, et les données sont « opportunistes », avec une surreprésentation des papillons diurnes, car ces derniers sont plus facilement observables. En Nord-Franche-Comté, on note une absence de connaissance ciblée à l'échelle des vergers, malgré leur place dans le paysage et leur intérêt écologique et culturel.

L'objectif du programme d'amélioration des connaissances sur les pollinisateurs est d'obtenir un panorama des espèces pollinisatrices (potentielles et confirmées) au sein des vergers traditionnels du Pays de Montbéliard Agglomération (strate arborée fruitière et strate herbacée). Cet objectif sera atteint sur trois ans, entre 2024 et 2026 : en 2024, un premier travail bibliographique a été effectué, et les inventaires des pollinisateurs des vergers sont prévus aux printemps 2025 et 2026. L'objectif principal est d'avoir une idée de la diversité des pollinisateurs présents dans les vergers, pour prendre en compte leur écologie dans les mesures de gestion, et sensibiliser le grand public à leur présence.

5. Conséquence du mode de gestion des vergers sur les pollinisateurs sauvages

Ainsi, dans le cadre de ce stage, des inventaires ont été réalisés à partir de mars 2025. Ces premiers relevés ont fait l'objet d'analyses, présentées dans ce rapport. Un des intérêts de l'amélioration des connaissances sur les pollinisateurs est d'adapter les modes de gestion pour

favoriser leur abondance et leur diversité. L'impact du mode de gestion des vergers de haute-tige étant en grande partie observable par l'état de la sous-strate herbacée, ce rapport s'articule autour de la question suivante :

Comment les différentes caractéristiques de la strate herbacée influencent-elles les communautés d'insectes pollinisateurs dans les vergers de haute-tige ?

Des inventaires par piégeage et par chasse ont été réalisés dans sept vergers avec deux modes de gestion différents : pâture et fauche. L'objectif est de comprendre dans quelles mesures ces modes de gestion, qui ont un impact direct sur la végétation au sol, modifient les communautés d'insectes pollinisateurs, leur diversité et leur abondance, et en conséquence la pollinisation des arbres fruitiers.

La problématique peut se diviser en sous questions : est-ce que les communautés de pollinisateurs sont différentes selon la strate et la période ? Quels insectes pollinisent effectivement les fruitiers et se nourrissent-ils également sur les fleurs de la strate herbacée ? Quels paramètres de la strate herbacée sont associés à une gestion en fauche et en pâture dans les vergers étudiés ? Quelles sont les conséquences sur les abondances des espèces pollinisatrices des vergers ainsi que sur la richesse spécifique globale en pollinisateurs ?

On peut supposer les hypothèses suivantes :

- les communautés diffèrent selon la strate et la période,
- les insectes pollinisant les fruitiers bénéficient également des fleurs de la strate herbacée pour se nourrir,
- la fauche et la pâture favorisent des espèces florales différentes et la fauche tardive est associée à une strate herbacée plus haute,
- les abondances d'insectes pollinisateurs et la richesse spécifique augmentent avec la diversité végétale, la hauteur de l'herbe et la couverture florale.

II. Matériel et méthodes

1. Présentation des vergers

a. Vergers prospectés

Les protocoles concernant le terrain et le tri des insectes ont été pensés par Béatrice Gouraud, en stage chez Vergers Vivants en 2024, puis adaptés en fonction de différentes contraintes (météo, temps passé sur le terrain, clés d'indentification disponibles, etc.).

Sept vergers de haute-tige situés dans le Pays de Montbéliard Agglomération ont été étudiés (Figure 1). Ils ont été sélectionnés pour leur diversité selon les modes de gestion de la strate herbacée, le nombre de fruitiers et la taille des parcelles. Il s'agit de vergers appartenant à des particuliers, des associations ou des communes. La majorité des espèces fruitières sont des cerisiers et des pommiers, avec d'autres espèces en plus faible proportion dans certains vergers. Un résumé des caractéristiques de ces vergers est présenté dans le Tableau 1.

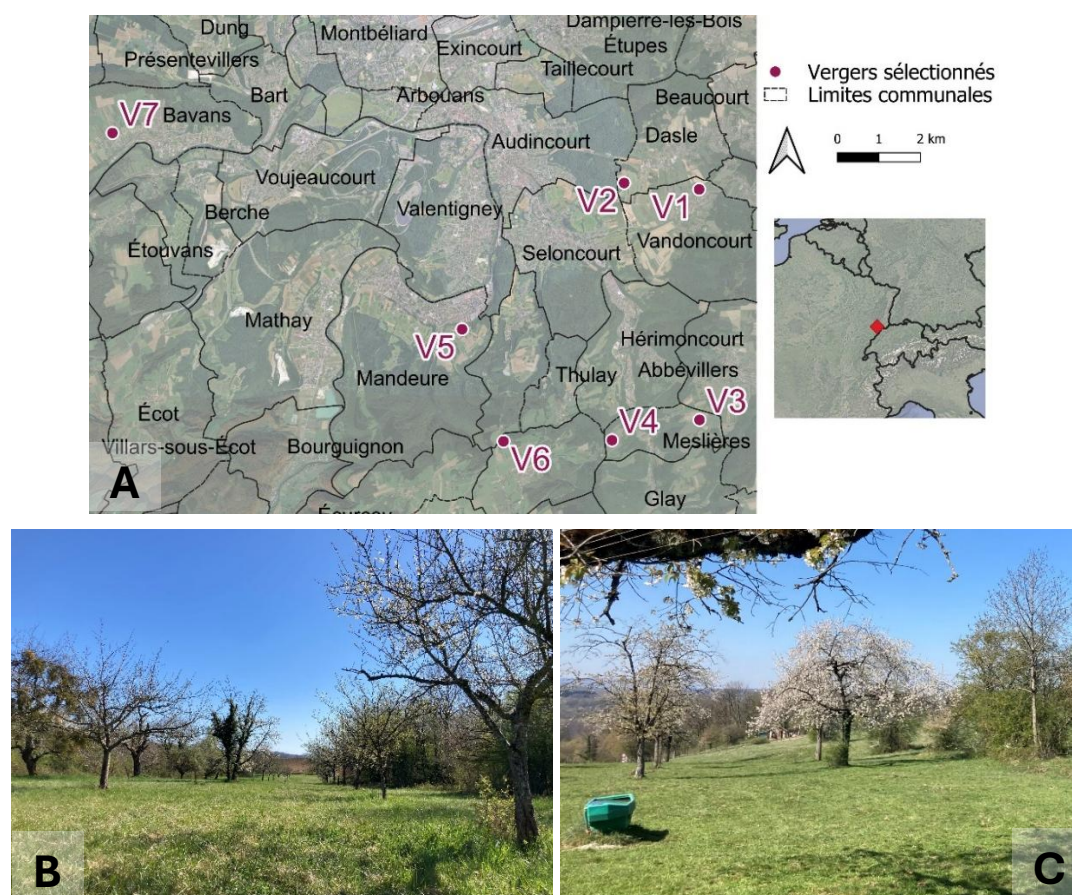


Figure 1 : A : Carte des vergers sélectionnés ; B : Photographie du verger de Dasle (V2 ; gestion en fauche) ; C : Photographie du verger du GAEC Voireuchon (V3 ; gestion en pâture)

Tableau 1 : Caractéristiques des vergers prospectés

N°	Nom du verger	Surface (ha)	Gestion et caractéristiques	Espèces fruitières majoritaires	Nombre de fruitiers
V1	Vieux verger de la Damassine	0,3	Vieux verger pédagogique en fauche tardive limitée aux sentiers.	Pommiers, cerisiers, poiriers, pruniers, noyers, néfliers, noisetiers	41
V2	Verger de Dasle	0,5	Verger ouvert au public, en fauche tardive, non fauché sur la période.	Pommiers, cerisiers, pruniers, poiriers	39
V3	Verger du GAEC Voireuchon	2	Vieux verger pâturé par des vaches.	Cerisiers et quelques pommiers	75
V4	Verger de la ferme de la Palouse	0,4	Deux lignes au sein d'un verger de 3 ha, pâturé par des vaches.	Cerisiers, pommiers	~30
V5	Verger de la ferme du petit âne	0,4	Vieux verger accolé à un verger plus récemment planté, deux ânes sur la parcelle adjacente. Fauche tardive, non fauché sur la période.	Pommiers, cerisiers	~15
V6	Verger de l'EARL du Haut des Bois	0,6	Vieux verger pâturé par des vaches, entouré par d'autres vergers (total de 1,5 ha) et des prairies.	Cerisiers, pommiers, poiriers, néfliers	~30
V7	Verger de Bavans	0,4	Verger fauché de façon un peu plus régulière.	Cerisier, pommier, prunier, poirier, châtaigner	97

Des fiches plus détaillées sur les vergers, réalisées par Béatrice Gouraud, sont présentées en Annexe I.

b. Positionnement des points relevés

Au sein des vergers, deux points ont été sélectionnés de façon semi aléatoire grâce au logiciel QGIS. Le placement des points a été réalisé de façon à être à une distance d'au moins 5 m de la bordure de la parcelle, et espacés d'au moins 20 m. Dans chaque verger, les deux points ont été nommés « H1 » et « H2 ».

Afin de considérer des parcelles homogènes, l'espace de certains vergers a été limité à une partie de la parcelle : dans le verger de la ferme du Petit Âne, seul le vieux verger était pris en compte et non la parcelle avec des jeunes arbres. Dans le verger de Bavans, une rangée d'arbres s'éloignant du verger principal n'a pas été prospectée (pépinière).

Les coordonnées exactes des points sont présentées en Annexe II.

2. Méthodes de capture et d'observation

a. Piégeage par assiettes colorées

Tout d'abord, des piégeages par assiettes colorées ont été réalisés. Cette méthode cible les insectes potentiellement floricoles, qui sont attirés par la couleur des assiettes, et est plus efficace pour les insectes de petite taille (souvent de longueur inférieure à 10-15 mm).

Les pièges étaient constitués d'un lot de trois assiettes creuses en plastique (Ø 21 cm, hauteur 7 cm), colorées à l'aide de peinture fluorescente blanche (peinture UV), bleue et jaune (référence : Nespoli spray fluo bleu et jaune, Sparvar Leuchtfarbe blanc). Les assiettes étaient remplies de 250 mL d'eau mélangée à du liquide vaisselle sans odeur (5 cL pour 1,5 L), afin de briser la tension superficielle.

Les pièges ont été répartis tels que :

- Deux sets étaient placés en strate herbacée, aux points de relevés déterminés précédemment (H1 et H2). Les bols étaient surélevés pour être au niveau des inflorescences, grâce à de la ficelle maintenant les bols à un piquet en bois, afin d'éviter les insectes du sol (Figure 2A).
- Deux autres sets étaient placés en strate arborée, dans des arbres en fleur. Chaque set était placé à proximité d'un set de la strate herbacée (notés A1 et A2, respectivement à proximité de H1 et de H2). Les bols étaient accrochés aux branches avec de la ficelle (Figure 2B). Pour chaque set de trois assiettes, les assiettes étaient placées sur la même branche ou sur des branches proches. Selon les fruitiers en fleur au moment de la pose des pièges, les deux sets n'étaient pas toujours installés.



Figure 2 : A : Pièges dans la strate herbacée ; B : Pièges dans la strate arborée ; C : Pose des pièges

A chaque session de piégeage, les données météorologiques ont été notées à la pose et à la récupération des pièges. La fiche de terrain pour les sessions de piégeage est en Annexe III.

Après 24 heures, les pièges étaient retirés et les insectes récupérés dans des tubes d'entomologie étiquetés. Ils étaient rapidement placés dans du liquide de conservation ($\frac{1}{4}$ d'eau, $\frac{1}{4}$ de vinaigre blanc, $\frac{1}{4}$ d'alcool et $\frac{1}{4}$ de monopropylène glycol) en retour de terrain.

b. Chasse à vue

Des sessions de chasse à vue de 40 minutes ont été effectuées dans les vergers, parallèlement à la pose des pièges. Les insectes observés ont été notés ainsi que leur comportement. En cas de butinage, les espèces florales concernées ont été renseignées (fiche terrain en Annexe IV). Les vergers ont été parcourus à un rythme lent, de façon à recenser les insectes pollinisateurs présents dans un cube d'environ 5 m de côté face à l'observateur, ainsi que dans les arbres. Les Diptères autres que les syrphes et les bombyles, ainsi que les petits Hyménoptères (d'une longueur inférieure à 10 mm environ), n'ont pas été pris en compte. En effet, les Hyménoptères de grande taille, les Lépidoptères, les syrphes et les bombyles sont assez peu capturés par les pièges et les séances de chasse permettent de compléter les relevés par piégeage.

Si possible, les insectes ont été identifiés sur place. Sinon, ils ont été photographiés (papillons diurnes), ou capturés à l'aide d'un filet entomologique. Les insectes capturés ont été placés dans des tubes d'entomologie contenant un morceau de papier imbibé d'acétate d'éthyle.

3. Relevés floristiques

a. Relevés par quadrats

Pour caractériser la strate herbacée des vergers, des relevés floristiques ont été réalisés en parallèle des relevés entomologiques. Les relevés ont été effectués sur des quadrats de 25 m², positionnés de façon à ce que les pièges placés en strate herbacée soient au centre des quadrats (H1 et H2). Les relevés ont été faits une première fois début avril, afin de prendre en compte les espèces végétales précoces, puis complétés en mai et juin pour intégrer les espèces végétales plus tardives. Les recouvrements de chaque espèce étaient notés en utilisant les coefficients de Braun-Blanquet (Annexe V).

b. Relevés des espèces en fleur au moment de la pose des pièges

Les espèces florales n'ayant pas les mêmes périodes de floraison, il a été noté les espèces en fleur au moment de la pose des pièges afin de prendre en compte le caractère dynamique de la couverture florale. Le recouvrement considéré s'applique aux mêmes quadrats. Pour les pièges placés dans les arbres, l'espèce de fruitier était notée ainsi que le stade de floraison (début, pleine floraison, fin de floraison).

4. Dates de sorties et effort de terrain

Les sorties terrain qui ont été effectuées sont résumées dans le Tableau 2. L'activité des insectes étant conditionnée par les facteurs météorologiques, aucune sortie n'a été effectuée en cas de pluie, de vents supérieurs à 25 km/h (d'après l'article de revue de Vincze et al. (2025) portant sur les Abeilles mellifères) ou de ciel entièrement nuageux (paramètres considérés au moment de la pose des pièges). Cela a conditionné les dates de sorties possibles.

Tableau 2 : Dates des sorties terrain

Semaine	Vergers prospectés	Informations	Période
1) du 31 mars au 4 avril 2025	Tous les vergers	Début de floraison des cerisiers en fin de semaine, pas de pièges en strate arborée sauf un dans le verger n°7 le 3 avril.	1) floraison des cerisiers
2) du 7 au 11 avril 2025	Tous les vergers sauf V5	Cerisiers en pleine floraison.	
3) les 28 et 29 avril 2025	V1, V5, V6 et V7	Pommiers en pleine floraison.	2) floraison des pommiers
4) les 14 et 15 mai 2025	V2, chasse uniquement dans le V4	Derniers pommiers en fin de floraison. Uniquement un piège en strate arborée.	3) fin de floraison

On peut regrouper les quatre semaines en périodes : la période 1 correspond aux deux premières semaines et à la floraison des cerisiers (fin mars – début avril), elle est séparée de la période 2 (fin avril – floraison des pommiers) par deux semaines de pluie. La période 3 (mi-mai) est différente des deux premières car très peu de fruitiers étaient encore en fleurs, et la sortie terrain du verger n°2 a été accompagnée par des spécialistes de l'OPIE F.-C. Cela a permis l'identification d'un plus grand nombre d'espèces.

5. Montage, tri et identification des insectes observés et récoltés

a. Montage des insectes et méthode d'identification

Avant d'être identifiés, les insectes ont été montés pour sécher, puis épinglés et étiquetés dans des boîtes de collection. Tous les insectes ont été épinglés dans le thorax (sauf les Coléoptères épinglés en haut d'un élytre). Les appendices ont été étalés de façon à ce que les caractéristiques permettant la détermination soient visibles. Les *genitalia* des Apoïdes mâles ont été extraits de l'abdomen mais non séparés.

Chaque insecte a été associé à deux étiquettes : une étiquette informative donnant le lieu de capture, la date, la méthode, la personne ayant récolté, la strate et la plante hôte le cas échéant, et une étiquette d'identification placée en dessous. La Figure 3 présente le séchage des insectes et une boîte de collection.



Figure 3 : A : Photographie d'insectes lors du séchage ; B : Photographie d'une boîte d'Hyménoptères

Les insectes ont été identifiés une fois secs, à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissements x20 et x40). Les identifications ont été faites grâce à des critères morphologiques, et à des clés d'identifications. La liste des clés utilisées est présentée en Annexe VI.

b. Sélection des familles de pollinisateurs

Seuls les insectes d'une taille suffisante pour être épinglés et placés dans des boîtes de collection ont été comptabilisés dans les relevés en retour de terrain. Cela correspond à des insectes d'une longueur supérieure à 5 mm environ. Une première sélection a donc été faite sur la taille.

Une seconde sélection a été menée pour ne garder que les insectes appartenant aux quatre ordres principaux pour la pollinisation (Hyménoptères, Diptères, Coléoptères et Lépidoptères) (Frankie et Thorp, 2009). En s'appuyant sur de la bibliographie et des observations sur le terrain, un tri a été mené parmi les familles d'insectes pour ne garder que les pollinisateurs confirmés et potentiels. Certaines familles sont peu étudiées et leur rôle dans la pollinisation reste parfois à prouver. La sélection résumée dans le Tableau 3 prend en compte des familles dont la pollinisation est potentiellement faible, mais dont le comportement floricole a été observé.

Tableau 3 : Familles de pollinisateurs confirmés et potentiels sélectionnées dans l'étude

Ordre	Famille	Type de pollinisateur et informations
Hymenoptera	Andrenidae	Pollinisateurs confirmés.
	Apidae	Pollinisateurs confirmés.
	Argidae	Voir Tenthredinidae.
	Colletidae	Pollinisateurs confirmés.
	Halictidae	Pollinisateurs confirmés.
	Ichneumonidae	Pollinisateurs potentiels, certaines espèces se nourrissent de nectar ou sont carnivores (Olson <i>et al.</i> , 2005).
	Megachilidae	Pollinisateurs confirmés.
	Pompilidae	Pollinisateurs potentiels, les adultes se nourrissent de nectar mais chassent des araignées pour nourrir les larves (GRETIA, 2009).
	Tenthredinidae	Pollinisateurs potentiels, les adultes ont une durée de vie courte et se déplacent peu mais butinent pour se nourrir de nectar, à l'exception de quelques genres prédateurs (Berland, 1999).
	Vespidae	Pollinisateurs confirmés, pour le genre <i>Polistes</i> qui a été gardé dans l'étude (Hallett <i>et al.</i> , 2017).
Lepidoptera	Adelidae	Les Lépidoptères se nourrissent de nectar et sont des pollinisateurs confirmés, plus ou moins efficaces selon les espèces (Frankie et Thorp, 2009).
	Crambidae	
	Erebidae	
	Geometridae	
	Hesperiidae	
	Lycaenidae	
	Nymphalidae	
	Pieridae	
	Tortricidae	
	Zygaenidae	
Diptera	Anthomyiidae	Famille contenant des pollinisateurs potentiels (Larson <i>et al.</i> , 2001; Zoller <i>et al.</i> , 2002).
	Bibionidae	Famille contenant des pollinisateurs potentiels (Larson <i>et al.</i> , 2001).
	Bombyliidae	Pollinisateurs confirmés (Larson <i>et al.</i> , 2001).
	Calliphoridae	Famille contenant des pollinisateurs confirmés (Howlett, 2012; Herrmann <i>et al.</i> , 2019).
	Conopidae	Pollinisateurs potentiels (Larson <i>et al.</i> , 2001).
	Empididae	Pollinisateurs confirmés (communication personnelle, D. Langlois, spécialiste en Empididae et en Syrphidae).
	Muscidae	Famille contenant des pollinisateurs confirmés (Matile et Séguy, 1995).
	Sarcophagidae	Famille contenant des pollinisateurs potentiels (Matile et Séguy, 1995; Larson <i>et al.</i> , 2001).
	Syrphidae	Pollinisateurs confirmés.
	Tachinidae	Groupe diversifié dont l'écologie est peu connue (Syamala <i>et al.</i> , 2025), certaines espèces sont des pollinisateurs potentiels ou confirmés (Stireman <i>et al.</i> , 2006).

Coleoptera	Buprestidae	Les familles gardées sont floricoles, et comportent des pollinisateurs potentiels (Auber et Boca, 1976). Quelques espèces de Scarabaeidae coprophages ont été capturées et n'ont pas été gardées pour l'étude.
	Byturidae	
	Cerambycidae	
	Elateridae	
	Melyridae	
	Mordellidae	
	Oedemeridae	
	Scarabaeidae	

c. Regroupement en morpho-espèces

Selon les familles, l'identification jusqu'à l'espèce n'a pas toujours été possible, en fonction des clés et des ressources disponibles. De plus, seules certaines familles ont été vérifiées par des spécialistes en entomologie : toutes les familles d'Apoïdes (corrections de J. Carminati et J. M. Poursin ; OPIE F.-C.), et parmi les Diptères : les Syrphidae et les Empididae (corrections de D. Langlois). Toutes les vérifications seront faites après le stage et pour la suite des relevés l'année prochaine.

Pour ces raisons, l'étude a porté sur des morpho-espèces, et non des espèces, en se basant sur des critères morphologiques généraux et insuffisants pour valider l'identification précise. Le nom des morpho-espèces est celui de l'espèce la plus probable, ou bien le nom du taxon validé selon le niveau d'identification (ex : *Andrena haemorrhoa*, *Empis* sp., *Sarcophagidae* sp. 2).

6. Méthodes d'analyses des données

a. Préparation des données

L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel R Studio (version 2025.05.1). Les modèles et représentations sont considérés comme significatifs lorsqu'ils ont une *p-value* inférieure à 0,05.

Le nombre d'individus et la richesse morpho-spécifique ont été calculés par piège (i. e. un verger, un emplacement dans le verger et une date), à la fois pour l'intégralité des pollinisateurs, mais également pour les Apoïdes et les Diptères, car il s'agit des groupes les plus abondants.

La pression d'échantillonnage étant assez faible, des richesses morpho-spécifiques estimées ont été calculées. Il s'agit d'une estimation obtenue à l'aide de l'estimateur Chao1 (Chao, 1984), calculé avec la fonction *estimateR* du package *vegan* sur R. Cet estimateur permet de corriger la sous-estimation de la richesse liée à l'échantillonnage.

Pour les données de chasse, le nombre d'individus était estimé approximativement pour comptabiliser tous les insectes observés, non capturés compris. Sur le terrain, les abondances ont été notées par paliers (1-5, 6-10, 11-15, 16-20, >20). La moyenne des deux bornes des paliers a été utilisée pour estimer un effectif moyen (pour le palier >20, une valeur de 25 a été gardée, avec un choix basé sur les observations de terrain).

Concernant les relevés de végétation, les coefficients de Braun-Blanquet ont été transformés en pourcentages (voir Annexe V). Les richesses spécifiques ont été renseignées à chaque quadrat. De plus, l'indice de Shannon (diversité prenant en compte les abondances relatives) et l'indice d'équitabilité de Pielou (répartition des individus entre espèces) ont été également calculés à l'aide du package *vegan* sur R (détails des indices en Annexe VII).

Concernant la couverture florale, les espèces en fleur au moment de la pose des pièges ont été regroupées en familles florales, et les pourcentages ont été rapportés en pourcentages de la couverture florale. Seules les familles présentes autour de cinq pièges différents (chacun associé à une date) ou plus ont été conservées dans les analyses.

b. Etude de la structure des communautés de pollinisateurs par analyse factorielle des correspondances

La première analyse s'est concentrée sur la description des relevés de pollinisateurs pour potentiellement observer des tendances liées au verger, à la date et à la strate, indépendamment de la gestion. Une analyse factorielle des correspondances a été choisie afin de mettre en évidence les morpho-espèces caractérisant les relevés, grâce à la fonction *CA* du package *FactoMineR* sur R. Les données de chasse et de piégeage ont été compilées et transformées en présence absence (les deux méthodes ayant des types d'effectif différents). Chaque relevé correspond à un verger, une strate et une semaine, quelle que soit la méthode de capture.

De plus, n'ont été sélectionnées que les morpho-espèces de pollinisateurs présentes dans au moins deux échantillons différents, afin de ne pas ajouter de bruit dû aux morpho-espèces présentes uniquement dans un échantillon. Enfin, la quatrième semaine (15 mai) n'a pas été prise en compte car les données étaient trop différentes (voir II.4.).

c. Etude des réseaux d'interactions entre plantes et pollinisateurs d'après les observations de butinage

Pour faire un premier rapprochement entre la végétation et les pollinisateurs, les données d'observations sur le terrain ont été retenues.

Un réseau d'interaction a été réalisé à partir des observations directes de butinage. Cela a permis de mettre en relation les insectes avec les différentes plantes de la strate herbacée et de la strate arborée. Le réseau d'interaction a été réalisé en utilisant les abondances approximées des données de chasse, grâce à la fonction *plotweb* du package *bipartite* sur R.

d. Description de la strate herbacée par analyse en composantes principales et mise en relation avec les données de piégeage

Dans un second temps, les données issues du piégeage ont été mises en relation avec les données décrivant la strate herbacée. Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée avec les données de la strate herbacée, grâce à la fonction *PCA* du package *FactoMineR* sur R.

Les individus statistiques sont les quadrats associés à une date, afin de considérer le caractère dynamique des espèces végétales au sol. Les données de végétation sélectionnées pour construire l'analyse sont la richesse spécifique (au niveau du quadrat), les indices de Shannon et de Piélou (au niveau du quadrat), la hauteur moyenne de la strate (cm), la couverture florale (%), et la part des principales familles florales dans cette couverture (%).

Une fois l'ACP construite de cette façon, des données concernant les pollinisateurs ont été ajoutées en tant que variables supplémentaires pour voir si elles étaient bien représentées par le plan construit grâce à la végétation, et observer une potentielle tendance. Les données de piégeage ont été retenues, car elles étaient associées aux quadrats.

Les variables projetées sont les richesses morpho-spécifiques estimées (Chao1) pour tous les pollinisateurs, pour les Apoïdes et pour les Diptères, ainsi que les morpho-espèces d'insectes selon leur abondance (parmi les espèces comptant 5 individus ou plus). Ces projections ont été distinguées selon les strates herbacées et arborées.

e. Modélisation

Enfin, pour tester les tendances, des modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM, loi de Poisson) ont été construits avec les vergers et la semaine en tant qu'effets aléatoires (fonction *glmer*, package *lme4*).

La sélection de modèles a été effectuée à l'aide de la fonction *dredge* (package *MuMIn*, R). Les variables explicatives sont les paramètres de la strate herbacée et la variable réponse est dans un premier temps la richesse spécifique estimée en pollinisateurs de la strate herbacée, puis celle de la strate arborée. La sélection a permis de choisir certaines variables explicatives pour obtenir un modèle avec le critère d'information d'Akaike (AIC) le plus bas.

Afin de tester la capacité du modèle à généraliser sur des données qu'il n'a jamais vu, un test de prédiction a été ensuite réalisé. Le jeu de données global a été séparé en 80% des données pour l'entraînement des modèles et 20% restants pour le test, effectué avec la fonction *predict* sur R. Les R^2 (coefficients de détermination) des différents modèles ont été obtenus grâce à la fonction *rsquaredGLMM* (package *MuMIn*, R).

III. Résultats

1. Etude de la structure des communautés de pollinisateurs

a. Nombre d'individus et de morpho-espèces

i. Abondance totale

Au total, 911 individus ont été triés et épinglés, provenant de 56 trios d'assiettes colorées, et de 23 séances de chasse à vue. Après sélection des familles et en comptant les espèces capturées et observées sur le terrain, 197 morpho-espèces ont été différenciées. La liste des morpho-espèces capturées par verger et par méthode de capture est présentée en Annexe VIII. La quatrième semaine est caractérisée par une forte présence de Lépidoptères en raison de l'avancée dans la saison et des conditions différentes de sortie (chasse à vue accompagnée).

ii. Abondance par pièges des pollinisateurs

En moyenne, un set de trois assiettes colorées a capturé 12,7 individus (min = 1 ; max = 56). 515 individus ont été capturés en strate herbacée et 222 en strate arborée, les pièges en strate herbacée ont capturé en moyenne plus d'individus que la strate arborée (respectivement 13,9 et 10,6). De plus, les pièges du verger n°3 ont capturé en moyenne le plus d'individus, et ceux du verger n°7 le moins (respectivement 20,3 et 9,3).

Les tests d'analyse de variance (test non paramétrique de Kruskal-Wallis) ne montrent cependant pas de différence significative dans le nombre d'individus capturés selon la strate, le verger ou la semaine.

iii. Morpho-espèces communes

Dans les pièges, la morpho-espèce ayant comptabilisé le plus grand nombre de captures est *Lasioglossum malachurum* (Halictidae, Hymenoptera) avec 59 captures réparties dans 5 vergers. Certaines espèces ont été capturées en grand nombre dans des pièges ciblés (par exemple : *Byturus ochraceus* (Byturidae, Coleoptera), 50 individus uniquement dans le verger de La Damassine le 28 avril), ce qui en fait des espèces avec un grand effectif mais peu répandues entre les différents vergers.

Lors des séances de chasse, l'espèce la plus observée est l'Abeille mellifère (*Apis mellifera*), et parmi les pollinisateurs sauvages, les espèces les plus observées sur la période sont des espèces du genre *Eristalis* (notées *Eristalis* sp. cf. *pertinax*, huit captures ayant permis d'identifier l'espèce *Eristalis pertinax*), ainsi que *Osmia cornuta* dont l'observation est liée à la présence d'hôtel à insectes (vergers n°1 et n°7).

Les morpho-espèces les plus communes (partagées par quatre vergers ou plus), toutes dates et méthodes d'observation confondues, sont présentées en Annexe IX. Trois morpho-espèces sont partagées entre tous les vergers, il s'agit de *Bombus sensu stricto* (individus capturés = *Bombus terrestris*), d'*Apis mellifera* et d'*Andrena haemorrhoa* (Figure 4). Un grand nombre de morpho-espèces ne sont présentes que dans un unique verger, et comptabilisent un nombre faible d'individus.



Figure 4 : A : Photographie de *Bombus sensu stricto* (H. Mariage) ; B : Photographie d'*Apis mellifera* (A. Mariage) ; C : Photographie d'*Andrena haemorrhoa* (Q. Rome / INPN)

b. Répartition des morpho-espèces selon le verger, la date et la strate

i. Composition des communautés

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) associe les points relevés (un verger, une semaine et une strate) aux points morpho-espèces qui les caractérisent (Figure 5). 33 relevés ont été sélectionnés (16 en strate arborée et 17 en strate herbacée ; 13 en semaine 1, 12 en semaine 2, 8 en semaine 3), dans lesquels se répartissent 87 morpho-espèces.

Le plan formé par les deux premiers axes de l'AFC explique 15,8% de la variabilité totale du jeu de données. Cette valeur dépasse néanmoins le seuil critique de 13,62%, calculé par 2 853 permutations, ce qui indique que la structure mise en évidence par les deux premiers axes est significativement différente d'une représentation aléatoire, malgré le pourcentage assez faible de variabilité expliquée.

Graphiquement, l'AFC sépare sur l'axe 1 la période 1 (semaines 1 et 2) de la période 2 (semaine 3). Un test de Kruskal-Wallis montre que les coordonnées des points relevés sur l'axe 1 sont significativement différentes selon la semaine ($\chi^2 = 18,4$). Plus particulièrement, on observe une différence significative entre les semaines 1 et 3, entre les semaines 2 et 3, mais non entre les semaines 1 et 2 (tests de Kruskal-Wallis, respectivement : $\chi^2 = 14,2$; $\chi^2 = 13,7$; $\chi^2 = 1,3$), cela confirme la distinction entre les périodes 1 et 2. Les coordonnées selon l'axe 1 ne diffèrent significativement pas selon la strate.

L'interprétation de l'axe 1 suggère donc que les points individus pourraient être les morpho-espèces précoces lorsque l'abscisse est négative, et tardives lorsque l'abscisse est positive. Parmi les trente morpho-espèces contribuant le plus au plan, on observe notamment :

- Associés à la période 1 dans l'interprétation : des Diptères (Syrphidae (*Eristalis sp. cf. pertinax*), Tachinidae), plusieurs espèces du genre *Andrena*, et un Lépidoptère (*Leptidea sinapsis agg.*).
- Associés à la période 2 dans l'interprétation : des Coléoptères (*Anthaxia nitidula*, *Byturus tomentosus*, *Grammoptera ruficornis*), des Muscidae, des Empididae (*Empis trigramma*), et des Tenthredinidae (*Paratenthredo frauenfeldii*).

Sur le terrain, l'émergence en deuxième période des Coléoptères a été observée, ce qui est cohérent avec la tendance exprimée par l'AFC.

En incluant la semaine du 15 mai, seules 6 espèces sont communes à toutes les périodes. Il s'agit d'*Apis mellifera*, *Bombus pascuorum*, *Bombus sensu stricto*, *Pieris sp. cf. napi* (incluant les piérides similaires observés sur le terrain), *Andrena subopaca*, et *Musca sp.* (espèces semblables à *Musca domestica*). Cependant, ce chiffre monte à 21 morpho-espèces lorsque l'on ne considère pas la semaine du 15 mai (pression d'échantillonnage nettement différente).

Dans un second temps, l'AFC sépare par l'axe 2 la strate herbacée de la strate arborée (test de Kruskal-Wallis significatif pour les coordonnées des points relevés sur l'axe 2 en fonction de la strate, $\chi^2 = 18,7$; et non significatif en fonction de la semaine).

Ainsi, parmi les trente morpho-espèces contribuant le plus au plan, on observe que :

- En strate herbacée, les relevés sont souvent associés à des Diptères comme des Sarcophagidae, des Muscidae, des Anthomyiidae ou des Calliphoridae ainsi que des Apoïdes comme *Osmia bicornis* (Megachilidae), et un grand nombre d'andrènes (*Andrena*, Andrenidae). De plus, toutes les espèces du genre *Lasioglossum* (Halictidae) ont une coordonnée positive sur l'axe 2 et semblent donc plus présentes en strate herbacée dans les relevés (contributions entre 3,2 et 5,6).
- En strate arborée, les relevés sont souvent associés à des Apoïdes sociaux comme *Bombus sensu stricto* et *Apis mellifera* (à noter que toutes les espèces du genre *Bombus* ont une coordonnée négative sur l'axe 2 et sont donc généralement associées à des relevés en strate arborée, leur contribution est située entre 3,7 et 5), des Tenthredinidae (*Euura*, *Paratenthredo*), des Syrphidae (*Eristalis*) et des Coléoptères (*Byturus*, *Anthaxia*).

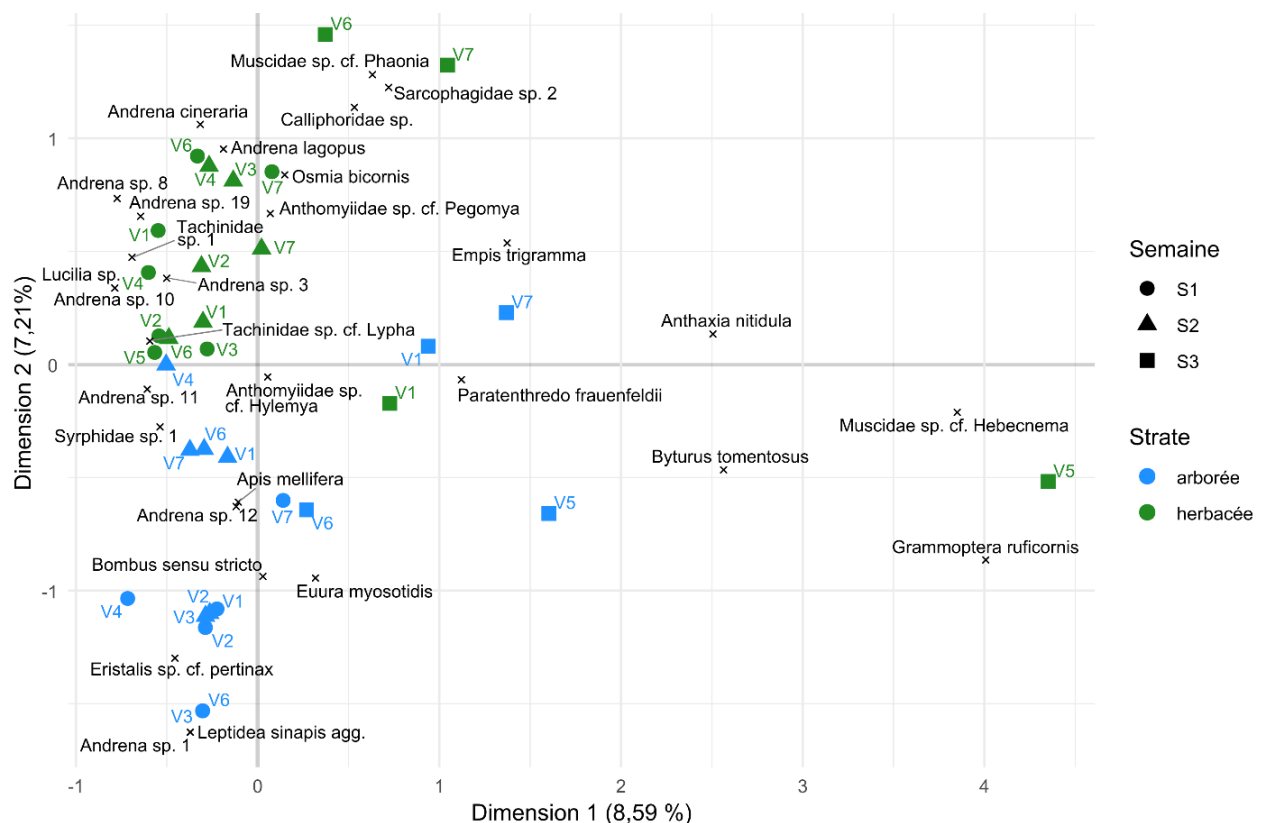


Figure 5 : Analyse factorielle des correspondances entre les relevés et les morpho-espèces de pollinisateurs (seules les 30 espèces contribuant le plus au plan sont affichées)

L'analyse factorielle des correspondances met donc en évidence des communautés d'espèces différentes en fonction de la strate et de la date d'échantillonnage.

ii. Conséquences sur la pollinisation des arbres fruitiers

Les arbres des vergers n'ayant pas les mêmes périodes de floraison, ce résultat peut avoir des conséquences sur les communautés d'insectes permettant leur pollinisation. L'Annexe X montre les pourcentages des différentes familles d'insectes présentes dans les relevés des pièges placés dans les fruitiers.

En période 1, les huit pièges installés dans les cerisiers ont capturé dix familles différentes appartenant à deux ordres, les deux pièges des poiriers ont aussi capturé dix familles différentes mais s'ajoute l'ordre des Coléoptères. En période 2, les sept pièges des pommiers ont capturé dix-neuf familles différentes, avec une proportion plus grande en Coléoptères, notamment les Buprestidae. Les Coléoptères sont aussi nombreux en strate herbacée en période 2.

La suite des analyses prendra donc en compte les différences liées à la strate et à la période.

2. Mise en relation des caractéristiques de la strate herbacée avec les communautés de pollinisateurs

a. Réseau d'interactions espèces florales – espèces pollinisatrices

Le réseau d'interactions entre espèces florales et morpho-espèces pollinisatrices est présenté en Figure 6. Ce réseau illustre les pollinisateurs ayant été observés à butiner les fleurs concernées, en période 1 puis en période 2. A noter qu'en période 1, quinze séances de chasse ont été réalisées, contre uniquement trois en période 2.

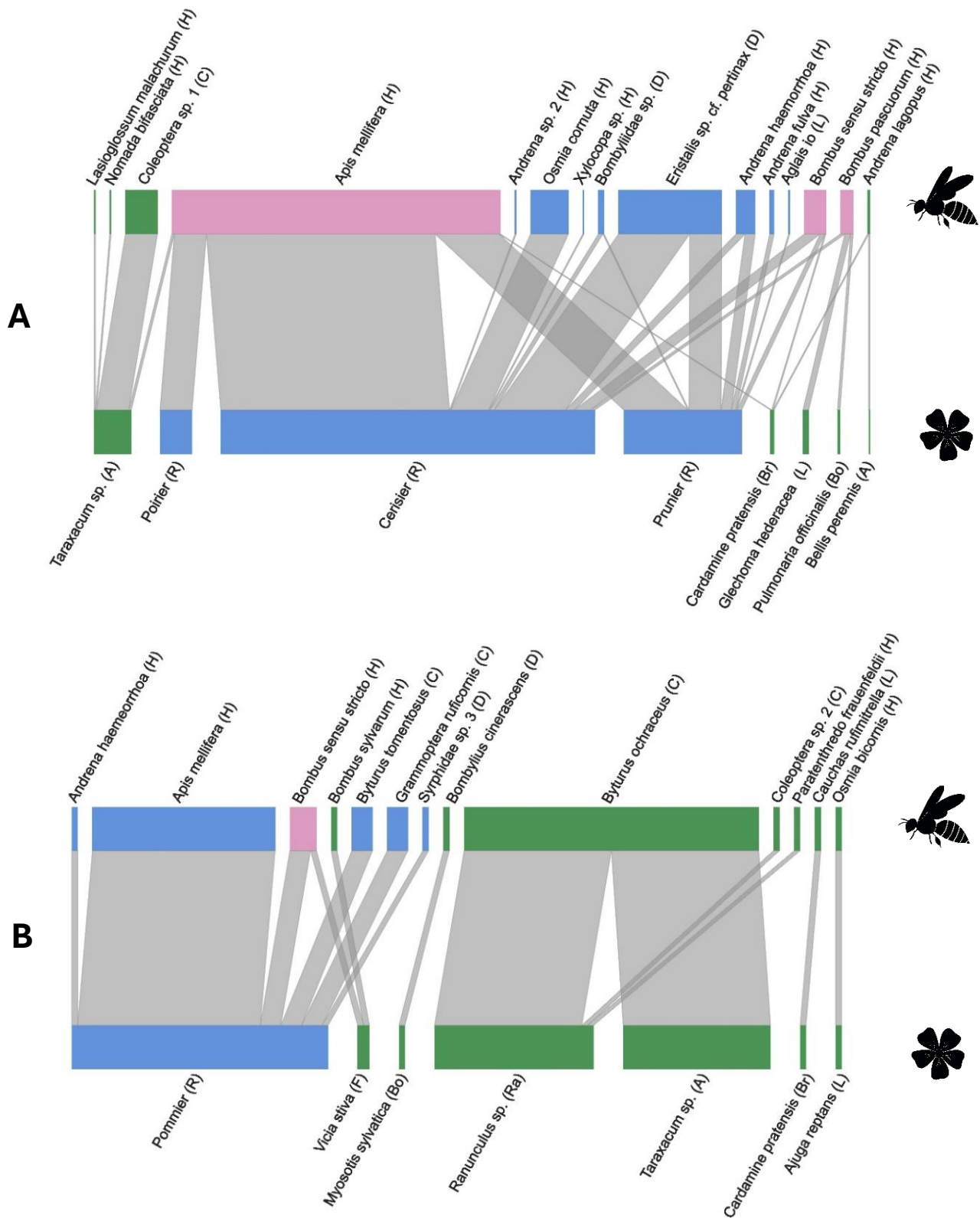
Les Diptères (notamment les syrphes) représentent une part importante des pollinisateurs des cerisiers, et les Coléoptères sont plus abondants lors de la floraison des pommiers et participent à leur pollinisation.

Certains pollinisateurs, notamment les Apoïdes sociaux (*Apis* et *Bombus*, Apidae), ont été observés à la fois sur des fleurs de la strate arborée et herbacée.

Les fruitiers (rosacées) présentent un réseau d'interactions avec de nombreuses familles d'insectes, indiquant un profil de pollinisation généraliste. En revanche, les fabacées et les lamiacées montrent un réseau plus restreint lors des observations, et n'ont été butinées que par des Apoïdes. De même, lors des prospections sur la période, les renonculacées n'ont été observées être pollinisées que par des Coléoptères, et un Hyménoptère symphyte.

A noter que les Coléoptères numérotés 1 et 2 sont des petits Coléoptères non identifiés mais appartenant probablement à la sous-famille des Meligethinae (Nitidulidae), ou une famille semblable.

L'analyse du réseau d'interactions met en évidence le fait que certains pollinisateurs des fruitiers se nourrissent également en strate herbacée, notamment les Apoïdes sociaux qui ont été observés à butiner des lamiacées, des brassicacées, des boraginacées et des fabacées au sol. Ces premières observations font donc le lien entre les pollinisateurs des fruitiers et les fleurs de la strate herbacée.



b. Caractérisation de la strate herbacée et mise en relation avec la diversité des pollinisateurs

i. Caractérisation de la végétation de la strate herbacée

Afin de d'étudier la végétation au sol des différents vergers, l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée avec les paramètres descriptifs de la strate herbacée lors de la pose des pièges est présentée Figure 7.

Les deux premiers axes de l'analyse représentent 46,63% de la variabilité totale du jeu de données. Cette valeur est supérieure à la valeur de référence de 37,12%, obtenue par 4 487 permutations, la représentation est donc significativement différente d'une représentation aléatoire.

L'analyse distingue par la dimension 1 :

- Les relevés positifs sur l'axe, qui sont principalement caractérisés par un indice de Shannon de la végétation élevé ($\cos^2 = 0,77$). De plus, ils ont en général une richesse spécifique et un indice de Piélou élevés, une grande hauteur d'herbe et une couverture florale importante. Ces quadrats ont un fort pourcentage de fabacées et de boraginacées dans la couverture florale au moment de la pose des pièges.
- Les relevés négatifs sur l'axe, qui ont à l'inverse une richesse botanique et des indices de diversité et d'équitabilité faibles, ainsi qu'une couverture florale dominée par les astéracées et de façon moins marquée par les renonculacées.

Les variables supplémentaires qualitatives liées à la gestion (fauche et pâture), sont extrêmement corrélées à cette dimension ($\cos^2$ sur l'axe 1 de 0,97). Le premier axe semble donc séparer les vergers fauchés des vergers pâturés. Les vergers fauchés étant en fauche tardive, la strate est en conséquence plus diversifiée et plus haute et à l'inverse, les vergers pâturés ont une strate plus basse et des espèces florales caractéristiques de milieux piétinés (astéracées).

De plus, l'analyse distingue par la dimension 2 :

- Les relevés positifs sur l'axe, qui sont principalement caractérisés par une couverture florale importante, une strate herbacée à tendance élevée, ainsi qu'un fort pourcentage de renonculacées et de lamiacées dans leur couverture florale (espèces à floraison plus tardive que les autres espèces végétales présentes).
- Les relevés négatifs sur l'axe, ayant une plus faible couverture florale dominée par les brassicacées et les boraginacées (pulmonaires et cardamines à floraison plus précoce).

Cette dimension semble séparer les relevés selon la période ($\cos^2$ des périodes situés entre 0,48 et 0,54 sur l'axe 2 et entre 0,24 et 0,40 sur l'axe 1).

Les relevés effectués tôt dans la saison ont pour la majorité une coordonnée négative sur l'axe 2 à l'inverse des relevés plus tardifs. Cela se caractérise par une augmentation de la couverture florale et un changement dans les familles florales dominant la couverture autour des pièges.

Ainsi, l'ACP montre une distinction dans le mode de gestion par l'axe 1, ainsi que le caractère dynamique de la strate herbacée, avec l'avancée dans la saison représentée sur l'axe 2. Les espèces végétales liées à une gestion en fauche seraient, d'après la représentation, les fabacées, les boraginacées, et dans une moindre mesure, les lamiacées et les brassicacées. A l'inverse, un pourcentage important d'astéracées dans la couverture florale est associé à une gestion par pâture. Enfin, les brassicacées et les boraginacées seraient associées au début de saison, alors que les renonculacées et les lamiacées semblent plus présentes dans la couverture florale plus tardivement.

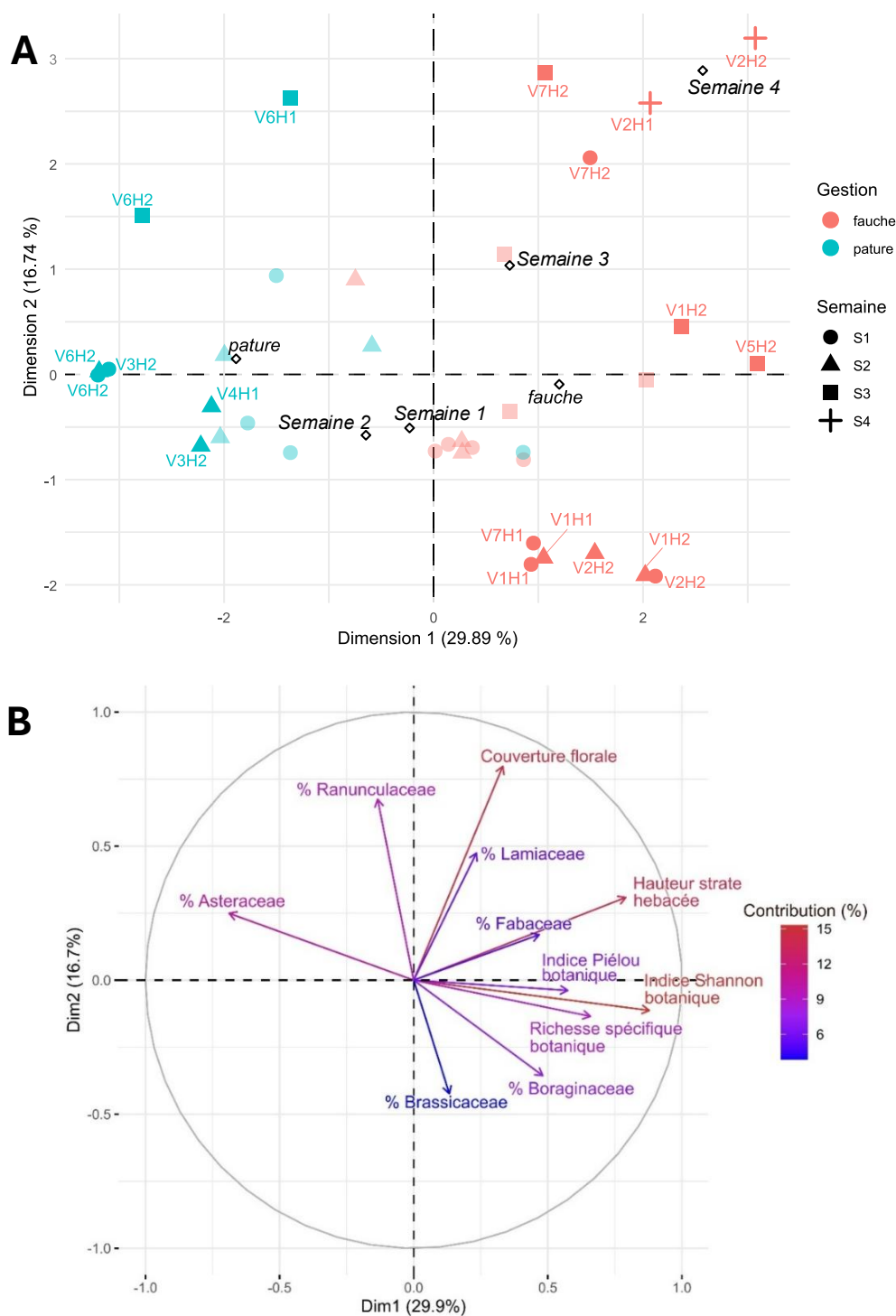


Figure 7 : A : Graphe des individus de l'ACP ; les 18 individus libellés sont ceux ayant la plus grande contribution à la construction du plan. Les points sont notés de la façon suivante : V1 (verger 1) H1 (emplacement 1 en strate herbacée) ; B : Graphe des variables actives de l'ACP

ii. Projection des données pollinisateurs sur le plan construit par les données de végétation

Les projections des abondances des morpho-espèces ne montrent pas de tendance généralisée entre les morpho-espèces et un grand nombre sont très mal projetées sur le plan formé par les caractéristiques de la strate herbacée (plus de la moitié ayant un $\cos^2$ inférieur à 0,05). Certaines ont des coordonnées positives sur les axes, et d'autres négatives. La Figure 8A montre les dix

morpho-espèces les mieux projetées. En strate herbacée, parmi ces dernières, on observe plus de morpho-espèces ayant une coordonnée négative sur l'axe 1, ce qui est liée à une gestion en pâture avec une strate herbacée peu diversifiée. Les $\cos^2$ restent cependant faibles sur l'axe 1 (entre 0,03 et 0,19).

En strate arborée, les projections des abondances des morpho-espèces montrent une tendance similaire, avec des répartitions dans toutes les directions du plan. Les dix morpho-espèces les mieux projetées (Figure 8B) ont en général une coordonnées positive sur l'axe 1, ce qui est liée à une gestion en fauche avec une strate herbacée diversifiée. De la même façon que pour la strate herbacée, les $\cos^2$ sont cependant faibles (entre 0,02 et 0,25 pour les 10 morpho-espèces les mieux projetées) ce qui ne permet pas de réelle interprétation des répartitions des pollinisateurs selon les paramètres de la strate herbacée.

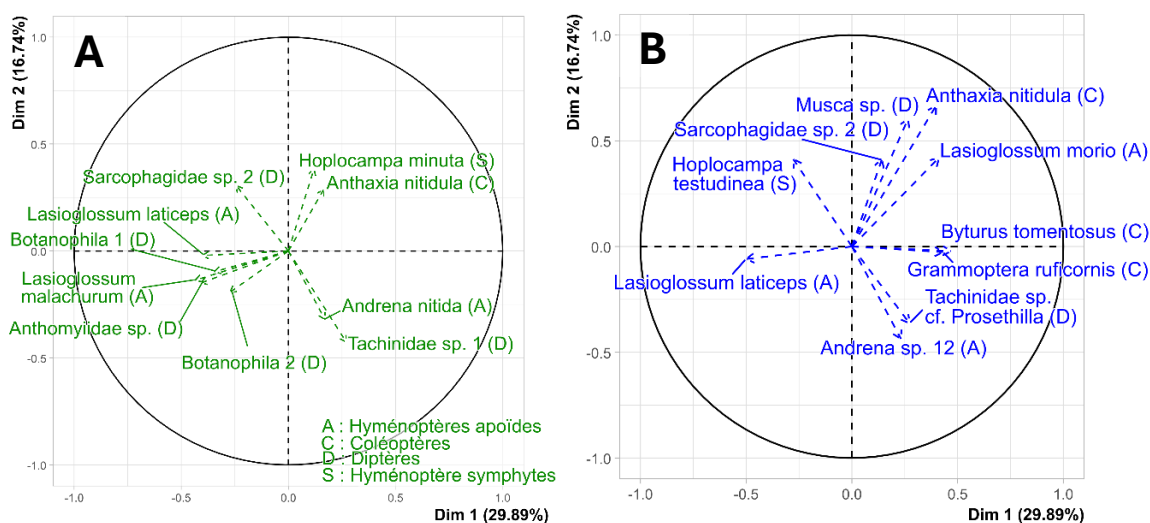


Figure 8 : Projection des 10 morpho-espèces ayant les $\cos^2$ les plus élevés sur les dimensions 1 et 2, parmi les morpho-espèces comptabilisant 5 individus ou plus, à partir de leur abondance dans les pièges (variables supplémentaires) ; A : En strate herbacée ; B : En strate arborée

La suite des analyse se concentre sur la diversité des pollinisateurs pour savoir si les paramètres de la strate herbacée ont un impact sur celle-ci.

En moyenne, les richesses morpho-spécifiques estimées en strate herbacée (36 échantillons) sont de 16,7 pour la totalité des pollinisateurs (valeurs entre 3 et 58), de 4,9 pour les Apoïdes (entre 0 et 20) et de 6,5 pour les Diptères (entre 0 et 23). En strate arborée (20 échantillons), ces mêmes valeurs sont de 15 pour les pollinisateurs (entre 4 et 34), de 3,3 pour les Apoïdes (entre 0 et 19) et de 5 pour les Diptères (entre 0 et 18).

Les projections, sur le plan formé par les paramètres de la végétation, des richesses spécifiques approximées pour tous les pollinisateurs, pour les Apoïdes et pour les Diptères sont présentées en Figure 9. De la même façon que pour les abondances des morpho-espèces, les données sont mal projetées et les $\cos^2$ assez faibles ($\cos^2$ inférieurs ou égaux à 0,13 sur les axes 1 et 2 et souvent proches de 0). La tendance montrerait une coordonnée négative sur l'axe 2, ce qui correspondrait à une plus grande richesse morpho-spécifique avec une couverture florale plus faible.

Les coefficients de corrélations de Spearman entre les paramètres de la strate herbacée et les richesses en pollinisateurs sont présentés en Annexe XI. Ils montrent une corrélation modérément négative entre les richesses estimées et la couverture florale, pour tous les groupes de pollinisateurs en strate herbacée. En strate arborée, la tendance est observée pour les Apoïdes

mais une corrélation positive modérée est observée pour la totalité des pollinisateurs et pour les Diptères.

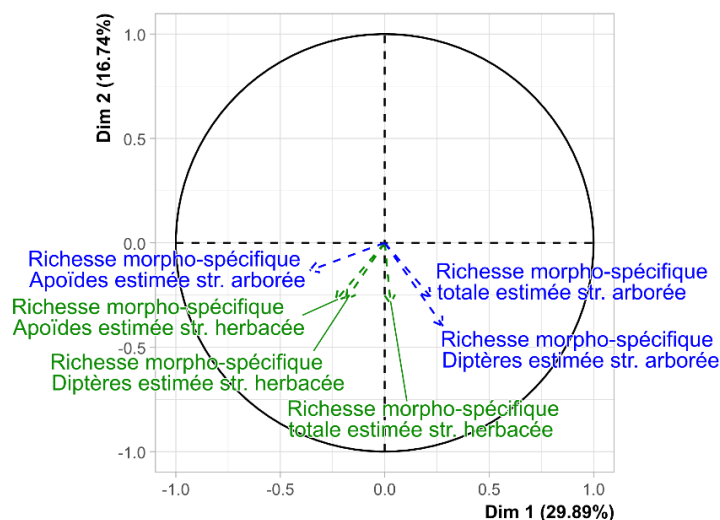


Figure 9 : Projection des richesses spécifiques estimée (variables supplémentaires)

iii. Analyse de l'effet des paramètres de la strate herbacée sur les richesses spécifiques par modèle linéaire mixte généralisé

Afin d'analyser les variations de la richesse en pollinisateurs, un modèle complet a été construit, en incluant toutes les variables de la strate herbacée utilisées dans la construction de l'ACP (Figure 7), sauf la richesse spécifique et l'indice de Piélou des espèces botaniques, ces indices étant redondants avec l'information apportée par celui de Shannon.

Pour les pollinisateurs de la strate herbacée, la sélection du modèle généralisé mixte réalisée avec la fonction *dredge* propose un modèle avec des coefficients significatifs (selon le signe de ces coefficients, le modèle montre un effet négatif des pourcentages de certaines familles florales, et un effet positif de l'indice de Shannon de la strate herbacée). Cependant, ces résultats font penser à un surajustement du modèle aux données. En effet, l'échantillonnage est faible (36 pièges).

De plus, le modèle a été utilisé pour prédire la valeur de richesse à partir d'un jeu de test, dont les données n'avaient pas été vues en entraînement. La prédiction indique un RMSE (Root Mean Squared Error) de 79, ce qui correspond à l'écart entre les valeurs prédites et les valeurs observées. En sachant que les valeurs de richesses vont de 3 à 58, cette valeur est très élevée et le modèle ne semble pas pertinent.

Sur les deux premiers axes de l'ACP réalisée précédemment, les variables « indice de Shannon botanique » et « couverture florale » sont corrélées aux axes 1 et 2 respectivement. Il a été choisi de ne conserver que ces deux variables pour construire un modèle simplifié. On pose l'hypothèse que ces variables décrivent assez bien l'état de la strate herbacée. Les effets aléatoires « période » et « verger » sont gardés dans le modèle linéaire mixte généralisé.

Le même modèle a été utilisé pour analyser à la fois les variations des richesses en pollinisateurs, en Apoïdes et en Diptères de la strate herbacée, ainsi que de la strate arborée. Les résultats sont rapportés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Résultats des modèles linéaires mixtes généralisés. *R* : richesses morpho-spécifiques des insectes ; *R*²_m : *R*² marginal ; *R*²_c : *R*² conditionnel ; *RMSE* : Root Mean Squared Error

Strate	Variable réponse	Coefficient pour l'indice de Shannon botanique	Coefficient pour la couverture florale	<i>R</i> ² _m	<i>R</i> ² _c	RMSE
herbacée	R pollinisateurs	1,77*	NS	0,28	0,90	9,9
	R apoïdes	1,34*	NS	0,08	0,81	13,0
	R diptères	NS	NS	0,06	0,49	11,8
arborée	R pollinisateurs	NS	NS	0,02	0,93	10,3
	R apoïdes	-1,56*	NS	0,22	0,72	15,1
	R diptères	2,53*	0,03*	0,36	0,87	15,1

Les résultats montrent des RMSE plus faibles que dans le modèle complet. Cependant, ils restent en général très élevés vis-à-vis du type des données (voir les moyennes).

Les *R*² marginaux expriment le pourcentage de la variabilité expliquée par les effets fixes (indice de Shannon botanique et couverture florale). Ils sont souvent faibles voire très proches de zéro. Les *R*² conditionnels, qui prennent en compte les effets aléatoires (verger et période) sont à l'inverse élevés, ce qui montre que les variations sont plutôt exprimées par les différences entre les vergers et les périodes.

Ces modèles montrent uniquement une tendance dans le jeu de données. En considérant les modèles avec un *R*² conditionnel supérieur à 0,20, l'indice de Shannon botanique semblerait avoir un effet positif sur la richesse en pollinisateurs de la strate herbacée et sur la richesse en Diptères de la strate arborée, alors qu'il aurait un effet négatif sur les Apoïdes de la strate arborée. La couverture florale ne semble pas avoir d'effet sur les richesses morpho-spécifiques dans le jeu de données, pour tous les groupes sauf les Diptères de la strate arborée (corrélation modérément positive).

Ainsi il est difficile de conclure sur l'effet des paramètres de la strate herbacée sur les richesses en pollinisateurs, bien que l'indice de Shannon semblerait avoir un impact.

IV. Discussion

1. Biais liés à la méthode

a. Différences entre chasse et piégeage

Les méthodes de capture ne sélectionnent pas les mêmes familles de pollinisateurs. Quel que soit le fruitier, les Apidae (représentés par *Apis mellifera*, les espèces des genres *Bombus*, *Xylocopa*, et *Nomada*) sont assez peu représentés dans les pièges. Cela est lié au fait que ce sont des espèces de plus grande taille que la majorité des espèces piégées (sauf le genre *Nomada*), et elles sont donc assez peu attrapées dans les assiettes colorées. Il en va de même pour les syrphes qui sont peu capturés par assiettes colorées, et la méthode de chasse à vue est plus efficace pour les recenser. Cela rend plus difficile l'analyse des deux modes de capture de façon conjointe, et les modèles statistiques n'ont ainsi pas pris en compte les données de chasse dans l'analyse.

b. Compétition entre les assiettes colorées et les fleurs

La méthode des assiettes colorées permet d'obtenir une plus grande diversité de pollinisateurs que la chasse à vue (Commission européenne *et al.*, 2024), cependant leur efficacité est très liée à la ressource florale alentour. En effet, les assiettes entrent en compétition avec les fleurs. Une couverture florale élevée tend à diminuer le nombre de pollinisateurs capturés par assiettes colorées (Baum et Wallen, 2011). Cela peut expliquer les tendances observées dans les représentations par ACP (les richesses morpho-spécifiques semblent inversement corrélées à la couverture florale) ainsi que les coefficients de corrélations de Spearman en strate herbacée (Annexe XI). Cette compétition pourrait avoir un impact sur l'interprétation de ce paramètre dans les modèles.

Indépendamment de la couverture florale, l'indice de Shannon de la strate herbacée, qui prend en compte toutes les espèces botaniques, semble avoir un effet positif sur la richesse en pollinisateurs. Le phénomène de compétition avec les assiettes est probablement moins important lorsque l'on considère l'indice de Shannon de la strate herbacée.

Néanmoins, il convient de rester prudent face aux résultats car le jeu de données étudié est de petite taille, et les modèles ont montré un risque de surajustement, avec des RMSE élevées ne permettant pas de généraliser les modèles à d'autres jeux de données.

c. Impact des paramètres météorologiques

Il a été montré que le vol des Abeilles mellifères est conditionné par les facteurs météorologiques, comme la température, la vitesse du vent, l'humidité, les précipitations et l'ensoleillement. L'article de Vincze *et al.* (2025) évoque une baisse d'activité des Abeilles mellifères avec des températures inférieures à 10°C et l'augmentation de la vitesse des vents, à partir de valeurs comprises entre 5,8 et 24,1 km/h. Ces éléments impactent probablement aussi l'activité des autres pollinisateurs. Les sorties ont été effectuées sous différentes conditions météorologiques, avec des températures variant de 8 à 24°C, ainsi que des vitesses de vent parfois changeantes sur la période de pose des pièges, et pouvant dépasser les 30 km/h pendant les 24 heures où les pièges étaient installés. De plus, on soulignera que la période de deux semaines de mauvais temps entre la floraison des cerisiers et des pommiers a peut-être eu un impact sur certaines émergences et sur la ressource en pollen.

2. Des effets multiples sur la présence des insectes pollinisateurs

a. Répartition des espèces liée au comportement

Les populations d'insectes ne sont pas exactement les mêmes en fonction de la strate sur la période de prospection.

On remarque notamment la présence de Diptères en strate herbacée (Figure 5). Les Muscidae et les Calliphoridae sont des espèces pollinisatrices précoces fréquentant de nombreuses fleurs différentes pour se nourrir de nectar, notamment des pissenlits, renoncules, apiacées mais également des rosacées, alors que les Sarcophagidae ont un rôle dans la pollinisation moins connus (Larson *et al.*, 2001). Cependant, les espèces de ces familles ne se nourrissent pas uniquement de nectar, mais aussi parfois de matières organiques (Matile et Ségué, 1995), et leur comportement opportuniste pourrait expliquer leur abondance au sol (notamment dans les vergers pâturés, avec la présence des vaches). Cela n'exclue pas leur part potentielle dans la pollinisation des fruitiers.

Les syrphes, représentés en majorité par le genre *Eristalis*, ont généralement été observés en strate arborée, butinant les fruitiers. Il s'agit de pollinisateurs confirmés se nourrissant

exclusivement de nectar et de pollen en phase adulte. Les espèces du genre *Eristalis* ont un *proboscis* long leur permettant de se nourrir sur de nombreuses familles florales dont les rosacées (Larson *et al.*, 2001). On relèvera qu'en juin, après la période de floraison, une plus grande diversité de syrphes a été observée dans les vergers. Par exemple, les genres *Episyrphus*, *Syrphus*, *Eupeodes* et *Sphaerophoria* ont été relevés. Ce sont des genres auxiliaires des cultures, car leurs larves se nourrissent de pucerons, en particulier dans les vergers (Wojciechowicz-Żytka et Wilk, 2023). D'après les relevés, ils ne semblent donc pas, ou peu, participer à la pollinisation des fruitiers, mais leur présence est bénéfique aux cultures fruitières.

La présence d'Hyménoptères sociaux en strate arborée pourrait s'expliquer par leur recherche active de pollen pour nourrir les larves (Potts *et al.*, 2003). De plus, il s'agit souvent d'espèces généralistes (genres *Apis* et *Bombus*) (Brochu *et al.*, 2020) et précoces dans leur émergence, qui pourraient se diriger vers les zones où la quantité de pollen est maximale (arbres en fleur au moment de la floraison) pour être plus efficaces. En outre, un phénomène de constance dans le choix des espèces florales peut être observé chez les abeilles sociales (*Apis*, *Bombus*, *Melipona*), semi-sociales (*Halictus*) et chez de nombreuses abeilles solitaires (certaines *Anthrophora*, *Andrena*, *Megachile*) (Linsley, 1958). Cela permet aux pollinisateurs d'économiser de l'énergie en se concentrant sur une espèce florale à la fois. Ce phénomène est plus marqué avec l'augmentation de la ressource florale dans le milieu (Yourstone *et al.*, 2023). Les Apoïdes pourraient ainsi être particulièrement présents sur les fruitiers, à la fois les cerisiers et les pommiers, ces derniers offrant une grande quantité de pollen lors de la floraison.

L'AFC montre la présence de plusieurs espèces d'andrènes (*Andrena*) en strate herbacée, ce qui pourrait être lié à leur nidification au sol, elles sont cependant également importantes dans la pollinisation des fruitiers (Park *et al.*, 2015). A noter que la présence d'*Osmia bicornis* au sol est liée au fait que l'hôtel à insectes du verger de La Damassine était noté comme appartenant à la strate herbacée, l'espèce a cependant été fréquemment observée en train de butiner les fruitiers.

Enfin, certains Tenthredinidae pondent dans les tissus des ligneux et peuvent parfois causer des dégâts, leur présence en strate arborée pourrait être liée à ce comportement. C'est le cas de l'espèce *Hoplocampa testudinea* (Tenthredinidae), qui a été observée en grand nombre fin avril. Cette espèce émerge en effet à la période de floraison des pommiers et ses larves se développent dans les jeunes fruits (Vincent *et al.*, 2019). On relèvera néanmoins que l'identification des Tenthredinidae n'a pas été validée par des spécialistes en entomologie et peut comporter des erreurs.

b. Importance du paysage

Le projet a été menée à petite échelle, en raison du nombre restreint de vergers ne permettant pas d'étude plus détaillée sur l'effet des éléments paysagers. Cependant, il a été montré que la présence d'habitats naturels et semi-naturels (prairies, vergers traditionnels) a un effet positif sur la diversité des abeilles et les services de pollinisation. Une augmentation de la diversité des abeilles permet une amélioration des services de pollinisation et donc de la production fruitière. A l'inverse, la production fruitière est plus faible lorsque la surface en vergers, prairies ou forêts aux alentours de la parcelle diminue (Martins *et al.*, 2015).

Un paysage plus diversifié à 500 m autour du verger permet de supporter une diversité en pollinisateurs à la fois chez les syrphes et les abeilles (Földesi *et al.*, 2016). Ces espaces permettent d'offrir une ressource florale mais également des zones de nidification pour le maintien des espèces pollinisatrices.

Les résultats observés pourraient être en partie liés à la composition paysagère aux alentours des vergers. On peut noter que la plupart des apidés peuvent parcourir jusqu'à 2 km pour

collecter du pollen (Rands et Whitney, 2011), et donc les espaces environnants ont une importance primordiale dans la survie de ces espèces. Parmi les syrphes, beaucoup sont migrateurs et peuvent transporter du pollen sur plusieurs centaines de kilomètres (Doyle *et al.*, 2020). Les genres de syrphes *Episyrphus*, *Syrphus*, *Eupeodes* et *Sphaerophoria*, observés en juin, sont maintenus grâce aux habitats semi-naturels autour des vergers de pommiers. Les adultes se nourrissent sur les espèces florales de ces milieux alentours, puis pondent dans les vergers et leurs larves réduisent les communautés de pucerons (Wojciechowicz-Żytka and Wilk, 2023).

Cependant on ne peut pas écarter l'effet des paramètres locaux sur la présence des pollinisateurs. Par exemple la présence de haies ou la gestion de la strate herbacée, ont également un impact important sur la diversité des arthropodes (Bishop *et al.*, 2023), la plupart des abeilles sauvages solitaires ne se déplaçant pas à plus de quelques centaines de mètres de leur nid (Zurbuchen *et al.*, 2010).

c. Phénologie florale et dates d'émergence

Les représentations ont permis de mettre en évidence des phénomènes d'émergence différents selon les groupes. Il est connu que certaines espèces sont très précoces, et se nourrissent donc d'espèces végétales à floraison précoce, par exemple, *Colletes cunicularius*, qui a été capturée début avril dans les relevées (présence de nids observés au verger de la Palouse) se nourrit principalement sur *Salix* (Vanderplanck *et al.*, 2009).

Dans les relevés, l'AFC met en évidence une émergence plus tardive des Coléoptères, qui se retrouvent ainsi en nombre sur les pommiers, et sont plus rares sur les cerisiers (Annexe X). Sur le terrain, il a également été observé que les Lépidoptères étaient plus nombreux et diversifiés en mai – juin qu'en avril, et étaient donc très peu représentés dans les pollinisateurs des fruitiers (voir Figure 6).

A l'inverse, certaines espèces sont présentes sur une longue période, souvent sur plusieurs générations. C'est le cas des Apoïdes sociaux dont la présence sur le long terme est liée à la durée de vie des colonies (Goulson, 2003), comme les morpho-espèces *Apis mellifera*, *Bombus pascuorum* et *Bombus sensu stricto* qui ont été observées à toutes les périodes de prospection (avec la présence de femelles fondatrice en début de saison puis d'ouvrières lors de la floraison des pommiers, pour le genre *Bombus*).

La floraison des pommiers ayant lieu plus tard dans la saison, elle correspond à l'émergence d'un plus grand nombre d'espèces potentiellement pollinisatrices. Les familles présentes dans les cerisiers sont moins diversifiées. Un tiers des individus piégés appartiennent à la famille des Andrenidae (abeilles solitaires nichant dans les sols meubles), tandis que la proportion descend à 7% dans les pommiers. Cette famille a donc probablement une importance dans la pollinisation des cerisiers, sachant que les abeilles solitaires du genre *Andrena* restreignent souvent leur alimentation à une ou quelques espèces végétales bien qu'elles seraient en capacité de récupérer du pollen d'une large variété de plantes (Chambers, 1968). Les Tachinidae ont également été observées en grand nombre dans les cerisiers contrairement aux pommiers (respectivement 24% des insectes attrapés dans les pièges contre 1%), et pourraient participer à leur pollinisation, bien que leur efficacité en tant que pollinisateurs soit peu connue (Syamala *et al.*, 2025).

d. Réseau d'interaction et spécialisation des pollinisateurs

Certaines abeilles présentent une forte spécialisation florale et dépendent d'un nombre restreint d'espèces végétales pour se nourrir (Robertson, 1925; Proctor *et al.*, 1996). La diversité floristique de la strate herbacée peut donc contribuer au maintien de ces espèces spécialistes.

De plus, la bibliographie montre que dans les réseaux de pollinisation, les spécialistes interagissent généralement avec les pollinisateurs généralistes qui se nourrissent sur les mêmes fleurs, ce qui crée une structure dite emboîtée ou nested (Bascompte *et al.*, 2003). La co-occurrence de généralistes et de spécialistes rend donc le système plus stable, et souligne l'importance d'une strate diversifiée pour soutenir l'ensemble du réseau. Ce phénomène est observable sur le réseau d'interaction (Figure 6). De nombreuses espèces ont été observées ne se nourrissant qu'en strate herbacée ou arborée, alors que les espèces généralistes sont retrouvées sur plus d'espèces florales différentes (*Apis mellifera* notamment), interagissant alors avec les spécialistes.

Enfin, les espèces des genres *Apis* et *Bombus* observées butinant les fruitiers ont aussi été vues sur des lamiacées, des brassicacées, des boraginacées et des fabacées. La proportion dans la couverture florale de ces familles semblerait liée à une diversité élevée des espèces végétales constituant de la strate herbacée. La présence de ces pollinisateurs peut donc être maintenue le long de la saison grâce aux fleurs de la strate herbacée, et à la diversité floristique. Il convient cependant de noter que les pourcentages de ces familles florales ne sont pas tous bien projetés sur l'axe 1 de l'ACP (Figure 7), et la corrélation avec l'indice de Shannon botanique reste à vérifier.

3. Un début d'inventaire à compléter

La suite des inventaires est prévue pour le printemps 2026. De plus, des relevés ont également été réalisés en juin 2025 en strate herbacée, mais l'identification n'a pas été terminée.

Pour la suite des analyses, il serait intéressant de ne pas se restreindre à la période de floraison des fruitiers. L'analyse des données de juin 2025 pourrait mettre en évidence la présence ou l'absence, ainsi que les préférences florales, des insectes pollinisateurs observés sur les fruitiers, après la période de floraison. De plus, des inventaires sur une année supplémentaire pourraient valider ou non les tendances observées, et corriger les biais météorologiques.

En effet, une variation non négligeable dans la communauté de pollinisateurs des espèces florales peut être observée d'une année à l'autre (Price *et al.*, 2005), à cause de facteurs météorologiques, climatiques et générationnels.

En outre, la suite des relevés permettrait d'obtenir un modèle plus solide avec plus d'observations, pour comprendre comment les modes de gestions des parcelles, et par conséquent les paramètres de la strate herbacée, influencent la diversité des pollinisateurs. Réaliser des inventaires sur d'autres vergers pourrait aussi permettre de mettre en évidence les effets de la composition paysagère.

V. Conclusion

Ce stage avait pour objectif l'amélioration des connaissances sur les pollinisateurs des vergers de haute-tige, traditionnels du Nord Franche-Comté. Il s'inscrit dans un projet de conservation du patrimoine fruitier et de prise en compte de la sous-trame verger dans les documents d'urbanisme. L'étude a permis de dresser une première liste d'espèces qui sera complétée au printemps et à l'été 2026.

L'analyse des premiers résultats a mis en évidence une différence dans les communautés des pollinisateurs selon la date et la strate, indiquant une évolution le long de la saison de l'ensemble du cortège de pollinisateurs. En particulier, cela a un impact sur les familles de pollinisateurs majoritaires dans les pommiers et dans les cerisiers.

Les observations de terrain ont également permis de montrer que certains pollinisateurs observés butinant les fruitiers (genres *Apis* et *Bombus*) bénéficient également de la ressource florale au sol et ont été vus à polliniser différentes familles florales.

L'analyse des paramètres de la strate herbacée souligne des différences dans les compositions végétales des différents vergers, en fonction du mode de gestion. Parmi les sept vergers prospectés, la gestion en fauche tardive serait associée à une plus grande diversité floristique, et à la présence de certaines familles florales dont bénéficient les pollinisateurs des fruitiers.

Les abondances par espèces de pollinisateurs n'ont pas pu être interprétées dans l'analyse et ne semblent pas répondre aux paramètres de la strate herbacée. L'étude statistique montre que la richesse spécifique en pollinisateurs et en Apoïdes du sol semblerait corrélée à une diversité florale élevée, bien que le résultat reste à confirmer et doit être analysé avec prudence. Les Diptères du sol ne semblent pas réagir aux paramètres de la strate herbacée, et leur présence pourrait être corrélée à d'autres paramètres (matière organique au sol). Les résultats en strate arborée sont peu robustes et les réponses sont différentes selon les familles d'insectes (effet parfois neutre, parfois positif et parfois négatif de la diversité floristique).

De façon générale, cette étude a permis de montrer la présence sur les fruitiers d'une diversité de familles de pollinisateurs peu étudiés (Coléoptères, certains Diptères...), et dont l'abondance pourrait être maintenue par la continuité paysagère d'habitats naturels ou semi-naturels, ainsi qu'une gestion extensive de la strate herbacée pour leur apporter une ressource florale variée.

La suite des inventaires et l'analyse des relevés de juin 2025 permettront de compléter les observations. De plus, les données pourront être conservées par l'OPIE F.-C. et les collections d'insectes pourront servir à d'autres études et à la sensibilisation au grand public.

Bibliographie

- Anses** (2015) Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective, Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress.
- Auber L, Boca G** (1976) Atlas des coléoptères de France, Belgique, Suisse ; Tome II, Ténébrions, Taupins, Buprestes, Coccinelles, Longicornes, Chrysomèles, Charançons, 4e ed. Editions Boubée, Paris
- Bailey D, Schmidt-Entling MH, Eberhart P, Herrmann JD, Hofer G, Kormann U, Herzog F** (2010) Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. *Journal of Applied Ecology* **47**: 1003–1013
- Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM** (2003) The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **100**: 9383–9387
- Baum KA, Wallen KE** (2011) Potential Bias in Pan Trapping as a Function of Floral Abundance. *Journal of the Kansas Entomological Society* **84**: 155–159
- Berland L** (1999) Atlas des hyménoptères de France, Belgique, Suisse ; Tome I, Tenthredines, parasites porte-aiguillon (Béthylides). Editions Boubée, Paris
- Bihaly ÁD, Piross IS, Pellaton R, Szigeti V, Somay L, Vajna F, Soltész Z, Báldi A, Sárospataki M, Kovács-Hostyánszki A** (2024) Landscape-wide floral resource deficit enhances the importance of diverse wildflower plantings for pollinators in farmlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **367**: 108984
- Bishop GA, Fijen TPM, Desposato BN, Scheper J, Kleijn D** (2023) Hedgerows have contrasting effects on pollinators and natural enemies and limited spillover effects on apple production. *Agriculture, ecosystems & environment* **346**: 108364
- Brochu KK, van Dyke MT, Milano NJ, Petersen JD, McArt SH, Nault BA, Kessler A, Danforth BN** (2020) Pollen defenses negatively impact foraging and fitness in a generalist bee (*Bombus impatiens*: Apidae). *Sci Rep* **10**: 3112
- Brunet J, Fragoso FP** (2024) What are the main reasons for the worldwide decline in pollinator populations? *CABI Reviews*. doi: 10.1079/cabireviews.2024.0016
- Cesbron D, Combier P** (s. d.) La Région favorise la sauvegarde des variétés fruitières anciennes - Vergers de sauvegarde - Présentation du dispositif d'aide.
- Chagnon M** (2008) Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d'y remédier. Fédération Canadienne de la Faune. Bureau régional du Québec.
- Chambers VH** (1968) Pollens collected by species of *Andrena* (Hymenoptera: Apidae). *Proceedings of the Royal Entomological Society of London Series A, General Entomology* **43**: 155–160
- Chao A** (1984) Nonparametric Estimation of the Number of Classes in a Population. *Scandinavian Journal of Statistics* **11**: 265–270
- Chmielewski S** (2019) The Importance of Old, Traditionally Managed Orchards for Breeding Birds in the Agricultural Landscape. *Pol J Environ Stud* **28**: 3647–3654
- Commission européenne, Joint Research Centre, Potts SG, Bartomeus I, Biesmeijer K, Breeze T, Casino A, Dauber J, Dieker P, Hochkirch A, et al** (2024) Refined proposal for an EU pollinator monitoring scheme. Publications Office of the European Union, Luxembourg
- Cooper T, Arblaster K, Baldock D, Farmer M, Beaufoy G, Jones G, Poux X, McCracken D, Bignal E, Elbersen B, et al** (2007) Study on HNV indicators for evaluation. Institute for European Environmental Policy 35
- Delaplane KS, Mayer DF** (2000) Crop pollination by bees. doi: 10.1079/9780851994482.0000
- Doyle T, Hawkes WLS, Massy R, Powney GD, Menz MHM, Wotton KR** (2020) Pollination by hoverflies in the Anthropocene. *Proc R Soc B* **287**: 20200508
- Eeraerts M** (2020) Pollination service to intensive sweet cherry orchards : local- and landscape-level drivers and functional importance of pollinator diversity.

- Földesi R, Kovács-Hostyánszki A, Kőrösi Á, Somay L, Elek Z, Markó V, Sárospataki M, Bakos R, Varga Á, Nyisztor K, et al** (2016) Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts: Importance of wild pollinators in apple orchards. *Agr Forest Entomol* **18**: 68–75
- Frankie GW, Thorp RW** (2009) Pollination and Pollinators. *Encyclopedia of Insects*. Elsevier, pp 813–819
- Goulson D** (2003) Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. *Annu Rev Ecol Evol Syst* **34**: 1–26
- Gouraud B** (2024) Rapport de stage : Amélioration des connaissances sur les pollinisateurs sauvages dans les vergers haute-tige dans le Nord Franche-Comté.
- GRETIA** (2009) Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395
- Große-Stoltenberg A, Hanzl A, Safaei M, Kleinebecker T** (2024) Once Common, Long in Decline: Dynamics of Traditional Orchards in a Central European Landscape. *Land* **13**: 1639
- Hallett AC, Mitchell RJ, Chamberlain ER, Karron JD** (2017) Pollination success following loss of a frequent pollinator: the role of compensatory visitation by other effective pollinators. *AoB PLANTS*. doi: 10.1093/aobpla/plx020
- Henle K** (2024) Streuobstbestände in Deutschland, 679th ed. Bundesamt für Naturschutz, DE
- Herrmann JD, Beye H, De La Broise C, Hartlep H, Diekötter T** (2019) Positive effects of the pollinators *Osmia cornuta* (Megachilidae) and *Lucilia sericata* (Calliphoridae) on strawberry quality. *Arthropod-Plant Interactions* **13**: 71–77
- Herzog F** (1998) Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems* **42**: 61–80
- Howlett BG** (2012) Hybrid carrot seed crop pollination by the fly *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Applied Entomology* **136**: 421–430
- Kajtoch Ł** (2017) The importance of traditional orchards for breeding birds: The preliminary study on Central European example. *Acta Oecologica* **78**: 53–60
- Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, Bommarco R, Brittain C, Burley AL, Cariveau D, et al** (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* **16**: 584–599
- Krause J, Müller J, Otte V, Heinken T** (2017) Die Moos- und Flechtenflora auf Apfel- und Kirschbäumen in Plantagen im Raum Potsdam.
- Larson BMH, Kevan PG, Inouye DW** (2001) Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *Can Entomol* **133**: 439–465
- Linsley EG** (1958) The ecology of solitary bees. *Hilg* **27**: 543–599
- Martins KT, Gonzalez A, Lechowicz MJ** (2015) Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, ecosystems & environment* **200**: 12–20
- Matile L, Ségué E** (1995) Les Diptères d'Europe occidentale ; Tome II, Biologie, Brachycères Schizophores. Editions Boubée, Paris
- Muinde J, Katumo DM** (2024) Beyond bees and butterflies: The role of beetles in pollination system. *Journal for Nature Conservation* **77**: 126523
- Ollerton J** (2017) Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annu Rev Ecol Evol Syst* **48**: 353–376
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S** (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* **120**: 321–326
- Olson DM, Takasu K, Lewis WJ** (2005) Food needs of adult parasitoids: behavioral adaptations and consequences. *Plant-Provided Food for Carnivorous Insects*, 1st ed. Cambridge University Press, pp 137–147

- Osterman J, Theodorou P, Radzevičiūtė R, Schnitker P, Paxton RJ** (2021) Apple pollination is ensured by wild bees when honey bees are drawn away from orchards by a mass co-flowering crop, oilseed rape. *Agriculture, ecosystems & environment* **315**: 107383
- Pardo A, Borges PAV** (2020) Worldwide importance of insect pollination in apple orchards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **293**: 106839
- Park MG, Raguso RA, Losey JE, Danforth BN** (2015) Per-visit pollinator performance and regional importance of wild *Bombus* and *Andrena* (*Melandrena*) compared to the managed honey bee in New York apple orchards. *Apidologie* **47**: 145–160
- Pays de Montbéliard Agglomération, FRIJ** (s. d.) Histoire d'hommes et de fruits en Franche-Comté et Jura suisse.
- Potts SG, Vulliamy B, Dafni A, Ne'eman G, Willmer P** (2003) Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology* **84**: 2628–2642
- Price MV, Waser NM, Irwin RE, Campbell DR, Brody AK** (2005) Temporal and Spatial Variation in Pollination of a Montane Herb: A Seven-Year Study. *Ecology* **86**: 2106–2116
- Proctor M, Yeo P, Lack A** (1996) *The Natural History of Pollination*.
- Rands SA, Whitney HM** (2011) Field Margins, Foraging Distances and Their Impacts on Nesting Pollinator Success. *PLOS ONE* **6**: e25971
- Robertson C** (1925) Heterotropic Bees. *Ecology* **6**: 412–436
- Robertson SM, Dowling APG, Wiedenmann RN, Joshi NK, Westerman EL** (2021) Nocturnal Pollinators Significantly Contribute to Apple Production. *Journal of economic entomology* **114**: 2155–2161
- Schönafinger A, Egarter Vigl L, Tasser E** (2024) Spatiotemporal patterns and drivers of orchard meadow loss in South Tyrol, Italy. *Sci Rep* **14**: 30812
- Stireman JO, O'Hara JE, Wood DM** (2006) TACHINIDAE: Evolution, Behavior, and Ecology. *Annu Rev Entomol* **51**: 525–555
- Syamala RR, David KJ, Thammayya SK, Mohanrao R** (2025) *Tachinid Flies. Flies - Agricultural and Public-Health Perspectives*, 1st ed. CRC Press, p 27
- Tur C, Sáez A, Traveset A, Aizen MA** (2016) Evaluating the effects of pollinator-mediated interactions using pollen transfer networks: evidence of widespread facilitation in south Andean plant communities. *Ecology Letters* **19**: 576–586
- Van Lerberghe P** (2015) Les systèmes agroforestiers en France - Entre tradition et modernité. *Forêt-entreprise* **225**:
- Vanderplanck M, Bruneau É, Michez D** (2009) Oligolectisme et décalage phénologique entre plante hôte et pollinisateur : étude de deux espèces printanières psammophiles, *Colletes cunicularius* (L.) (Hymenoptera, Colletidae) et *Andrena vaga* (Panzer) (Hymenoptera, Andrenidae). *Osmia* **3**: 23–27
- Vergers Vivants** (2023) Préservation et restauration de la sous-trame des vergers en Nord-Franche-Comté 2024- 2026 - Réponse à l'appel à projet sur la thématique biodiversité, OS 2.7 du programme FEDER 2021-2027.
- Vergers Vivants, FRIJ** (2011) La biodiversité dans les vergers haute-tige.
- Vincent C, Babendreier D, Świergiel W, Helsen H, Blommers LHM** (2019) A review of the apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* (Hymenoptera Tenthredinidae). *Bulletin of Insectology* **72**: 35–54
- Vincze C, Leelőssy Á, Zajác E, Mészáros R** (2025) A review of short-term weather impacts on honey production. *Int J Biometeorol* **69**: 303–317
- Wojciechowicz-Żytka E, Wilk E** (2023) Surrounding Semi-Natural Vegetation as a Source of Aphidophagous Syrphids (Diptera, Syrphidae) for Aphid Control in Apple Orchards. *Agriculture* **13**: 1040
- Yoder JB, Gomez G, Carlson CJ** (2020) Zygomorphic flowers have fewer potential pollinator species. *Biology Letters* **16**: 20200307

- Yourstone J, Varadarajan V, Olsson O** (2023) Bumblebee flower constancy and pollen diversity over time. *International Society for Behavioral Ecology*. doi: 10.1093/beheco/arad028
- Zoller H, Lenzin H, Erhardt A** (2002) Pollination and breeding system of *Eritrichium nanum* (Boraginaceae). *Plant Systematics and Evolution* **233**: 1–14
- Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S** (2010) Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* **143**: 669–676

Sitographie

- Union Européenne** (2024, consulté le 25/02/2025) Préservation et restauration de la sous-trame vergers en Nord-Franche-Comté | Europe en Bourgogne-Franche-Comté.
<https://www.europe-bfc.eu/les-projets-aides/preservation-et-restauration-de-la-sous-trame-vergers-en-nord-franche-comte>
- Vergers Vivants** (s. d., consulté le 24/02/2025) Vergers Vivants. <https://www.vergers-vivants.fr/wp/>

Annexes

Annexe I : Fiches descriptives des vergers réalisées par B. Gouraud (2024) N°1 - VIEUX VERGER DE LA DAMASSINE

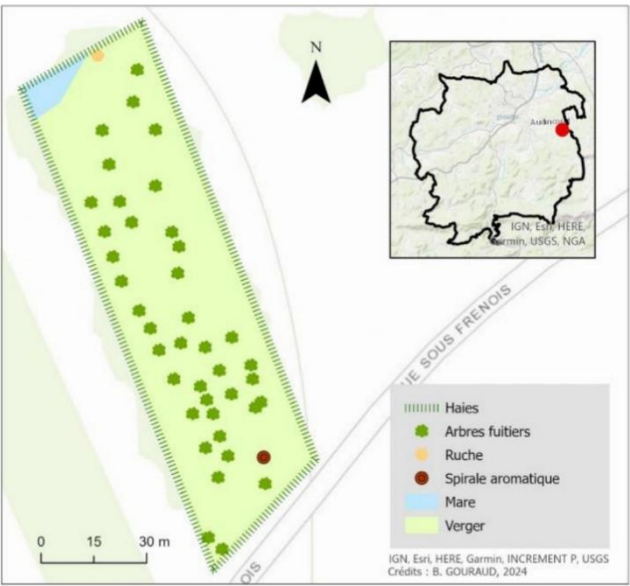


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Vandoncourt
ALTITUDE	440 m
PROPRIÉTAIRE	Association Vergers Vivants
ACCÈS	Libre
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	2 minutes (à pied)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Le verger est plutôt fermé et âgé malgré quelques plantations plus récentes. Il se situe dans une zone historique de verger haute-tige. On retrouve ainsi la présence d'arbres fruitiers épars dans les parcelles annexes. Les arbres fruitiers présents sont pour la plupart des haute-tige ou demi-tige de différentes espèces fruitières avec une prédominance de pommier. Ce verger contient une mare, des haies, une spirale aromatique (cf. figure ci-contre) et les arbres sont plutôt âgés ce qui favorise de la biodiversité. C'est un verger pédagogique en libre accès, il faut donc prévoir des panneaux explicatifs pour informer de la pose de pan trap lors de la réalisation des inventaires.



Plan schématique du vieux verger de la Damassine

BILAN :

- **Superficie** : 0,3 ha
- **Nombre d'arbres** : 41 fruitiers
- **Âge** : Vieux (>60 ans)
- **Types de fruitiers** : Pommier, Cerisier, Poirier, Prunier Noyer, Néflier, Noisetier...
- **Milieux environnants (500 m)*** : Culture, friche, tissu urbain, fruitiers épars
- **Type de gestion de la sous-strate** : Fauche différenciée
- **Nombre de ruche et distance au verger** : 2 (dans le verger)
- **Autres éléments notables** : Haies, mare, hôtel à insecte, spirale aromatique

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

N°2- VERGER DE LA RUE DE SELONCOURT

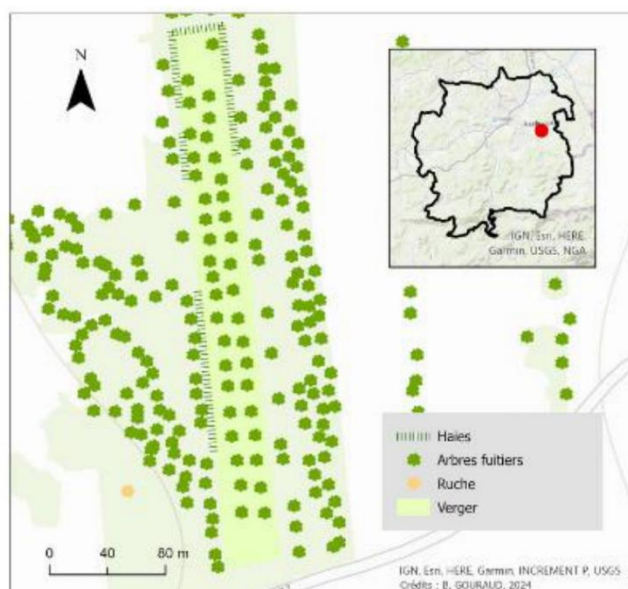


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Dasle
ALTITUDE	400 m
PROPRIÉTAIRE	Communal géré par VV
ACCÈS	Libre
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	6 minutes (en voiture)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Le verger se situe en zone agricole en dehors du village route de Seloncourt. Il est composé de 39 arbres fruitiers dont la majorité sont des pommiers. Il se trouve dans un terrain historiquement occupé par des fruitiers, mais son peuplement est majoritairement de jeunes arbres demi-tige. La fauche de la sous-strate est réalisée par un agriculteur une fois par an. La date de fauche est variable chaque année. De plus, ce verger est en libre accès, il convient donc de prévoir des panneaux explicatifs pour informer de la pose de pan trap lors de la réalisation des inventaires.



Plan schématique du verger rue de Seloncourt

BILAN :

- **Superficie** : 0,5 ha
- **Nombre d'arbres** : 39 fruitiers
- **Âge** : Jeune (< 20 ans)
- **Types de fruitiers** : Pommier, Cerisier, Prunier, Poirier
- **Milieux environnants (500 m)*** : Cultures (maïs, blé), tissu urbain, forêt de feuillus, prairies, arbres fruitiers
- **Type de gestion de la sous-strate** : Fauche
- **Nombre de ruche et distance au verger** : 1 rucher à 50 m
- **Autres éléments notables** : Très vieux arbres en bordure du verger très favorables à la biodiversité, sous strate fleurie

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

N°3 - VERGER GAEC VOIREUCHON

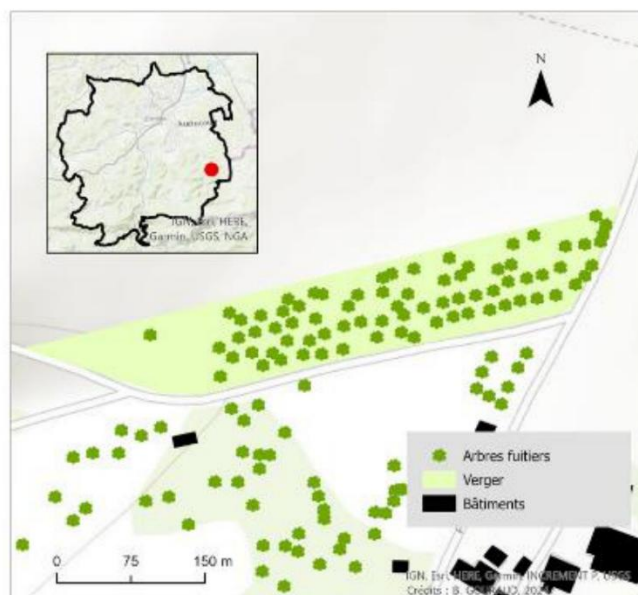


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Meslières, Rombois
ALTITUDE	560 m
PROPRIÉTAIRE	M. Voireuchon - 0679225013
ACCÈS	Libre (Prévenir le propio)
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	12 minutes (en voiture)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Ce verger est utilisé pour le pâturage de 50 vaches laitières. Le cheptel tourne sur 8 parcelles, les pan traps pourront donc être posés quand le troupeau n'est pas présent. Le verger est composé de nombreux cerisiers de haute-tige très âgé. Une forêt de feuillus se situe à 300 m au nord de la parcelle. L'accès à la parcelle est simple, puisqu'elle est en bord de route et que la barrière n'est pas verrouillée. Une autre parcelle de verger de ce propriétaire est en MAEC en faveur des pollinisateurs sauvages. Cette parcelle est donc en fauche tardive. Il y a possibilité d'inventorier ce verger également.



Plan schématique du verger GAEC Voireuchon

BILAN :

- **Superficie** : 2 ha
- **Nombre d'arbres** : ≈70 fruitiers
- **Âge** : Vieux (>60 ans)
- **Types de fruitiers** : Cerisier et quelques pommiers (plus jeunes)
- **Milieux environnants (500 m)*** : Culture, prairie, forêt de feuillus, fruitiers épars
- **Type de gestion de la sous-strate** : Pâturage par 50 vaches
- **Nombre de ruche et distance au verger** : 1 rucher de 40 ruches à 300 m (au Nord)
- **Autres éléments notables** : Très vieux cerisier, présentant des cavités et du bois mort, verger ouvert

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

N° 4 - VERGER FERME DE LA PALOUSE

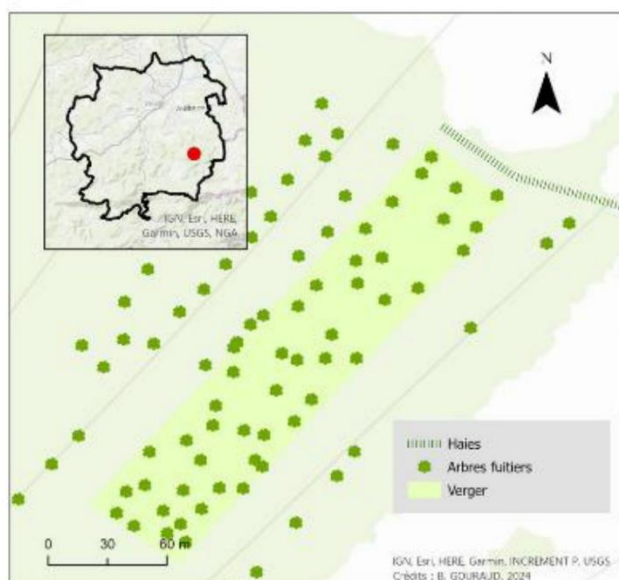


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Meslière
ALTITUDE	490 m
PROPRIÉTAIRE	M. Andlauer - 0698406622
ACCÈS	Libre (Prévenir proprio)
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	15 minutes (en voiture)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Ce verger est pâturé par un troupeau de génisse. Ce pâturage s'effectue de façon rotative, il y a donc toujours une partie du verger non pâturé. Cette parcelle est entourée de pâtures et proche d'un bois de feuillus, au nord du terrain. On trouve également des vestiges d'anciens vergers avec des fruitiers épars dans les pâtures. C'est l'un des vergers étudiés qui est le plus éloigné du tissu urbain. Les arbres sont très anciens ce qui favorise l'accueil de la biodiversité. Les fruits sont récoltés par l'arboriculteur, propriétaire du verger. Il serait intéressant de faire un repérage avec le propriétaire afin de connaître exactement les limites de la parcelle.



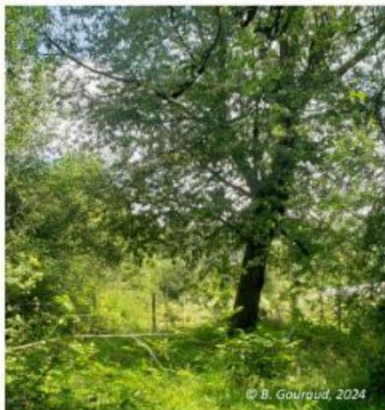
Plan schématique du verger ferme de la palouse

BILAN :

- **Superficie** : ≈ 1 ha
- **Nombre d'arbres** : ≈ 40 fruitiers
- **Âge** : Vieux (≈ 70 ans)
- **Types de fruitiers** : Mixte
- **Milieux environnants (500 m)*** : pâture et prairies, vergers, forêt de feuillus
- **Type de gestion de la sous-strate** : pâturage de génisses
- **Nombre de ruche et distance au verger** : 0
- **Autres éléments notables** : verger exploité en arboriculture

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

N°5 - VERGER DU RUCHER DU PETIT ÂNE

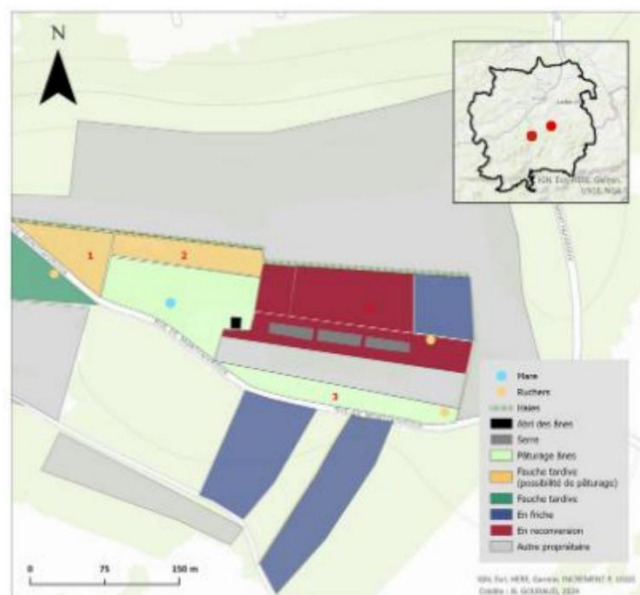


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Mandeure
ALTITUDE	370 m
PROPRIÉTAIRE	Régine Collet - 0686149842
ACCÈS	Clé ou Cadenas
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	15 minutes (en voiture)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Les parcelles présélectionnées sont numérotées de 1 à 4. La gestion des parcelles fluctue en fonction des années. Il faudra sélectionner définitivement la parcelle d'étude lors de la mise en place de l'inventaire 2025. Ces terrains se situent dans une zone historique de verger. On y trouve ainsi d'autres vergers encore gérés ainsi que des vergers abandonnés et des fruitiers épars. Le paysage est aussi marqué par des cultures de maïs et des prairies permanentes ainsi qu'une forêt de feuillus et du tissu urbain. Les parcelles 1 et 2 sont communicantes et semblent être les plus pertinentes pour les inventaires.



Plan schématique des parcelles du Rucher du petit âne

BILAN : (P1 & P2)

- **Superficie** : 0,2 ha + 0,2 ha
- **Nombre d'arbres** : à évaluer
- **Âge** : Vieux (>60 ans)
- **Types de fruitiers** : mixte
Parcelle 1 : Cerisier + divers
Parcelle 2 : Vieux pommiers + divers dont sauvages
- **Milieux environnants (500 m)*** : Culture de maïs, vergers, tissu urbain, forêt de feuillus
- **Type de gestion de la sous-strate** : Pâturage extensif par 2 ânes
- **Nombre de ruche et distance au verger** : 3 ruches (≈ 4 ruches/rucher) dans un rayon de 150 m
- **Autres éléments notables** : P2 milieu ayant tendance à se refermer, présence d'arbres forestier (chêne,...), mare à proximité (P3), plantation de petits fruitiers (P4)

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

*parcelle 2 prospectée

N°6 - VERGER EARL DU HAUT DES BOIS

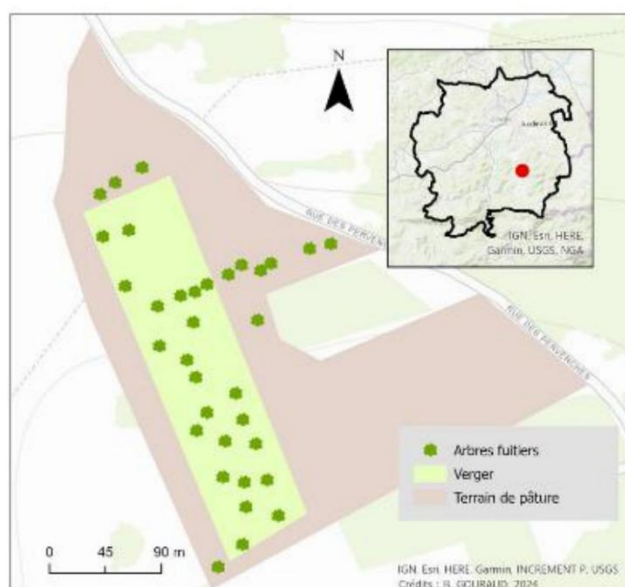


CARACTÉRISTIQUE DU VERGER

COMMUNE	Roche-lès-Blamont
ALTITUDE	560 m
PROPRIÉTAIRE	M. Grosreneau - 0626242865
ACCÈS	?
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	13 minutes (en voiture)

DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Le verger est situé dans une grande pâture de vache. Il est entouré de prairies et de vergers. On trouve également à proximité du tissu urbain et des boisements de feuillus et conifères ainsi que des cultures. Le propriétaire n'a pas encore donné son accord. Il faudra donc compléter cette fiche lors de la première visite de ce verger.



Plan schématique du verger des Hauts du Bois

BILAN :

- **Superficie** : ≈ 1 ha (3 ha de pâture)
- **Nombre d'arbres** : ~ 40 fruitiers
- **Âge** : Vieux
- **Types de fruitiers** : Cerisiers,...
- **Milieux environnants (500 m)*** : prairies, vergers, forêt de feuillus et de conifères, cultures, tissu urbain
- **Type de gestion de la sous-strate** : Pâturage vache
- **Nombre de ruche et distance au verger** : ?
- **Autres éléments notables** : ?

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrain)

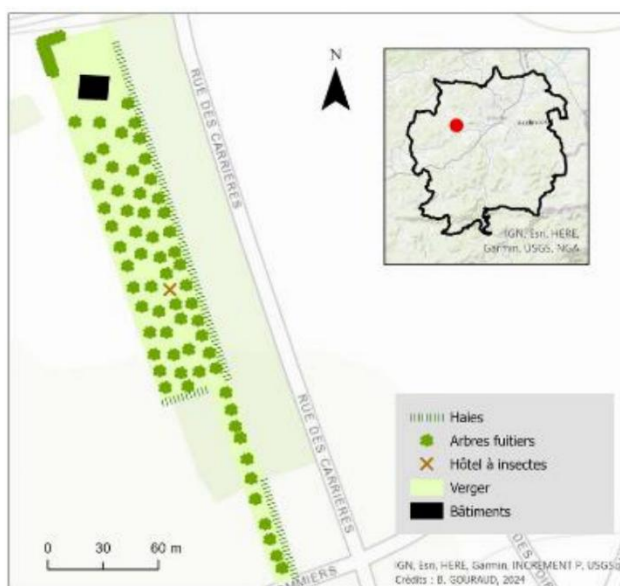
N°7 - VERGER DE BAVANS

CARACTÉRISTIQUE DU VERGER	
COMMUNE	Bavans
ALTITUDE	345 m
PROPRIÉTAIRE	La sauvegarde des fruitiers de Bavans - 0673369899
ACCÈS	?
TEMPS DE TRAJET MOYEN DEPUIS LA DAMASSINE	27 minutes (en voiture)



DESCRIPTION ET REPRÉSENTATION SPATIALE :

Le verger a été planté par l'association de sauvegarde des vergers de Bavans dans un but conservatoire. En effet, le plateau Bavans est une ancienne zone à dominance d'arboriculture fruitière. Suite à l'absence de nouvelles plantations et le manque d'entretien des arbres, les vergers ont décliné. L'association cherche donc à conserver les anciennes variétés dans ce verger et à valoriser le patrimoine fruitier du territoire. Ce verger se situe proche du tissu urbain ce qui influence sans doute les populations de pollinisateurs présents. L'association cherche à favoriser la biodiversité dans le verger avec un hôtel à insectes. Les informations seront à compléter lorsque le verger sera accessible.



Plan schématique du verger de Bavans

BILAN :

- **Superficie** : 0,4 ha
- **Nombre d'arbres** : 80 fruitiers
- **Âge** : Moyen
- **Types de fruitiers** : Cerisier, Pommier, Prunier, Poirier, Châtaigner
- **Milieux environnants (500 m)*** : Cultures (maïs, blé), tissu urbain, prairies, pépinières
- **Type de gestion de la sous-strate** : ?
- **Nombre de ruche et distance au verger** ?
- **Autres éléments notables** : Hôtel à insectes, petits fruitiers, zone historique de vergers

*milieux environnants la parcelle de vergers dans les 500 m (Corinne Land Cover, RPG 2022, observations terrains)

Annexe II : Coordonnées gps (degrés décimaux) des points relevés des vergers

Code quadrat	longitude	latitude
V1H1	6,9051379	47,4707408
V1H2	6,905194	47,470944
V2H1	6,881389	47,471556
V2H2	6,8810104	47,4727236
V3H1	6,9068029	47,4212317
V3H2	6,905306	47,421278
V4H1	6,87775	47,417083
V4H2	6,877028	47,416583
V5H1	6,8297189	47,4408128
V5H2	6,8300132	47,4408225
V6H1	6,8424097	47,4167258
V6H2	6,842806	47,416389
V7H1	6,717333	47,483444
V7H2	6,717639	47,482889

Annexe III : Fiche terrain pour la pose des pièges

N° et nom du verger :

Fiche terrain : pièges colorés

Pose des pièges	
Nombre de pièges en strate herbacée : 0 3 6 ; en strate arborée : 0 3 6	
Date :	
Température :	Humidité :
Vitesse et direction du vent :	Couverture nuageuse (/8) :
Heure dépôt	
<u>Strate herbacée :</u> • Emplacement H1 :h..... • Emplacement H2 :h.....	<u>Strate arborée :</u> • Emplacement A1 :h..... • Emplacement A2 :h.....
Informations sur les emplacements	
<u>Strate herbacée :</u> Emplacement H1 : Espèces en fleur + recouvrement :	Emplacement H2 : Espèces en fleur + recouvrement :
Hauteur strate :	Hauteur strate :
<u>Strate arborée :</u> Emplacement A1 : Espèce fruitière + stade floraison :	Emplacement A2 : Espèces fruitière + stade floraison :
Hauteur piège :	Hauteur piège :

Récupération des pièges	
Date :	
Température :	Humidité :
Vitesse et direction du vent :	Couverture nuageuse (/8) :
Heure récupération	
<u>Strate herbacée :</u> • Emplacement H1 :h..... • Emplacement H2 :h.....	<u>Strate arborée :</u> • Emplacement A1 :h..... • Emplacement A2 :h.....

Code : V1H1B 07/04/25

Annexe IV : Fiche terrain pour la chasse à vue

Fiche chasse à vue

N° et nom du verger :

Date :

Heure :

Météo	
(informations Météo France)	
Température :	Vitesse et direction du vent :
Humidité :	Couverture nuageuse (/8) :

[illegible]

Annexe V : Coefficients de Braun-Blanquet

Coefficient de Braun-Blanquet	Pourcentage de recouvrement
r	Rare
+	Très faible recouvrement
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	>75%

Annexe VI : Liste des clés d'identification utilisées

• Hyménoptères :

- Amiet F, Herrmann M, Müller A, Neumeyer R** (2001) Apidae 3: Halictus, Lasioglossum. Fauna Helvetica 6. Centre suisse de cartographie de la faune : Schweizerische Entomologische Gesellschaft, Neuchâtel, 208
- Amiet F, Müller A, Praz C** (2017) Clé des genres d'abeilles d'Europe centrale. Apidae 1: Allgemeiner Teil, Gattungen, Apis, Bombus = Partie générale, genres, Apis, Bombus, 2e édition revue et corrigée (1e édition: 1996). Fauna Helvetica 29. Centre suisse de cartographie de la faune : Schweizerische Entomologische Gesellschaft, Neuchâtel, pp 141–155
- Berland L** (1999) Atlas des hyménoptères de France, Belgique, Suisse ; Tome I, Tenthredines, parasites porte-aiguillon (Béthylides). Editions Boubée, Paris
- Berland L** (1947) Hyménoptères tenthredoïdes. Faune de France 47. Lechevalier Paul / Librairie de la Faculté des Sciences Paris, Paris VI, France
- Brugerolles Y, Vyghen F, Issertes M, Mahé G** (s. d.) Document de synthèse d'aide à la détermination des femelles bourdons de France continentale (genre Bombus, Hymenoptera Apidae).
- Patiny S, Terzo M** (2010) Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre Andrena de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea). Université de Mons Laboratoire de Zoologie B-7000 Mons
- Pauly A** (2015) Clés illustrées pour l'identification des abeilles de Belgique (Hymenoptera: Apoidea). II. Megachilidae.
- Smit J** (2018) Identification key to the European species of the bee genus Nomada Scopoli, 1770 (Hymenoptera: Apidae), including 23 new species, Museum Witt. Entomofauna Monographs 3, pp 1-253

• Diptères :

- Ackland M, Bentley H, Brighton P** (2017) The British Anthomyiidae. Part 1 (Text). DiptersitsForum
- Cerretti P, Tschorsnig H-P, Lopresti M, Di Giovanni F** (2012) MOSCHweb — a matrix-based interactive key to the genera of the Palaearctic Tachinidae (Insecta, Diptera). ZooKeys **205** : 5–18
- Falk S** (2016) Draft key to British Calliphoridae and Rhinophoridae
- Hackston M** (consulté le 13/06/2025) Mikes Insect Keys. <https://sites.google.com/view/mikes-insect-keys/mikes-insect-keys>
- Marshall SA, Kirk-Spriggs AH, Muller BS, Paiero SM, Yau T, Jackson MD** (2017) Key to Diptera families - adults. 12. South African National Biodiversity Institute, Pretoria. Manual of Afrotropical Diptera **1**: 267–355
- Matile L, Séguy E** (1995) Les Diptères d'Europe occidentale ; Tome II, Biologie, Brachycères Schizophores. Atlas d'entomologie. Editions Boubée, Paris, 381
- Schulten A** (2020) Clé des syrphes de Belgique et des Pays-Bas. Natagora et le Conservatoire d'espaces naturels Nord et du Pas-de-Calais

• Coléoptères :

- Auber L, Boca G** (1976) Atlas des coléoptères de France, Belgique, Suisse ; Tome II, Ténébrions, Taupins, Buprestes, Coccinelles, Longicornes, Chrysomèles, Charançons. Atlas d'entomologie. 4e ed. Editions Boubée, Paris
- Hackston M** (consulté le 13/06/2025) Mikes Insect Keys. <https://sites.google.com/view/mikes-insect-keys/mikes-insect-keys>
- Zagatti P, Guy A** (s. d.) Une clé illustrée des Cetoniidae de France. OPIE Guyancourt

Annexe VII : Indices de Shannon et d'équitabilité de Pielou

Indice	Equation	Information
Indice de diversité de Shannon H	$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln (p_i)$	Cet indice permet de mesurer la diversité spécifique, en prenant en compte l'abondance relative des espèces. - p_i est la proportion de l'espèce i par rapport au nombre total d'individus - S est le nombre total d'espèces
Indice d'équitabilité de Pielou J	$J = \frac{H}{\ln (S)}$	Cet indice permet d'exprimer la répartition des individus entre les espèces. Il est de 0 si une espèce regroupe tous les individus, et de 1 si chaque espèce est représentée par un nombre égal d'individus. - H est l'indice de Shannon - $\ln(S)$ correspond à la valeur de la diversité théorique maximale (aussi notée H_{max})

Annexe VIII : Liste des morpho-espèces identifiées

• Dans les pièges :

morpho-espèce	ordre	espèce validée par un spécialiste	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Total
<i>Lasioglossum malachurum</i>	Hymenoptera	oui	5		36	6		5	7	59
<i>Byturus ochraceus</i>	Coleoptera	non	50							50
<i>Byturus tomentosus</i>	Coleoptera	non	2				33			35
<i>Apis mellifera</i>	Hymenoptera	oui		12	3	9		1	6	31
<i>Anthaxia nitidula</i>	Coleoptera	non	3	4			2		17	26
<i>Anthomyiidae sp. cf. Botanophila 1</i>	Diptera	non	3		10	3	1	4	3	24
<i>Lasioglossum laticeps</i>	Hymenoptera	oui		2	9	7		3	2	23
<i>Sarcophagidae sp. 2</i>	Diptera	non		2	1			13	6	22
<i>Anthomyiidae sp.</i>	Diptera	non	3	3	6			6	2	20
<i>Anthomyiidae sp. cf. Botanophila 2</i>	Diptera	non	7		5			7		19
<i>Hoplocampa testudinea</i>	Hymenoptera	non		1			2	11	4	18
<i>Andrena haemorrhoa</i>	Hymenoptera	oui	3	2	2	6	1		1	15
<i>Musca sp.</i>	Diptera	non		2	1	1	1		8	13
<i>Tachinidae sp. cf. Cyzenis 2</i>	Diptera	non		1		3	6	3		13
<i>Andrena sp. 3</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable		2	1	5		3		11
<i>Andrena subopaca</i>	Hymenoptera	oui	3	1	1	3	1		1	10
<i>Andrena bicolor</i>	Hymenoptera	oui	1		1	3	4			9
<i>Tachinidae sp. cf. Cyzenis 1</i>	Diptera	non		1			7			8
<i>Grammoptera ruficornis</i>	Coleoptera	non					8			8
<i>Hoplocampa minuta</i>	Hymenoptera	non							8	8
<i>Lasioglossum morio</i>	Hymenoptera	oui					2		6	8
<i>Aglaostigma aucupariae</i>	Hymenoptera	non	1	4					2	7
<i>Tachinidae sp. 1</i>	Diptera	non	2	3		1	1			7
<i>Andrena nitida</i>	Hymenoptera	oui	1	3	1		1	1		7
<i>Andrena sp. 12</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	1	2	1		1	1	1	7
<i>Empis sp.</i>	Diptera	oui - <i>Empis</i> non identifiable	5	1					1	7
<i>Andrena fulva</i>	Hymenoptera	oui	1		1		1	4		7
<i>Eristalis pertinax</i>	Diptera	oui		1	1	4				6

<i>Ichneumonidae sp.</i>	Hymenoptera	non	1		1		4			6
<i>Muscidae sp. cf. Eudasyphora</i>	Diptera	non	1		1	1		1	2	6
<i>Osmia bicornis</i>	Hymenoptera	oui	1		1			1	3	6
<i>Andrena lagopus</i>	Hymenoptera	oui			2			3	1	6
<i>Andrena sp. 8</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				6				6
<i>Tachinidae sp. cf. Prosethilla</i>	Diptera	non		5						5
<i>Anthomyiidae sp. cf. Pegoplata</i>	Diptera	non	2		3					5
<i>Empis trigramma</i>	Diptera	oui	2						3	5
<i>Andrena sp. 14</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	1			4				5
<i>Lasioglossum calceatum</i>	Hymenoptera	oui	1		4					5
<i>Rhamphomyia sp. cf. sulcatella</i>	Diptera	oui	1		4					5
<i>Eristalis similis</i>	Diptera	oui			2	2			1	5
<i>Lucilia sp.</i>	Diptera	non				2	3			5
<i>Tachinidae sp. cf. Elodia 2</i>	Diptera	non		4						4
<i>Tachinidae sp. cf. Chetogena</i>	Diptera	non		3				1		4
<i>Andrena gravis</i>	Hymenoptera	oui		2	1	1				4
<i>Andrena sp. 10</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable		1		2	1			4
<i>Tachinidae sp. cf. Lypha</i>	Diptera	non		1		1	1	1		4
<i>Andrena sp. 21</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	1		2			1		4
<i>Anthomyiidae sp. cf. Pegomya</i>	Diptera	non	1		1			2		4
<i>Calliphoridae sp.</i>	Diptera	non	1		1	1			1	4
<i>Muscidae sp. cf. Phaonia</i>	Diptera	non	1			1		1	1	4
<i>Andrena sp. 17</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				4				4
<i>Empis tessellata</i>	Diptera	oui	1	2						3
<i>Macrophya montana</i>	Hymenoptera	non		2					1	3
<i>Sarcophagidae sp. 1</i>	Diptera	non		2					1	3
<i>Tachinidae sp. cf. Eloceria</i>	Diptera	non		2			1			3
<i>Anthomyiidae sp. cf. Hylemya</i>	Diptera	non	1	1				1		3

<i>Muscidae sp. cf. Hebecnema</i>	Diptera	non		1			1		1	3
<i>Tachinidae sp. cf. Loewia</i>	Diptera	non		1				1	1	3
<i>Empis nuntia</i>	Diptera	oui	3							3
<i>Euura myosotidis</i>	Hymenoptera	non	1		1			1		3
<i>Helina sp.</i>	Diptera	non	1						2	3
<i>Rhamphomyia sp.</i>	Diptera	oui - <i>Rhamphomyia</i> non identifiable	1		1				1	3
<i>Andrena flavipes</i>	Hymenoptera	oui			3					3
<i>Andrena sp. 11</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable			1	2				3
<i>Andrena sp. 19</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				2	1			3
<i>Nomada fabriciana</i>	Hymenoptera	oui			2				1	3
<i>Macrophya annulata</i>	Hymenoptera	non		2						2
<i>Myopa sp. cf. polystigma</i>	Diptera	non		2						2
<i>Tenthredo zona</i>	Hymenoptera	non		2						2
<i>Osmia cornuta</i>	Hymenoptera	oui	1	1						2
<i>Andrena sp. 1</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable		1	1					2
<i>Tachinidae sp. cf. Campylocheta</i>	Diptera	non		1		1				2
<i>Malachius bipustulatus</i>	Coleoptera	non	1		1					2
<i>Rhingia campestris</i>	Diptera	oui	1		1					2
<i>Tachinidae sp. cf. Exorista</i>	Diptera	non	1			1				2
<i>Andrena cineraria</i>	Hymenoptera	oui							2	2
<i>Andrena sp. 2</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable			1		1			2
<i>Andrena sp. 20</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable			1			1		2
<i>Anthaxia candens</i>	Coleoptera	oui							2	2
<i>Bombus sensu stricto</i>	Hymenoptera	oui					1	1		2
<i>Macrophya alboannulata</i>	Hymenoptera	non					2			2
<i>Muscidae sp. cf. Phaonia 2</i>	Diptera	non						1	1	2
<i>Muscina sp. cf. levida</i>	Diptera	non					2			2
<i>Myopa sp. cf. buccata</i>	Diptera	non				2				2
<i>Polistes dominula</i>	Hymenoptera	oui			1				1	2

<i>Seladonia tumulorum</i>	Hymenoptera	oui					1	1		2
<i>Tachinidae sp. cf. Bithia</i>	Diptera	non				2				2
<i>Tachinidae sp. cf. Erythroceras</i>	Diptera	non				1		1		2
<i>Andrena mitis</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Andrena sp. 6</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable		1						1
<i>Auplopus sp.</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Blennocampa sp. cf. phyllocolpa</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Colletes cunicularius</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Eristalis arbustorum</i>	Diptera	oui		1						1
<i>Helophilus pendulus</i>	Diptera	oui		1						1
<i>Hoplocampa flava</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Lasioglossum sp. 2</i>	Hymenoptera	oui - <i>Lasioglossum</i> non identifiable		1						1
<i>Melyridae sp. cf. Dasytes cyaneus</i>	Coleoptera	non		1						1
<i>Myopa sp. cf. stigma</i>	Diptera	non		1						1
<i>Neoascia tenur</i>	Diptera	oui		1						1
<i>Oedemera nobilis</i>	Coleoptera	non		1						1
<i>Pieris napi</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Pollenia sp.</i>	Diptera	non		1						1
<i>Priocnemis perturbator</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Rivula sericealis</i>	Lepidoptera	non		1						1
<i>Tachinidae sp. cf. Blondelia</i>	Diptera	non		1						1
<i>Tachinidae sp. cf. Elodia 1</i>	Diptera	non		1						1
<i>Tenthredopsis scutellaris</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Tenthredopsis sordida</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Adela reaumurella</i>	Lepidoptera	non	1							1
<i>Empis lepidopus</i>	Diptera	oui	1							1
<i>Paratenthredo frauenfeldii</i>	Hymenoptera	non	1							1
<i>Sericomyia bombiformis</i>	Diptera	oui	1							1
<i>Andrena helvola</i>	Hymenoptera	oui				1				1
<i>Andrena humilis</i>	Hymenoptera	oui				1				1

<i>Andrena sp. 13</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Andrena sp. 15</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable			1					1
<i>Andrena sp. 16</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Andrena sp. 18</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Andrena sp. 22</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable					1			1
<i>Andrena sp. 23</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Andrena sp. 4</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Andrena sp. 5</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable			1					1
<i>Andrena sp. 9</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable				1				1
<i>Arge ustulata</i>	Hymenoptera	non						1		1
<i>Cetonia aurata</i>	Coleoptera	non							1	1
<i>Dolerinae sp. cf. Dolerus</i>	Hymenoptera	non						1		1
<i>Elateridae sp.</i>	Coleoptera	non					1			1
<i>Empis chioptera</i>	Diptera	oui			1					1
<i>Empria tridens</i>	Hymenoptera	non							1	1
<i>Eristalis horticola</i>	Diptera	oui						1		1
<i>Eristalis nemorum</i>	Diptera	oui						1		1
<i>Ferdinandea cuprea</i>	Diptera	oui				1				1
<i>Lasioglossum marginatum</i>	Hymenoptera	oui							1	1
<i>Lasioglossum sp. 1</i>	Hymenoptera	oui - <i>Lasioglossum</i> non identifiable							1	1
<i>Lasioglossum subhirtum</i>	Hymenoptera	oui				1				1
<i>Lispocephala brachialis</i>	Diptera	non					1			1
<i>Macrophya albicincta</i>	Hymenoptera	non					1			1
<i>Monophadnus sp.</i>	Hymenoptera	non							1	1
<i>Mordella sp.</i>	Coleoptera	non							1	1
<i>Mordellochroa abdominalis</i>	Coleoptera	non					1			1
<i>Muscidae sp. cf. Coenosia</i>	Diptera	non			1					1
<i>Muscidae sp. cf. Thricops</i>	Diptera	non			1					1

<i>Pollenia sp. cf. amentaria</i>	Diptera	non						1		1
<i>Pollenia sp. cf. rudis</i>	Diptera	non					1			1
<i>Pristiphora sp.</i>	Hymenoptera	non							1	1
<i>Pyrausta despicata</i>	Lepidoptera	non							1	1
<i>Tachinidae sp. cf. Bactromyia</i>	Diptera	non					1			1
<i>Tachinidae sp. cf. Billaea</i>	Diptera	non							1	1
<i>Tachinidae sp. cf. Masistylum</i>	Diptera	non					1			1
<i>Tenthredinidae sp. cf. Endelomyia</i>	Hymenoptera	non							1	1
<i>Thricops sp. cf. nigrifrons</i>	Diptera	non							1	1

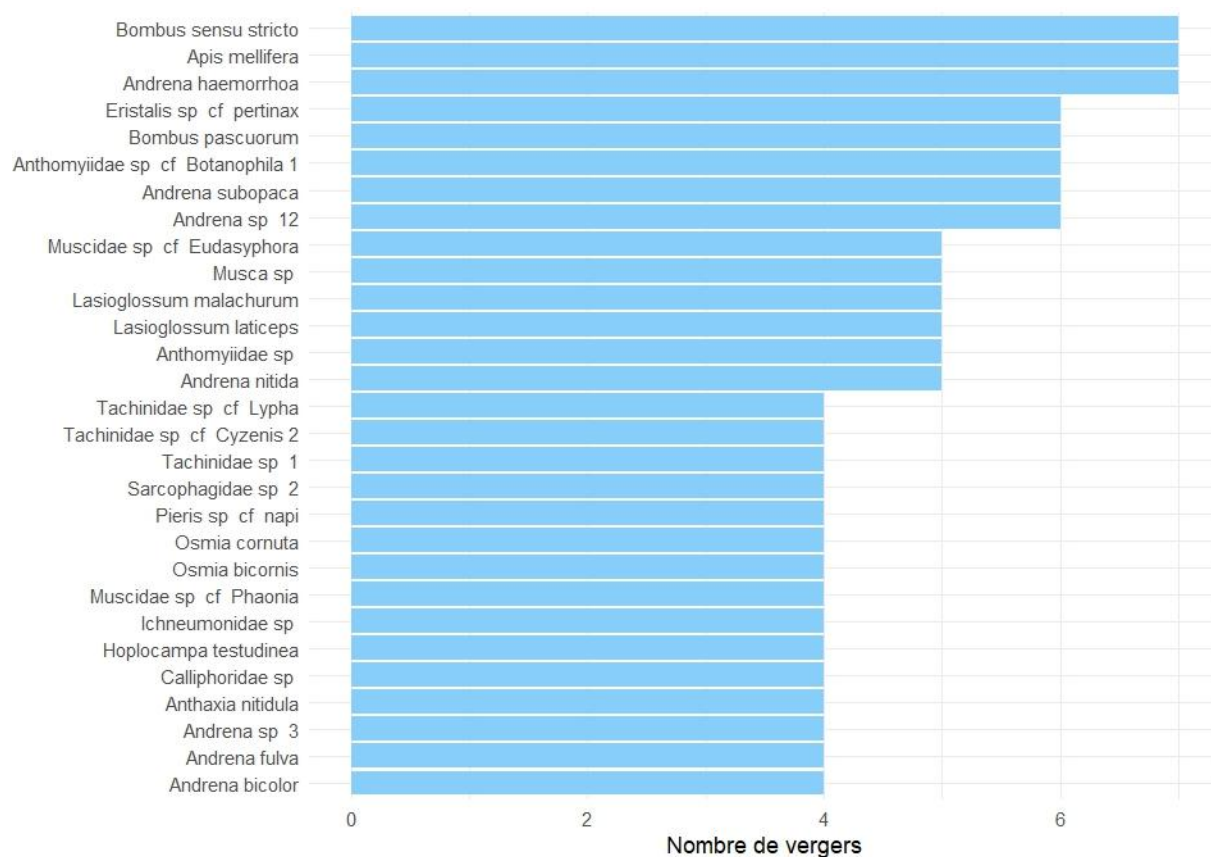
• Lors des sorties terrain :

morpho-espèce	ordre	espèce validée par un spécialiste	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Total
<i>Apis mellifera</i>	Hymenoptera	oui	64	5	76	50	13	75	69	352
<i>Eristalis sp. cf. pertinax</i>	Diptera	8 captures validées <i>Eristalis pertinax</i>	8	15	54	11		27	1	115
<i>Osmia cornuta</i>	Hymenoptera	oui	92		1				7	100
<i>Colletes cunicularius</i>	Hymenoptera	oui				58				58
<i>Byturus ochraceus</i>	Coleoptera	non	50							50
<i>Bombus sensu stricto</i>	Hymenoptera	3 captures validées <i>Bombus terrestris</i>	5	3	6	4	4	5	2	27
<i>Coleoptera sp. 1</i>	Coleoptera	non						25		25
<i>Euclidia glyphica</i>	Lepidoptera	oui		25						25
<i>Andrena haemorrhoa</i>	Hymenoptera	oui	4		4		1	8	4	20
<i>Bombus pascuorum</i>	Hymenoptera	oui	2	5	1	5		1	4	17
<i>Pieris sp. cf. napi</i>	Lepidoptera	non	9	2			1		3	15
<i>Chelostoma florisomne</i>	Hymenoptera	oui	13							13
<i>Epirrhoe alternata</i>	Lepidoptera	oui		1		1			8	10

<i>Bombyliidae sp.</i>	Diptera	non		4				1		5
<i>Osmia bicornis</i>	Hymenoptera	oui	4						1	5
<i>Syrphidae sp. 1</i>	Diptera	non				2		2		4
<i>Adscita statices</i>	Lepidoptera	oui		4						4
<i>Andrena fulva</i>	Hymenoptera	oui	4							4
<i>Andrena sp. 24</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	4							4
<i>Andrena sp. 8</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	4							4
<i>Byturus tomentosus</i>	Coleoptera	non					4			4
<i>Crambus lathoniellus</i>	Lepidoptera	oui		4						4
<i>Eucera longicornis</i>	Hymenoptera	oui				4				4
<i>Grammoptera ruficornis</i>	Coleoptera	non					4			4
<i>Leptidea sinapis agg.</i>	Lepidoptera	oui		1	1	1				3
<i>Xylocopa sp.</i>	Hymenoptera	non	1						2	3
<i>Aglais io</i>	Lepidoptera	oui		1	1					2
<i>Andrena lagopus</i>	Hymenoptera	non						2		2
<i>Bombus sylvarum</i>	Hymenoptera	oui	1	1						2
<i>Ematurga atomaria</i>	Lepidoptera	oui		1		1				2
<i>Polyommatus icarus</i>	Lepidoptera	oui		1		1				2
<i>Aglais urticae</i>	Lepidoptera	oui			1					1
<i>Andrena cineraria</i>	Hymenoptera	oui	1							1
<i>Andrena rufula</i>	Hymenoptera	oui	1							1
<i>Andrena sp. 2</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable						1		1
<i>Andrena sp. 5</i>	Hymenoptera	oui - <i>Andrena</i> non identifiable	1							1
<i>Anthocharis cardamines</i>	Lepidoptera	non				1				1
<i>Bibionidae sp.</i>	Diptera	non							1	1
<i>Bombus campestris</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Bombus lapidarius</i>	Hymenoptera	oui	1							1
<i>Bombus sylvestris</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Bombylius cinerascens</i>	Diptera	oui	1							1

<i>Bombylius venosus</i>	Diptera	oui				1				1
<i>Cauchas rufimitrella</i>	Lepidoptera	non							1	1
<i>Celypha lacunana</i>	Lepidoptera	non							1	1
<i>Cetonia aurata</i>	Coleoptera	non	1							1
<i>Chiasmia clathrata</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Coleoptera sp. 2</i>	Coleoptera	non							1	1
<i>Dolerinae sp. cf. Dolerus</i>	Hymenoptera	non		1						1
<i>Elateridae sp.</i>	Coleoptera	non				1				1
<i>Epistrophe nitidicollis</i>	Diptera	oui		1						1
<i>Erebidae sp.</i>	Lepidoptera	non		1						1
<i>Erynnis tages</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Eupeodes corollae</i>	Diptera	oui							1	1
<i>Halictus simplex agg.</i>	Hymenoptera	oui		1						1
<i>Ichneumonidae sp.</i>	Hymenoptera	non				1				1
<i>Lasioglossum malachurum</i>	Hymenoptera	oui			1					1
<i>Lycaena tityrus</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Mordella sp.</i>	Coleoptera	non		1						1
<i>Myathropa florea</i>	Diptera	oui						1		1
<i>Nomada bifasciata</i>	Hymenoptera	oui				1				1
<i>Paratenthredo frauenfeldii</i>	Hymenoptera	non	1							1
<i>Phragmatobia fuliginosa</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Polistes dominula</i>	Hymenoptera	non							1	1
<i>Polyommatus semiargus</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Pyrausta aurata</i>	Lepidoptera	oui		1						1
<i>Rhingia campestris</i>	Diptera	oui			1					1
<i>Syrphidae sp. 2</i>	Diptera	non						1		1
<i>Syrphidae sp. 3</i>	Diptera	non							1	1

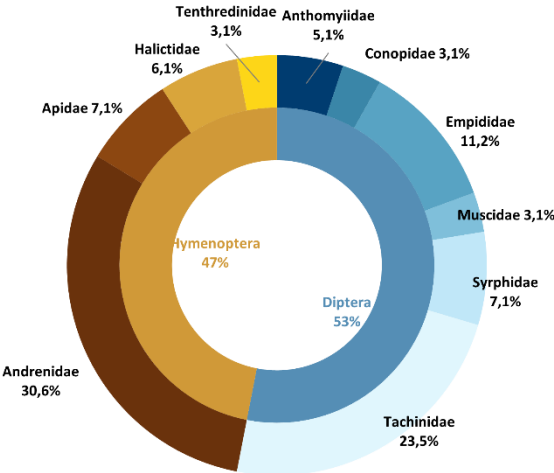
Annexe IX : Morpho espèces partagées par 4 vergers ou plus, toutes méthodes confondues



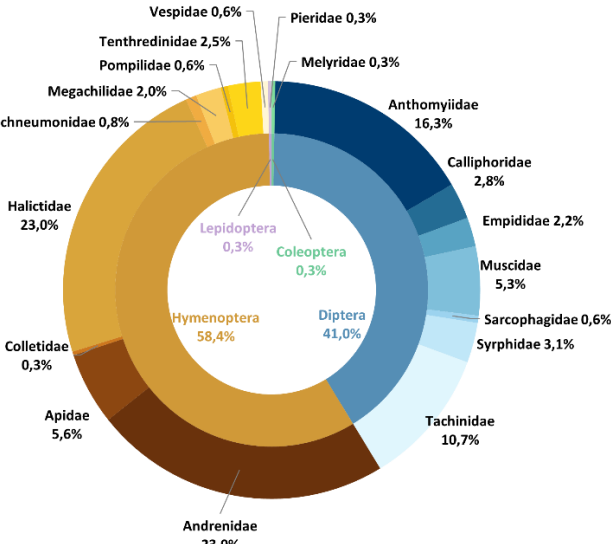
Annexe X : Pourcentage de chaque famille de pollinisateurs (selon le nombre d'individus n) présentes dans les pièges placés dans les fruitiers et en strate herbacée à la même période

Période 1 : 31 mars au 11 avril 2025

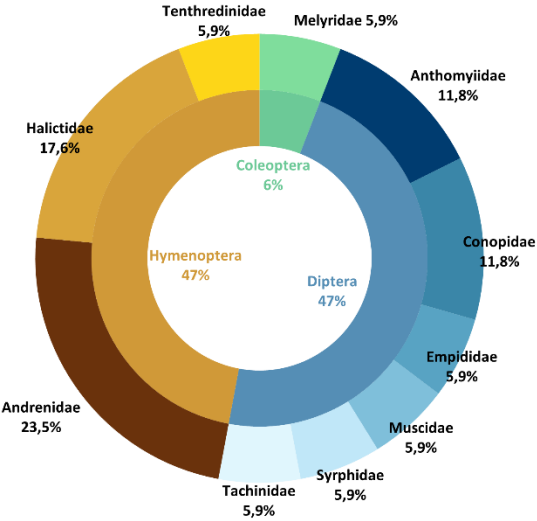
Cerisier (n=98 ; 8 pièges) :



Strate herbacée (n=356 ; 26 pièges) :

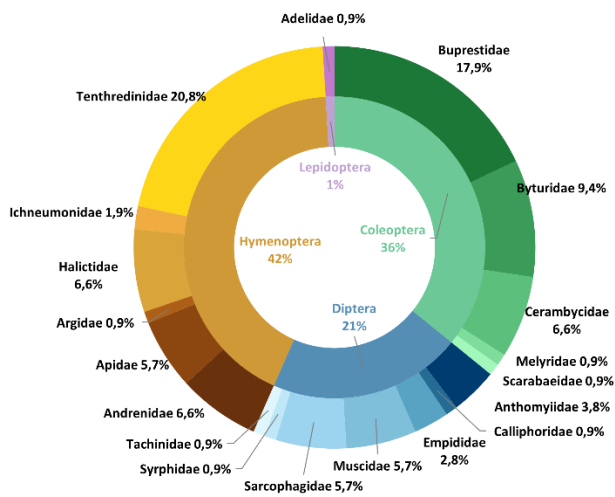


Poirier (n=17 ; 2 pièges) :

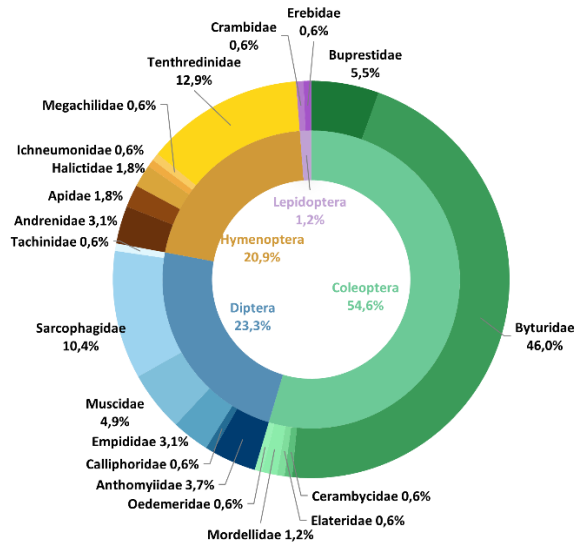


Périodes 2 et 3 : 28 avril au 15 mai

Pommier (n=107 ; 7 pièges) :

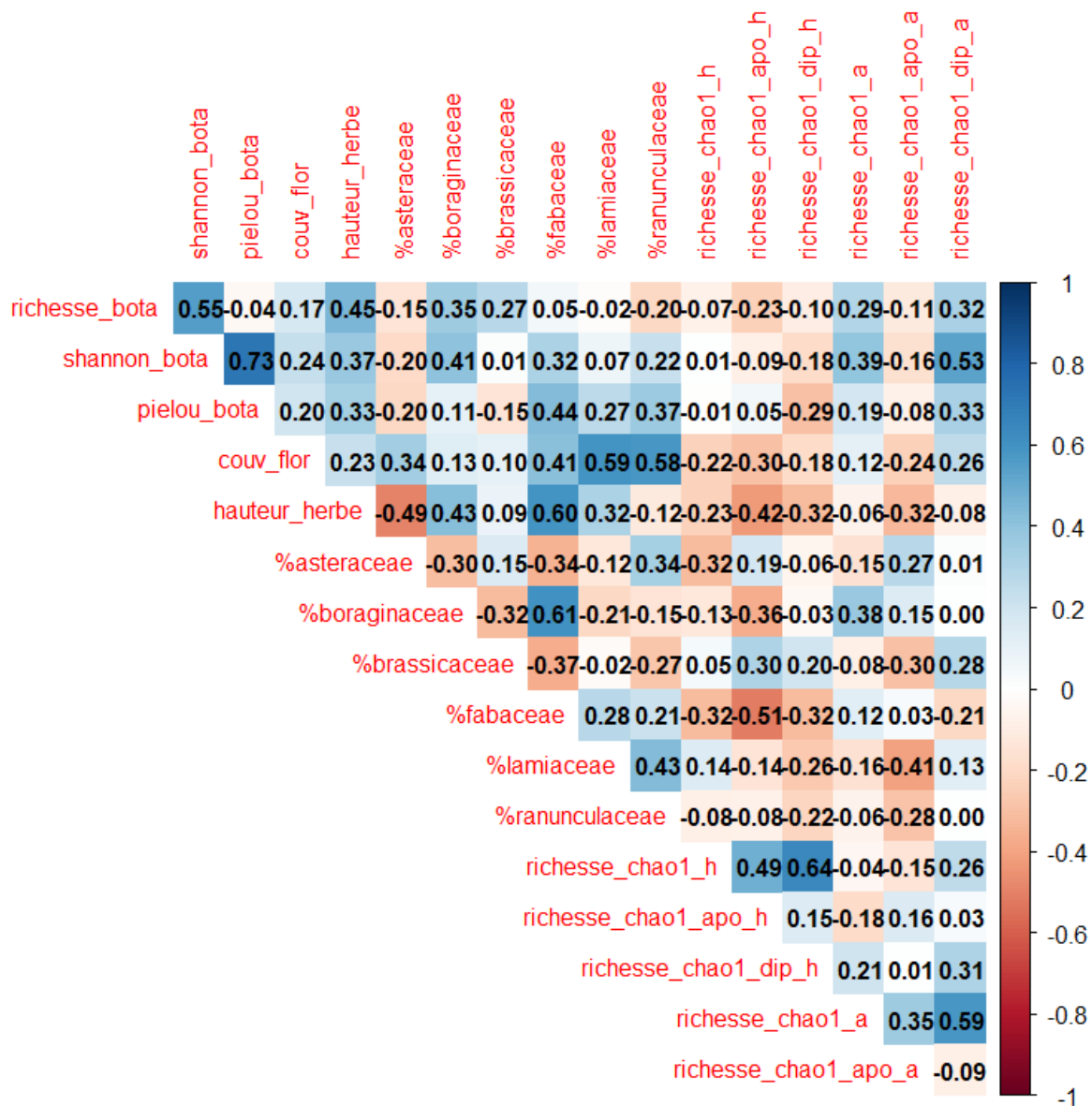


Strate herbacée (n= 163 ; 11 pièges) :



* genre *Byturus* (Byturidae) abondant sur *Taraxacum* et *Ranunculus*.

Annexe XI : Coefficients de corrélation de Spearman entre les paramètres de la strate herbacée et les richesses estimées en pollinisateurs



Paramètres de la strate herbacée : *richesse_bota* : richesse spécifique en espèces végétales, *shannon_bota* : indice de Shannon des espèces végétales, *pielou_bota* : indice d'équitabilité de Piélou des espèces végétales, *couv_flor* : couverture florale au moment de la pose des pièges, *%asteraceae* : pourcentage des astéracées dans la couverture florale au moment de la pose des pièges (de même pour les autres familles florales).

Paramètres des pollinisateurs : *richesse_chao1_h* : richesse estimée en pollinisateurs en strate herbacée, *richesse_chao1_apo_h* : richesse estimée en Apoïdes en strate herbacée, *richesse_chao1_dip_h* : richesse estimée en Diptères en strate herbacée, *richesse_chao1_a* : richesse estimée en pollinisateurs en strate arborée, *richesse_chao1_apo_a* : richesse estimée en Apoïdes en strate arborée, *richesse_chao1_dip_a* : richesse estimée en Diptères en strate arborée.

	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Agronome Spécialisation / option : Génie de l'environnement / Préservation et aménagement des milieux et écologie quantitative Enseignant référent : Manuel Plantegenest	
Auteur(s) : Anaëlle Mariage Date de naissance : 20/01/2001		Organisme d'accueil : Vergers Vivants Adresse : La Damassine, 23 rue des Aiges 25230, Vandoncourt
Nb pages : 30 Annexe(s) : 11		Maître de stage : Régis HUET
Année de soutenance : 2025		
Titre français : Etude de l'impact des caractéristiques de la strate herbacée sur les communautés d'insectes pollinisateurs en verger de haute-tige		
Titre anglais : Study of the impact of herbaceous stratum characteristics on insect pollinator communities in traditional orchards		
Résumé : Le projet d'étude sur les pollinisateurs des vergers traditionnels du Nord Franche-Comté s'étend sur trois ans et les premiers inventaires entomologiques ont été réalisés dans le cadre de ce stage. Une première étude bibliographique a montré que les connaissances actuelles sur le sujet restent limitées. Les relevés en insectes pollinisateurs ont été effectués dans sept vergers de Pays Montbéliard Agglomération (25), avec une gestion en fauche ou en pâture. Les analyses ont eu pour objectif de mettre en relation les paramètres de la strate herbacée des différents vergers avec les communautés de pollinisateurs au sol et dans les fruitiers. Les relevés (mars - mai 2025) ont été réalisés par piégeage et chasse. Les résultats montrent une différence dans les communautés de pollinisateurs selon la strate au sein des vergers, et selon la période. En majorité, des Apoïdes sociaux ont été observés à butiner les fruitiers, mais également des fleurs de la strate herbacée, qui offrent une ressource florale variée. Les observations ont aussi montré la présence de familles de pollinisateurs peu étudiés (notamment parmi les Diptères et les Coléoptères). L'étude montre une corrélation positive entre diversité florale et gestion en fauche tardive, ainsi qu'une augmentation de la couverture florale au fil de la saison. Les premières analyses, limitées à une saison, suggèrent qu'en strate herbacée la richesse en pollinisateurs augmenterait avec la diversité végétale. Les Apoïdes suivent la même tendance, contrairement aux Diptères. En strate arborée, les résultats restent peu interprétables.		
Abstract : The study project on pollinators in traditional orchards in northern Franche-Comté is planned to last three years, and the first entomological inventories were carried out as part of this internship. An initial literature review showed that current knowledge on the subject remains limited. Pollinator surveys were conducted in seven orchards in Pays Montbéliard Agglomération (Doubs, France), which are managed by mowing or grazing. The aim of the analyses was to establish a link between the characteristics of the herb layer of the different orchards and the pollinator communities on the ground and in the fruit trees. The surveys (March-May 2025) were carried out using traps and netting. The results show a difference in pollinator communities depending on the layer within the orchards and the period. Mostly social Apoïdes were observed foraging on fruit trees, but also on flowers in the herbaceous stratum, which offer a varied floral resource. Observations also showed the presence of little-studied pollinator families (particularly among Diptera and Coleoptera). The study shows a positive correlation between floral diversity and late mowing management, as well as an increase in floral cover over the course of the season. Initial analyses, limited to one season, suggest that pollinator richness in the herbaceous stratum increases with plant diversity. Apoïdes follow the same trend, unlike Diptera. In the tree stratum, the results remain difficult to interpret.		
Mots-clés : insectes, pollinisateurs, vergers traditionnels, réseau de pollinisation, strate herbacée, strate arborée, fauche, pâture, pommiers, cerisiers, poiriers.		
Key Words: insects, pollinators, traditional orchards, pollination network, herbaceous stratum, tree stratum, mowing, grazing, apple trees, cherry trees, pear trees.		