École Supérieure d'Agricultures d'Angers
55 rue Rabelais 49007 ANGERS

INRAE
616 rue Norbert Gerbier 49070 Beaucouzé
Catherine Bernard
Frédérique Didelot

Des vergers de pommiers plus vivants : quels leviers pour favoriser la biodiversité utile ?



Nature du condensé : Condensé A.V.S

Titre du mémoire : Influence des pratiques culturales et des structures agroécologiques sur la biodiversité des vergers de pommiers

Nom de l'étudiant : Alexandre Malka
Élève-ingénieur ESA – Promotion 124
Patronne de mémoire : Nathalie Cassagne

Date : 01/10/2026

Nature du condensé choisi

Ce condensé prend la forme d'un article de vulgarisation scientifique. Ce choix est adapté au sujet du mémoire, car l'objectif n'est pas de reprendre l'ensemble du rapport de manière académique, mais de rendre accessibles les principaux résultats à un public large.

L'étude porte sur la biodiversité dans les vergers de pommiers, un sujet qui mobilise des notions parfois techniques : groupes fonctionnels, auxiliaires, ravageurs, richesse végétale, floraison, éléments semi-naturels, IFT. L'objectif de l'article est donc de traduire ces notions en messages simples, compréhensibles par des lecteurs non spécialistes, tout en conservant une base scientifique rigoureuse.

Le condensé cherche à répondre à une question générale : comment favoriser une biodiversité utile dans les vergers tout en tenant compte des contraintes de production ? Cette question dépasse le seul cadre technique de l'arboriculture, car elle renvoie à des enjeux de société plus larges : réduction de l'usage des produits phytosanitaires, transition agroécologique, préservation des habitats, production alimentaire et place de la biodiversité dans les systèmes agricoles.

Public ciblé

L'article s'adresse principalement à un public large, intéressé par les questions d'agriculture, d'environnement, de biodiversité et de transition écologique : étudiants, citoyens, ou personnes curieuses de comprendre le lien entre pratiques agricoles et biodiversité. L'objectif est donc de montrer clairement que la biodiversité en verger ne dépend pas d'un seul facteur, mais d'une combinaison entre végétation, floraison, pratiques culturales, éléments semi-naturels et dynamique entre ravageurs et auxiliaires.

Dans un second temps, l'article peut aussi être utile à des professionnels — arboriculteurs, techniciens, conseillers agricoles ou acteurs de la filière — en dégageant des pistes concrètes : gestion différenciée de l'inter-rang, maintien d'une floraison étalée, suivi des ravageurs et des auxiliaires, et amélioration de la qualité des haies et habitats semi-naturels.

Supports de publication envisagés

Deux supports de publication peuvent être envisagés : **Sesame – INRAE** et **Infos CTIFL**.

Le support principal retenu est **Sesame – INRAE**, car cette revue correspond bien à une démarche de vulgarisation scientifique destinée à un public large. La revue Sesame, portée par la Mission Agrobiosciences-INRAE, traite des liens entre sciences, société, alimentation, mondes agricoles et environnement. Elle est pensée comme un espace de questionnement, d'ouverture et de mise en débat des connaissances.

Ce positionnement correspond bien au sujet du mémoire, qui interroge la place de la biodiversité dans des systèmes de production agricole soumis à la fois à des contraintes techniques, économiques et environnementales.

Le second support possible est **Infos CTIFL**. Ce support s'adresse davantage aux professionnels de la filière fruits et légumes. Le CTIFL présente Infos CTIFL comme une revue scientifique et technique bimestrielle, diffusant des références techniques, des enquêtes économiques et des connaissances utiles à la filière fruits et légumes. Ce support serait donc pertinent pour viser aussi des professionnels de l'arboriculture.

Style journalistique retenu

Le style choisi est volontairement clair, direct et accessible. L'article ne suit pas strictement le plan classique d'un rapport scientifique. Il commence par l'enjeu général de la biodiversité en verger, puis présente progressivement les observations, les résultats principaux et les pistes de gestion.

Le vocabulaire technique est limité ou expliqué. Les titres sont formulés comme des messages simples, par exemple : "Plus de plantes ne signifie pas toujours plus d'arthropodes", "Les pratiques culturales : des effets difficiles à isoler" ou "Les haies et éléments semi-naturels : utiles, mais pas suffisants seuls". Cette structure permet une lecture accessible aussi bien pour des professionnels du secteur que pour des lecteurs non spécialistes intéressés par ces enjeux.

Ce style est donc approprié à la fois pour une publication dans Sesame ainsi que dans Infos CTIFL.

1. Pourquoi parler de biodiversité dans les vergers ?

Le pommier est une culture exigeante. Les producteurs doivent gérer de nombreux bioagresseurs, comme les pucerons, les psylles, le carpocapse ou certaines maladies. En parallèle, les attentes sociétales augmentent autour de la réduction des produits phytosanitaires, de la préservation de l'environnement et du maintien de la qualité des fruits.

Dans ce contexte, la biodiversité peut devenir un appui. Tous les arthropodes ne jouent pas le même rôle dans le verger. Certains sont des ravageurs, mais d'autres peuvent être utiles.

Le tableau suivant rend compte des différents groupes fonctionnels qui ont été considérés dans cet article. Les auxiliaires spécialistes peuvent participer à la régulation de certains ravageurs. Les généralistes contribuent à l'équilibre général du verger. Les pollinisateurs participent, eux, à la reproduction des plantes.

Ravageurs	Pucerons, psylles, punaises phytophages, tordeuses.
Auxiliaires spécialistes	Coccinelles, syrphes, chrysopes, parasitoïdes.
Auxiliaires généralistes	Carabes, araignées, opilions, forficules, staphylins.
Protecteurs de pucerons	Fourmis
Pollinisateurs	Abeilles, bourdons, syrphes adultes.

L'objectif n'est pas de dire que la biodiversité remplace à elle seule les pratiques de protection du verger. Il s'agit plutôt de comprendre comment certaines pratiques peuvent maintenir ou renforcer des communautés utiles, tout en restant compatibles avec les contraintes de production.

2. Une étude menée dans huit parcelles expérimentales

L'étude a été conduite sur huit parcelles aux modes de conduite et profils contrastés réparties entre deux sites expérimentaux de l'INRAE Angers-Nantes : Bois l'Abbé et la Rétuzière. L'objectif était d'observer si ces différences pouvaient expliquer la présence de certains groupes d'arthropodes.

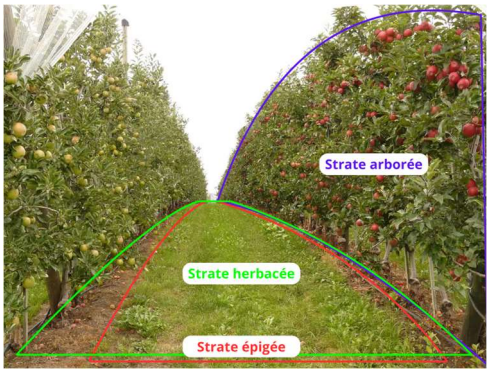


Figure 1 : Schéma des espaces considérés dans un verger

Différentes méthodes ont permis d'identifier la biodiversité des parcelles découpées en trois compartiments. Les pièges Barber ont permis de suivre les organismes vivant dans la strate épigée. Le filet fauchoir a été utilisé dans la strate herbacée. Le parapluie japonais a permis d'observer les arthropodes présents dans la strate arborée. Des relevés floristiques ont aussi été réalisés dans l'inter-rang, pour identifier leur stade : végétatif, fleuri ou en fruit.



Figure 2 : Techniques de relevés de la biodiversité[1234]

[1] Technique du piège Barber
[2] Technique du filet fauchoir
[3] Technique du parapluie japonais
[4] Relevé floristique

3. Plus de plantes ne signifie pas toujours plus d'arthropodes

On pourrait penser qu'une bande enherbée avec plus d'espèces végétales attire automatiquement plus d'arthropodes. Les résultats de l'étude montrent que ce n'est pas aussi simple. Le nombre total d'espèces végétales présentes dans l'inter-rang ne permet pas, à lui seul, d'expliquer clairement la présence des différents groupes d'arthropodes observés dans les vergers.

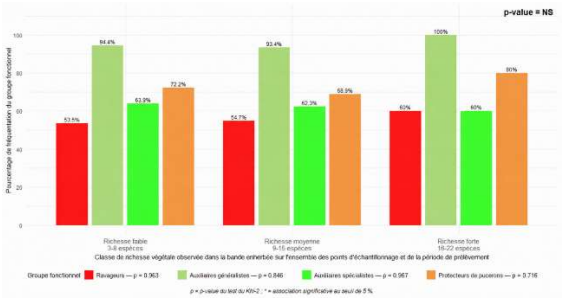


Figure 3 : pourcentage de fréquentation de chaque groupe fonctionnel en fonction des classes de richesse végétale.

Les observations ne montrent pas de différence nette entre les classes de richesse végétale. Autrement dit, une bande enherbée riche en espèces végétales n'attire pas forcément plus de ravageurs, d'auxiliaires ou de protecteurs de pucerons. Ce résultat invite donc à dépasser une idée simple : ce n'est pas uniquement le nombre d'espèces végétales qui compte.

Le stade de la végétation apparaît alors plus parlant, en particulier la floraison. Les espèces végétales en fleurs peuvent fournir du nectar, du pollen, des abris ou favoriser la présence de proies. Elles peuvent donc modifier l'attractivité de l'inter-rang selon les périodes.

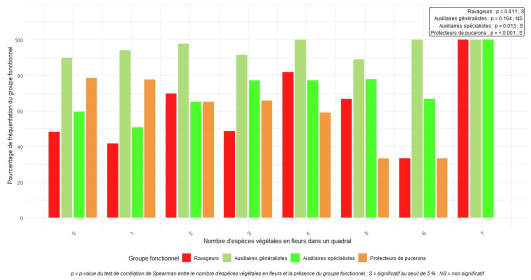


Figure 4 : pourcentage de fréquentation de chaque groupe fonctionnel en fonction du nombre d'espèces végétales en fleurs par quadrat.

Contrairement à la richesse végétale totale, le nombre d'espèces en fleurs ressort comme un indicateur plus utile pour comprendre la fréquentation de certains groupes. Les ravageurs et les auxiliaires spécialistes varient davantage selon les niveaux de floraison. Les protecteurs de pucerons montrent aussi une dynamique liée au nombre d'espèces en fleurs. À l'inverse, les auxiliaires généralistes restent présents de manière plus régulière, même lorsque peu d'espèces sont en fleurs.

Ce résultat est important pour la gestion du verger. La bande enherbée ne doit pas seulement être vue comme une couverture du sol, mais comme une ressource qui évolue au fil du temps. Pour les arthropodes, la question est donc moins : "combien d'espèces végétales sont présentes ?" que : "quelles espèces sont en fleurs, à quel moment, et pendant combien de temps ?" Cela montre l'intérêt de raisonner la gestion de l'inter-rang en fonction de la disponibilité florale, notamment en évitant des fauches trop homogènes ou trop fréquentes.

> *A retenir*
>
> Une bande enherbée riche en espèces végétales n'attire pas automatiquement plus d'arthropodes. La floraison semble être un indicateur plus parlant

4. Les pratiques culturales : des effets difficiles à isoler

Les pratiques de protection du verger peuvent influencer les arthropodes. On pourrait donc s'attendre à observer moins d'insectes dans les parcelles les plus traitées, ou au contraire des communautés très différentes selon le niveau de traitement. Pour tester cette idée, l'étude a comparé l'abondance des grands groupes d'arthropodes avec l'IFT total des parcelles.

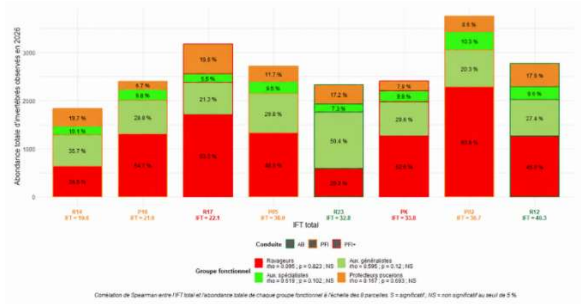


Figure 5 : abondance totale des invertébrés par parcelle en fonction de l'IFT total.

Les résultats montrent des différences visibles entre parcelles. Les ravageurs sont bien représentés dans plusieurs vergers, tandis que certaines parcelles, comme R23 ou R14, se distinguent davantage par la présence d'auxiliaires généralistes. Pourtant, ces différences ne sont pas clairement expliquées par l'IFT total. Le niveau global de traitement ne permet donc pas, à lui seul, de comprendre pourquoi certains groupes sont plus présents dans une parcelle que dans une autre.

Cela ne veut pas dire que les traitements n'ont aucun effet sur la biodiversité. Le résultat montre surtout que l'IFT total est un indicateur trop général. Il additionne des produits très différents : fongicides, insecticides, produits de biocontrôle ou autres interventions. Or, ces produits n'ont pas les mêmes cibles, pas la même durée d'action, pas la même période d'application et pas les mêmes effets possibles sur les ravageurs ou les auxiliaires.

Pour mieux comprendre l'effet réel des pratiques culturales, il faudrait donc aller plus loin que le simple chiffre d'IFT. Il serait nécessaire de regarder le type de produit utilisé.

Cette analyse montre donc que la question ne se résume pas à opposer "traitement" et "absence de traitement". Tous les produits n'ont pas les mêmes effets : certains peuvent être plus ciblés ou moins persistants, tandis que d'autres peuvent présenter un risque plus important pour les arthropodes utiles.

A retenir

Tous les produits n'ont pas les mêmes effets sur les arthropodes

Pour comprendre l'impact réel des pratiques culturales, il faut donc regarder non seulement le nombre de traitements, mais aussi la nature des produits utilisés, leur période d'application et leur effet potentiel sur les auxiliaires.

5. Ravageurs et auxiliaires : ils sont souvent présents en même temps

Les auxiliaires spécialistes, comme les coccinelles, les syrphes, les chrysopes ou certains parasitoïdes, sont souvent associés à la régulation naturelle des ravageurs. Leur présence dans un verger est donc généralement perçue comme un signe positif. Cependant, il ne suffit pas d'observer des auxiliaires pour conclure que les ravageurs diminuent réellement.

Dans cette étude, les ravageurs et les auxiliaires spécialistes ont été comparés au cours du temps. L'objectif était de voir si les auxiliaires étaient présents en même temps que les ravageurs, ou s'ils apparaissaient avant ou après eux.

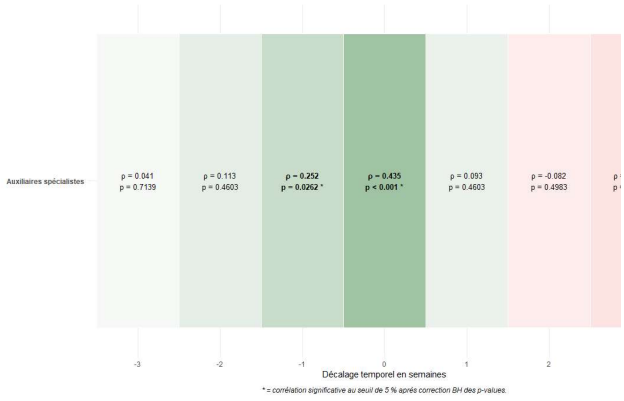


Figure 6 : corrélations entre auxiliaires spécialistes et ravageurs selon le décalage temporel.

Les résultats montrent surtout que les deux groupes sont souvent observés aux mêmes périodes. Cela signifie que lorsque les ravageurs sont présents, les auxiliaires spécialistes le sont souvent aussi. Cette situation peut s'expliquer assez simplement : les auxiliaires ont besoin de proies ou d'hôtes pour s'installer dans le verger. Ils peuvent donc être attirés par la présence des ravageurs.

Une relation est aussi observée lorsque les ravageurs sont présents avant les auxiliaires. Cela suggère que les auxiliaires peuvent arriver en réponse à une ressource déjà disponible. Autrement dit, les ravageurs apparaissent d'abord, puis les auxiliaires peuvent suivre lorsque les conditions deviennent favorables.

En revanche, l'étude ne montre pas clairement une baisse des ravageurs après l'arrivée des auxiliaires. Il faut donc rester prudent : la présence d'auxiliaires est intéressante, mais elle ne prouve pas à elle seule qu'ils contrôlent efficacement les ravageurs.

Le message principal est donc simple : auxiliaires et ravageurs font partie du même équilibre biologique. Observer des auxiliaires dans un verger est encourageant, mais pour savoir s'ils participent réellement à la régulation, il faut suivre les foyers dans le temps. Il est donc important d'observer régulièrement l'évolution des ravageurs, la présence des auxiliaires et l'état des plantes.

6. Les haies et éléments semi-naturels : utiles, mais pas suffisants seuls

Les haies, prairies, bosquets, arbres isolés ou zones herbacées sont souvent présentés comme des milieux favorables à la biodiversité. Dans un verger, ils peuvent servir d'abris, de zones refuges ou de sources de nourriture pour de nombreux arthropodes, notamment certains auxiliaires.

Dans cette étude, ces éléments semi-naturels ont été observés autour des parcelles, dans un rayon de 150 mètres. L'objectif était de voir si les vergers entourés par davantage de haies, prairies ou zones naturelles accueillaient aussi plus d'arthropodes.

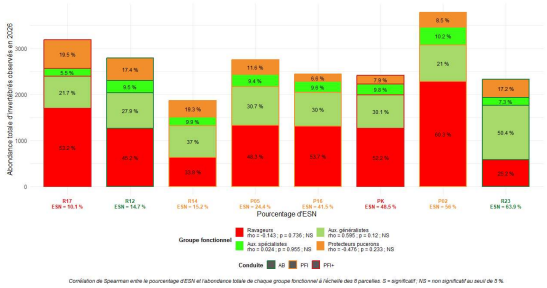


Figure 7 : abondance totale des groupes fonctionnels par parcelle en fonction du pourcentage d'ESN.

Certaines parcelles sont entourées par une proportion importante d'éléments semi-naturels, alors que d'autres en possèdent beaucoup moins. Pourtant, cette différence ne suffit pas à expliquer clairement la présence des arthropodes.

Autrement dit, avoir beaucoup de haies ou de zones semi-naturelles autour d'un verger ne garantit pas automatiquement une plus forte présence d'auxiliaires ou une meilleure biodiversité. Certaines parcelles bien entourées ne sont pas forcément les plus riches en arthropodes, tandis que d'autres parcelles moins entourées peuvent tout de même accueillir des communautés intéressantes.

Cela ne veut pas dire que les haies ou les prairies sont inutiles. Au contraire, elles peuvent jouer un rôle important. Mais leur intérêt dépend aussi de leur qualité. Une haie diversifiée, avec plusieurs essences, des floraisons étalées, des zones refuges et une bonne connexion avec le verger peut être plus utile qu'une grande surface peu favorable à la biodiversité.

Le message principal est donc simple : il ne faut pas seulement regarder la quantité d'éléments semi-naturels autour d'un verger, mais aussi leur qualité. Pour favoriser la biodiversité utile, les haies, les bordures et les zones herbacées doivent être pensées comme de vrais habitats, capables d'apporter des ressources au bon moment et de permettre aux arthropodes de circuler entre les différents milieux.

A retenir

Les haies, prairies et bordures peuvent favoriser la biodiversité, mais leur surface ne suffit pas, leur qualité compte aussi.

Conclusion — Favoriser la biodiversité, c'est piloter autrement le verger

Cette étude montre que la biodiversité en verger de pommiers ne dépend pas d'un seul facteur. La richesse végétale totale, l'IFT ou le pourcentage d'éléments semi-naturels sont des indicateurs utiles, mais ils ne suffisent pas à expliquer seuls la présence des arthropodes. Les résultats montrent plutôt une combinaison d'effets liés à la végétation de l'inter-rang, à la floraison, aux pratiques culturales, au contexte paysager, aux conditions climatiques et aux relations entre ravageurs et auxiliaires.

Pour un producteur, le message principal est donc simple : favoriser la biodiversité ne signifie pas arrêter de gérer le verger. Au contraire, cela suppose de combiner plusieurs approches pour améliorer à la fois la production et la biodiversité fonctionnelle.

Le premier levier concerne la gestion de l'inter-rang. Les résultats indiquent que le nombre d'espèces végétales en fleurs est plus informatif que la richesse végétale totale. Il est donc intéressant de chercher à maintenir des fleurs disponibles au cours de la saison en implantant des bandes fleuries avec des espèces dont les périodes de floraison sont étalées sur plusieurs périodes de l'année. Cela permettrait d'offrir plus régulièrement du nectar, du pollen, des abris ou des ressources indirectes aux auxiliaires.

Un autre levier est de ne pas faucher toute la parcelle au même moment. Une fauche trop homogène peut réduire brutalement les ressources pour les insectes et les priver d'habitat le temps que la végétation spontanée repousse. À l'inverse, une fauche contrôlée, moins systématique, peut permettre de conserver des zones refuges, des ressources florales et des services écosystémiques rendus par les arthropodes des vergers.

Concrètement, plusieurs pratiques peuvent être envisagées : faucher un rang sur deux, laisser temporairement certaines bandes non fauchées ou décaler la fauche en fonction des dates de floraison. Les perspectives du rapport vont dans ce sens, en proposant de comparer la fauche fréquente, la fauche tardive, la fauche alternée, les bandes non fauchées et la gestion différenciée entre rangs.

Le troisième levier concerne les haies et les bordures. Les éléments semi-naturels ne doivent pas être raisonnés uniquement en surface. Leur qualité compte aussi : diversité des essences, floraison, continuité avec le verger, gestion moins brutale des bordures et présence de refuges. Une haie diversifiée, connectée au verger et fleurie à différentes périodes peut être plus intéressante qu'une grande surface peu favorable.

Enfin, le suivi des ravageurs et des auxiliaires doit rester central. La présence d'auxiliaires est encourageante, mais elle ne prouve pas à elle seule que les ravageurs diminuent. Pour mieux piloter le verger, il faut suivre les foyers dans le temps : observer les pucerons, noter la présence de coccinelles, syrphes, chrysopes ou parasitoïdes, puis vérifier si les foyers augmentent, stagnent ou diminuent et adapter les traitements à ces observations.

Au final, la biodiversité n'est pas une solution magique. Elle devient utile lorsqu'elle est intégrée dans une stratégie globale de gestion du verger. En combinant fauche différenciée, floraison étalée, haies de qualité, suivi régulier des foyers et pratiques phytosanitaires raisonnées, il est possible de construire des vergers plus favorables aux auxiliaires, sans perdre de vue les contraintes de production.

Annexe 1 : Sommaire détaillé du MFE

Table des matières

ABREVIATIONS ..... **Erreur ! Signet non défini.**

INTRODUCTION ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.ETAT DE L'ART ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.1 L'HISTORIQUE DE LA CULTURE DE POMME ET LES CONTRAINTES LIEES ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2. MARCHE DE LA POMME ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2.1 Un marché mondial dominé par quelques grands pays producteurs**Erreur ! Signet non défini.**

1.2.2 Un marché mondial spécifique parmi les productions agricoles ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2.3 La place de la France dans le marché européen et mondial ... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2.4 Un marché soumis à des contraintes économiques et climatiques.. **Erreur ! Signet non défini.**

1.3 LE POMMIER ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.1 Description générale ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.2 Description des fleurs et des fruits ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.3 Reproduction ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.4 Cycle de développement ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.5 De la floraison à la formation du fruit..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4. ITINERAIRE TECHNIQUE DU POMMIER..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.1 Architecture du verger, densité et formage des arbres. **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.2 Choix variétal et caractéristiques des variétés ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.3 Les porte-greffes : types et rôles..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.4 Entretien du verger ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.5 Ravageurs et maladies du pommier et gestion phytosanitaire **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.6 Une culture très dépendante des pesticides ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.7 Mise en relation des pratiques culturales, du contexte paysager et des populations d'insectes ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.4.8 Gestion des bioagresseurs du pommier : pesticides et alternatives **Erreur ! Signet non défini.**

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2. MATERIEL ET METHODE ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2 SITES D'ETUDE ET DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2.1 Sites d'expérimentation..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2.2 Echantillonnage à la parcelle ..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2.3 Echantillonnage dans le rang..... **Erreur ! Signet non défini.**

2.2.4 Protocoles de collecte des invertébrés ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.2.5 Relevés floristiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.3 CARACTERISATION DES PRATIQUES CULTURALES .... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4 CARTOGRAPHIE DES ELEMENTS PAYSAGERS ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.5 BASE DE DONNEES BRUTE ET TRANSFORMEE ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.6 CALCUL DES INDICATEURS DE BIODIVERSITE..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.7 TESTS STATISTIQUES ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.8 UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3. RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1 PRESENTATION DES RESULTATS ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.1 Hypothèse 1 : Les pratiques culturales ont un impact sur la présence d'insecte ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.2 Hypothèse 2 : Les présences des ravageurs et des auxiliaires sont corrélées ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.3 Hypothèse 3 : Les infrastructures agroécologiques ont un effet sur l'abondance des arthropodes des vergers. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.4 Hypothèse 4 : La diversité végétale de la bande enherbée influence les populations d'arthropodes des vergers. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.5 Hypothèse 5 : L'effet d'attraction des arthropodes dépend du stade phénologique des espèces végétales de la bande enherbée ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.6 Hypothèse 6 : Les conditions climatiques ont un effet sur la diversité des groupes fonctionnels d'arthropodes des vergers. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.7 Hypothèse 7 : Il existe des différences de fréquentation des arthropodes entre la campagne 2025 et 2026 ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.1.8 Hypothèse 8 : Les parcelles ne se différencient pas selon un seul facteur isolé, mais selon une combinaison de variables liées à la végétation, aux pratiques culturales, au contexte paysager et aux groupes fonctionnels d'arthropodes.... **Erreur ! Signet non défini.**
3.2 ANALYSE ET DISCUSSION ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.3 CRITIQUE DE L'EXPERIMENTATION ..... **Erreur ! Signet non défini.**
3.4 PERSPECTIVES ..... **Erreur ! Signet non défini.**
CONCLUSION ..... **Erreur ! Signet non défini.**
BIBLIOGRAPHIE :.....12
ANNEXES : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 2 : Problématique

La production de pommes est une culture fortement soumise aux bioagresseurs. Les vergers doivent faire face à de nombreux ravageurs et maladies pouvant impacter la qualité des fruits, le rendement et la régularité de production. Historiquement, cette pression a conduit à un recours important aux produits phytosanitaires. Cependant, les objectifs actuels de réduction des intrants, les attentes sociétales et les enjeux environnementaux poussent la filière arboricole à rechercher des systèmes de culture plus économes en pesticides, tout en maintenant une production viable pour les arboriculteurs.

Dans ce contexte, la biodiversité fonctionnelle apparaît comme un levier potentiel. Certains arthropodes présents dans les vergers peuvent en effet jouer un rôle défavorable, comme les ravageurs, tandis que d'autres peuvent être utiles, notamment les auxiliaires généralistes, les auxiliaires spécialistes ou encore les pollinisateurs. La présence de haies, de prairies, de bandes enherbées ou d'autres éléments semi-naturels peut également favoriser certains groupes d'insectes en leur offrant des ressources alimentaires, des abris ou des zones de refuge. Toutefois, l'effet réel de ces éléments dépend de nombreux facteurs : composition floristique, floraison, pratiques de fauche, traitements appliqués, contexte paysager, météo ou encore dynamique temporelle entre ravageurs et auxiliaires.

Le projet Cap Zéro Phyto, dans lequel s'inscrit cette étude, cherche à accompagner la transition vers des vergers plus durables, en combinant différents leviers agronomiques et agroécologiques. L'un des enjeux est donc de mieux comprendre comment les pratiques culturales et les structures agroécologiques influencent la biodiversité observée dans les parcelles. Cette question est importante pour les producteurs, car il ne suffit pas de savoir qu'une haie, une bande enherbée ou une réduction de traitements peut être favorable à la biodiversité. Il faut aussi comprendre dans quelles conditions ces leviers peuvent réellement contribuer à maintenir ou développer une biodiversité utile dans un verger de production.

Cette étude répond donc à une double contrainte. D'une part, une contrainte agronomique : protéger les pommiers et assurer une production de qualité malgré la présence de ravageurs. D'autre part, une contrainte environnementale : réduire la dépendance aux produits phytosanitaires et favoriser des équilibres écologiques plus durables dans les vergers. Pour répondre à ces enjeux, huit parcelles expérimentales de pommiers ont été suivies en 2026 sur deux sites de l'INRAE Angers-Nantes. Les arthropodes ont été observés dans différentes strates du verger, la végétation de l'inter-rang a été relevée, les pratiques culturales ont été caractérisées et les éléments semi-naturels autour des parcelles ont été cartographiés.

La problématique retenue est donc la suivante : quelle est l'influence des pratiques culturales et des structures agroécologiques sur la biodiversité des vergers de pommiers expérimentaux ? Cette formulation permet de relier les objectifs scientifiques de l'étude à une question de terrain : identifier les facteurs qui expliquent la présence des arthropodes dans les vergers, puis dégager des pistes concrètes pour aider les arboriculteurs à piloter la biodiversité de manière plus favorable, notamment par la gestion de l'enherbement, des fauches, des bandes fleuries, des haies et du suivi des ravageurs et auxiliaires.

Annexe 3 : Méthodologie de l'étude générée avec avec gpt-5.6 luna :

ANNEXE 3 — MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Influence des pratiques culturales et des structures agroécologiques sur la biodiversité des vergers de pommiers

1 Contexte / thème

Étude menée en 2026 dans 8 parcelles expérimentales de vergers de pommiers de l'INRAE Angers-Nantes.

Objectif : mieux comprendre les facteurs qui influencent la biodiversité des arthropodes en verger.



2 Problématique

Quelle est l'influence des pratiques culturales et des structures agroécologiques sur la biodiversité des vergers de pommiers expérimentaux ?

3 Hypothèses

- **H1.** La diversité végétale de la bande enherbée influence la richesse et la diversité des arthropodes.
- **H2.** L'attraction des arthropodes dépend du stade phénologique de la végétation.
- **H3.** Les pratiques culturales ont un impact sur la présence des insectes.
- **H4.** La présence des ravageurs et des auxiliaires spécialistes est corrélée.
- **H5.** Les infrastructures agroécologiques influencent la biodiversité des vergers.
- **H6.** Les conditions climatiques influencent la biodiversité des vergers.
- **H7.** Il existe des différences entre les campagnes 2025 et 2026.



4 Méthode : comment la biodiversité a été mesurée ?

A Échantillonnage faunistique



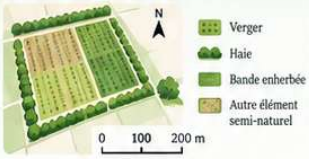
- Pièges Barber : strate épigée
- Filet fauchoir : strate herbacée
- Parapluie japonais : strate arborée

B Relevés floristiques



- Quadrats dans l'inter-rang
- Richesse végétale
- Stade végétatif / fleuri / fruit-graine

C Contexte parcellaire



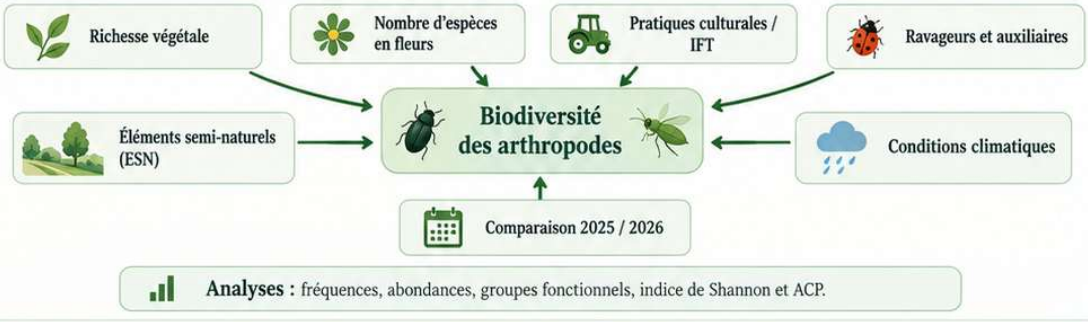
- Pratiques culturales : IFT, traitements, fauchage
- Cartographie des éléments semi-naturels
- Buffer de 150 m autour des parcelles

D Conditions extérieures



- Température
- Pluviométrie
- Suivi au cours du temps

5 À quoi la biodiversité a été comparée ?



Idée clé : la biodiversité en verger résulte d'une combinaison de facteurs agronomiques, floristiques, paysagers et climatiques.

Annexe 4 : bibliographie

Artu--Chaplain, T. (2024). Evaluation de l'impact des pratiques culturales et du contexte paysager sur la biodiversité des vergers expérimentaux de pommiers en Pays de la Loire.

Balouria, A. (2020). Impact of climate change on apples production : World scenario Arundhati and RM Bhagat.

Bangels, E., & Beliëns, T. (2012). Déclin constant des populations de carpocapse des pommes suite à deux années de confusion sexuelle sur pommier : Une étude de cas flamande. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23885433/

Baudin, M. (2024). Cap Zéro Phyto—IRHS. https://irhs.angers-nantes.hub.inrae.fr/recherche/ecologie-evolutive-chez-les-champignons/projets_ecofun/cap-zero-phyto

Bellemain, V., Boquet, K., & Galichet, T. (2017). L'après seconde guerre mondiale. Conseil national de l'alimentation. https://www.cna-alimentation.fr/FriseCNA_30ans/P08.xhtml

Bellerive, G. (2004). ÉCLAIRCISSAGE DES POMMES; UN INCONTOURNABLE.

Bianchi, A., Booij, H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes : A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1634792/

Bishop, G. A., Thijs, F., & Brooke, D. (2023). Hedgerows have contrasting effects on pollinators and natural enemies and limited spillover effects on apple production. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880923000233

Blommers, L. H. M., Helsen, H. H. M., & Vaal, F. W. N. M. (2004). Life history data of the rosy apple aphid Dysaphis plantaginea (Pass.) (Homopt., Aphididae) on plantain and as migrant to apple. https://research.wur.nl/en/publications/life-history-data-of-the-rosy-apple-aphid-dysaphis-plantaginea-pa/

Bourlès, J. (2008). Les porte-greffes du pommier.

Butault, J.-P., Dedryver, C.-A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.-M., Nicot, P. C., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I., & Volay, T. (2010). Écophyto R&D : Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport de l'étude (p. 90 p.) [Report, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer]. https://doi.org/10.15454/r7ae-b824

Cahenzli, F., Sigsgaard, L., & Claudia, D. (2019). Perennial flower strips for pest control in organic apple orchards—A pan-European study. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880919300696

cdn Paris. (2024). CHOISIR SES FORMES FRUITIERES.

Chastaing, S., Muller, R., Casanova, A., & Crombez, J. (2024). Conduite du pommier en agriculture biologique dans le Sud-Ouest. Chambre d'agriculture Nouvelle-Aquitaine.

Chayre, A., & Pointereau, P. (2023). Évaluation de l'usage territorialisé des pesticides en France métropolitaine. Solagro.

Commission européenne. (2022). Learning Guide to Traditional Orchards.

Cornille, A., Giraud, T., Smulders, M. J. M., Roldán-Ruiz, I., & Gladieux, P. (2014). The domestication and evolutionary ecology of apples. Trends in Genetics, 30(2), 57-65. https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.10.002

Cornille, A., Gladieux, P., Smulders, M. J. M., Roldán-Ruiz, I., Laurens, F., Le Cam, B., Nersesyan, A., Clavel, J., Olonova, M., Feugey, L., Gabrielyan, I., Zhang, X.-G., Tenaillon, M. I., & Giraud, T. (2012). New Insight into the History of Domesticated Apple : Secondary Contribution of the European Wild Apple to the Genome of Cultivated Varieties. PLoS Genetics, 8(5), e1002703. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002703

CTIFL. (2022). Mémento fruits & légumes. https://memento.ctifl.fr/fiche/fruits/pomme

Ecuyer, M., & Varone, P.-A. (2021). Insectes Clé de détermination découvrir • observer • déterminer. pro nature. https://www.pronatura.ch/sites/pronatura.ch/files/CdD_Insectes.pdf

Edgington, S. (2025). Ravageurs et maladies du pommier : Identification et gestion. CABI BioProtection Portal. https://bioprotectionportal.com/fr/resources/apple-pests-and-diseases-identification-and-management/

EUROPEAN PARLIAMENT. (2009). Directive 2009/128/EC.

Expertise Scientifique Collective, I. □ C. (2011). Pesticides, agriculture et environnement. Editions Quæ. https://doi.org/10.3917/quae.exper.2011.01

FAO. (2026). Crops and livestock products. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Feu bactérien. (2025). DRAAF. https://draaf.nouvelle-aquitaine.agriculture.gouv.fr/feu-bacterien-a2550.html

Fried, G., Andrade, C., & Villers. (2019). Premiers résultats du réseau Biovigilance 500 ENI sur le suivi des effets non-intentionnels des pratiques agricoles sur la biodiversité. https://hal.inrae.fr/ARINRAE-INNOVAGRO/hal-02392219

Grolleau, J.-C. (2023). Les porte-greffes d'hier et d'aujourd'hui pour le pommier.

Herz, A., Cahenzli, F., Penvern, S., Pfiffner, L., Tasin, M., & Sigsgaard, L. (2019). Managing Floral Resources in Apple Orchards for Pest Control : Ideas, Experiences and Future Directions. Insects, 10(8). https://doi.org/10.3390/insects10080247

Herz, A., Cahenzli, F., Servan, P., & Lukas, P. (2019). Managing Floral Resources in Apple Orchards for Pest Control : Ideas, Experiences and Future Directions. https://www.mdpi.com/2075-4450/10/8/247

Hounkpe-Daho, C. I. (2024). Conduite du verger et maîtrise de la charge du pommier.

IIF. (2023). Conditions d'entreposage frigorifique des fruits et légumes. https://iifiir.org/fr/encyclopedie-du-froid/conditions-d-entreposage-frigorifique-des-fruits-et-legumes

INRAE. (2018). Listes des cas de résistances aux produits de protection des plantes détectés en France. INRAE. https://www.r4p-inra.fr/wp-content/uploads/2020/07/Liste-I_Insectes_FR_Jul20.pdf

INRAE. (2025). Pomme—Maladies et ravageurs au verger. https://ephytia.inrae.fr/fr/C/21518/Pomme-Maladies-et-ravageurs-au-verger

INRAE. (2026). Fiches maladies et ravageurs. INRAE. https://ephytia.inrae.fr/fr/C/20842/Pomme-Insectes

Larrieu, J.-F. (2019). FERTILISATION RAISONNÉE EN ARBORICULTURE FRUITIÈRE. https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=146923

Lubello, P. (2020). Les évolutions récentes du marché mondial de la pomme : L'effet régionalisant des contraintes phytosanitaires.

Marcou, N. (2025). Evaluation de l'impact de la conduite culturale et des infrastructures agroécologiques sur la biodiversité des vergers de pommiers.

Markó, V., Zoltán Elek, & Anikó, K.-H. (2017). Landscapes, orchards, pesticides–Abundance of beetles (Coleoptera) in apple orchards along pesticide toxicity and landscape complexity gradients. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917302815

Middleton, S. G. (2008). Developing systems for organic and low input apple production. Horticulture Australia.

Nicolas, J., Gutton, M., & Riaux, N. (2025). Le marché de la pomme en 2024-2025. RNM.

Psylle du pommier. (2022). La clinique des plantes. https://www.cliniquedesplantes.fr/fiches/le-psylle-du-pommier#:~:text=Elles%20se%20nourrissent%20de%20la,feuilles%20sur%20les%20jeunes%20rameaux.

Sédillot, B., & Poullette, B. (2015). Pratiques phytosanitaires en arboriculture.

Simon, S. (2026). Repenser le verger pour produire des fruits sans pesticides. https://www.jardinsdefrance.org/repenser-le-verger-pour-produire-des-fruits-sans-pesticides/

Stratégie Écophyto 2030. (2024). Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire. https://agriculture.gouv.fr/strategie-ecophyto-2030

Tougéron, K., Ferrais, L., Gardin, P., Lateur, M., & Hance, T. (2022). Flower strips increase the control of rosy apple aphids after parasitoid releases in an apple orchard. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aab.12816

Xicluna, P. (2023). Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires (IFT). Ministère de l'agriculture de l'agro-alimentaire et de la souveraineté alimentaire. https://agriculture.gouv.fr/indicateur-de-frequence-de-traitements-phytosanitaires-ift

Yelle, P. E. (2015). E.3-Gestion du sol et du sous-sol – Réseau-pommier. https://reseaupommier.irda.qc.ca/. https://reseaupommier.irda.qc.ca/fiche-pfi/fiche-35/