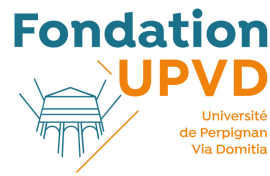




Université
Perpignan
Via Domitia



CHAIRE
AgroLab
BioMed



Université de Perpignan Via Domitia

Master 1re année Biologie, Ecologie, Evolution

Spécialité professionnelle Biodiversité et Développement Durable

SUIVI DE LA POPULATION DE PSYLLE DU PRUNIER (*CACOPSYLLA PRUNI*) ET
ÉVALUATION DE SA PRÉFÉRENCE OLFACTIVE :
ÉTUDE COMPARATIVE DE PIÈGES ENGLUÉS AVEC OU SANS NONADÉCANE
DÉPOSÉ DESSUS DANS LES PYRÉNÉES-ORIENTALES

Falya STEINAUER



Année universitaire 2025 – 2026

Sous la direction de : Rémi ESPERT

Fondation UPVD Chaire AgroLab BioMed,

1 Rue du Musée 66000 PERPIGNAN – tel 04 68 66 22 54

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réussite de ce stage et à l'aboutissement de ce travail de recherche.

Mes premiers remerciements s'adressent à Rémi ESPERT, mon maître de stage et chargé de projet à la chaire AgroLab BioMed, pour sa disponibilité constante, ses conseils éclairés et son soutien indéfectible tout au long de ces trois mois. Son exigence bienveillante et constructive a considérablement élevé la qualité de mon travail.

Je remercie chaleureusement Cédric BERTRAND, responsable de la chaire AgroLab BioMed, qui s'est rendu disponible pour des débriefs réguliers, apportant un regard stratégique et des orientations précieuses à ce projet.

Ma reconnaissance va également à l'équipe pédagogique de l'UPVD : Olivier REY, responsable pédagogique du Master Biodiversité et Développement Durable, Betty FALIEUX et Juliette LANGAND pour leurs conseils avisés, leur suivi attentif et leurs encouragements à creuser toujours plus profondément les aspects scientifiques de cette étude.

Je suis particulièrement reconnaissant envers Nicolas BENNES de la FDGDON 66, qui m'a initié à la problématique de l'Enroulement Chlorotique de l'Abricotier et à la gestion des vergers. Les nombreuses données qu'il m'a fournies ont été déterminantes pour approfondir mon travail et élargir ma compréhension du contexte agronomique local.

Mes remerciements s'étendent à Nathalie COURTHIEU de la SICA CENTREX pour sa présentation de son travail de battage sur les myrobolans et nos échanges enrichissants sur les méthodes de surveillance des psylles.

Une mention spéciale pour Louis PELLET, compagnon de stage, qui est venu m'épauler quasi-hebdomadairement lors des prospections et du changement des plaques. Ses conseils toujours pertinents, ses observations laser et sa bonne humeur ont été un véritable atout pour mener à bien ce protocole exigeant.

Merci également à Camille MERCIER et Alizée COMMANDEUR pour leur participation occasionnelle aux sorties terrain, leurs échanges stimulants et l'excellente ambiance qu'elles ont contribué à créer au sein de notre groupe de stagiaires.

Cette expérience de stage m'a non seulement permis d'acquérir des compétences techniques et scientifiques solides, mais aussi de découvrir la richesse du travail collaboratif en recherche appliquée. Merci à toutes et tous pour cette aventure humaine et scientifique exceptionnelle.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
II. MATÉRIEL ET MÉTHODES	6
1. Sites d'études	6
2. Pièges englués	8
3. Relevés et identification	9
4. Données météorologiques	10
5. Logiciels utilisés	10
6. Analyses statistiques	11
III. RÉSULTATS	11
1. Dynamique de la population de <i>Cacopsylla pruni</i>	11
2. Effets des facteurs expérimentaux sur l'efficacité de piégeage	13
a. Effet du nonadécane sur l'attractivité des pièges	13
b. Effet du stade phénologique des prunelliers hôtes	13
c. Effet de l'hétérogénéité spatiale locale (effet point)	14
d. Effet de la zone géographique	15
e. Analyse des interactions entre facteurs	16
3. Influence des facteurs météorologiques sur la dynamique des captures	16
a. Caractérisation des conditions météorologiques générales	16
b. Relations entre conditions météorologiques et captures avec décalage temporel ...	17
IV. DISCUSSION	18
1. Dynamique de la population de <i>Cacopsylla pruni</i>	18
a. Structuration spatiale et corridors migratoires	19
b. Hétérogénéité microlocale et facteurs anthropiques	19
c. Phénomène d'agrégation comportementale	19
2. Absence d'effet attractif du nonadécane	20
3. Rôle central des conditions thermiques et interactions météo-phénologiques	21
a. Interactions météo-phénologie et variabilité inter-annuelle	21
b. Effet de l'exposition à la tramontane	21
4. Limites méthodologiques de l'étude	21
a. Optimisation du protocole chimique	21
b. Sélectivité et interférences non-cibles	22
c. Représentativité spatiale du dispositif	22
d. Facteurs confondants et variabilité des supports	22
5. Perspective d'amélioration et recherches futures	22
a. Extension géographique et diversification des habitats	22
b. Optimisation des supports de piégeage et attractifs visuels	23
c. Identification de phéromones spécifiques	23
V. CONCLUSION	23
VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Carte représentant l'atteinte en ECA (en %) des communes des PO en 2025.	1
Figure 2 : Photo d'un des premiers symptômes visibles de l'ECA	2
Figure 3 : Morphologie de <i>Cacopsylla pruni</i>	3
Figure 4 : Cycle biologique de <i>Cacopsylla pruni</i>	4
Figure 5 : Mode de transmission du phytoplasme par <i>Cacopsylla pruni</i>	4
Figure 6 : Carte de localisation des sites de suivi de <i>Cacopsylla pruni</i> dans les PO.....	7
Figure 7 : Installation des pièges englués chromatiques.....	8
Figure 8 : Étape de la pose, du suivi et de l'identification des psylles	9
Figure 9 : Principaux stades phénologiques observés au cours du suivi.	10
Figure 10 : Évolution temporelle des captures totales de <i>Cacopsylla pruni</i> selon la zone sur les pièges englués.....	12
Figure 11 : Distribution de la variabilité du nombre de <i>Cacopsylla pruni</i> par plaques par semaine en fonction de s' ils sont agrégés ou isolés.....	12
Figure 12 : Distribution des captures de <i>Cacopsylla pruni</i> selon la présence de nonadécane sur les pièges englués.....	13
Figure 13 : Distribution des captures totales de <i>Cacopsylla pruni</i> selon le stade phénologique des prunelliers hôtes (<i>Prunus spinosa</i>).	14
Figure 14 : Distribution des captures de <i>Cacopsylla pruni</i> par point de piégeage dans les trois zones d'étude	15
Figure 15 : Distribution des captures de <i>Cacopsylla pruni</i> selon les trois zones géographiques d'étude	15
Figure 16 : Diagramme ombrothermique des trois zones d'étude.....	16
Figure 17 : Relation entre les captures hebdomadaires de <i>Cacopsylla pruni</i> (semaine N) et la température moyenne de la semaine précédente (semaine N-1).....	17
Figure 18 : Captures de <i>Cacopsylla pruni</i> selon l'exposition à la tramontane.....	18
Figure 19 : Carte 3D du département.....	19

I. INTRODUCTION

Contexte socio-économique et enjeux sanitaires en arboriculture dans les Pyrénées - Orientales:

Le département des Pyrénées-Orientales est fortement spécialisé en arboriculture fruitière méditerranéenne. Parmi les productions majeures, l'abricotier, *Prunus armeniaca* (Linnaeus, 1753) occupe une place centrale avec environ 1 500 hectares cultivés (Agreste, 2025), soit près de 20 % des surfaces fruitières départementales.

Cette spécialisation rend toutefois la filière particulièrement vulnérable aux aléas climatiques et aux pressions sanitaires. La pérennité des vergers dépend d'un équilibre fragile entre qualité du matériel végétal, gestion des bioagresseurs et raisonnement des interventions phytosanitaires. Dans un contexte de réduction des intrants, la maîtrise des maladies transmises par des insectes vecteurs constitue un enjeu majeur.

Parmi elles, l'Enroulement Chlorotique de l'Abricotier (ECA) représente aujourd'hui l'une des principales préoccupations sanitaires du département. La maladie touche en moyenne 1 à 2 % des vergers en agriculture conventionnelle, contre plus de 7 % en agriculture biologique, où les moyens de lutte contre le vecteur sont limités. À l'échelle départementale, cela correspond à plus de 8 000 arbres affectés chaque année (N. Bennes, *comm. pers.*), engendrant des pertes économiques significatives.

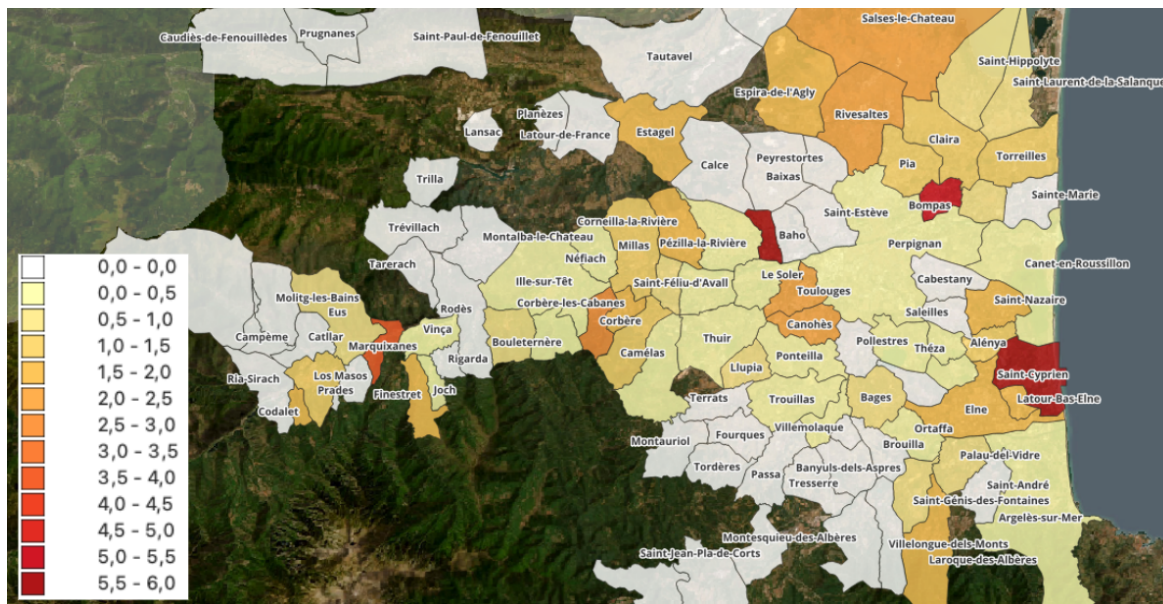


Figure 1 : Carte représentant l'atteinte en ECA (en %) des communes possédant des vergers de *Prunus* dans les PO en 2025 (© Falya STEINAUER via les données de la FDGDON66).

En France, la surveillance et la coordination des mesures de lutte sont assurées par les FDGDON, qui accompagnent les producteurs à travers le suivi des parcelles, l'identification précoce des symptômes et la mise en œuvre de mesures prophylactiques ou réglementaires adaptées.

Contexte de l'étude : Dans les Pyrénées-Orientales, le suivi de l'ECA est historiquement réalisé à la SICA CENTREX de Torreilles (66). Toutefois, ce site littoral est éloigné des zones forestières d'altitude où les adultes de *Cacopsylla pruni* hivernent sur conifères, ce qui peut influencer la dynamique migratoire printanière et le calendrier d'arrivée dans les vergers. Un suivi basé sur un unique site ne permet donc pas de refléter pleinement la variabilité spatiale à l'échelle départementale.

Afin de mieux caractériser ces dynamiques, la Chaire AgroLab BioMed (Université de Perpignan Via Domitia), créée en 2020, a initié en 2025 un suivi spatio-temporel intégrant différents contextes paysagers, du littoral aux zones proches des massifs forestiers.

L'ECA : L'Enroulement Chlorotique de l'Abricotier est causé par le phytoplasme *Candidatus Phytoplasma prunorum* (Seemüller & Schneider, 2004), une bactérie dépourvue de paroi cellulaire. Ce micro-organisme colonise les tissus conducteurs du phloème des plantes hôtes, où il perturbe le transport des assimilats et le fonctionnement physiologique de l'arbre. La maladie affecte principalement l'abricotier, mais peut également concerner d'autres espèces du genre *Prunus*, qui peuvent jouer un rôle dans le maintien et la diffusion de l'agent pathogène au sein des paysages agricoles et semi-naturels.



Figure 2 : Abricotiers en feuille à côté d'arbres en fleur en zone B. Ce débourrement précoce illustre le dérèglement phénologique induit par l'ECA. (© Falya STEINAUER).

L'ECA se manifeste différemment selon la saison. En hiver, le débourrement et la floraison précoce sont les premiers signes annonciateurs. En été, le symptôme le plus caractéristique est un enroulement des feuilles vers la face interne, associé à une chlorose marquée. Ces altérations foliaires s'accompagnent souvent d'une diminution de la fructification et d'un affaiblissement progressif pouvant conduire à la mort de l'arbre (Sauvion, 2012).

En l'absence de traitement curatif contre le phytoplasme, la gestion de l'ECA repose sur des mesures prophylactiques. Celles-ci incluent l'utilisation de matériel végétal certifié, l'interdiction de l'autogreffe, l'arrachage ou la dévitalisation des arbres symptomatiques, ainsi que l'élimination des drageons et repousses pouvant servir de réservoirs d'inoculum (DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes, 2016).

En agriculture conventionnelle, la lutte chimique ciblant le vecteur demeure un levier important (Paleskić et al., 2017). En agriculture biologique, la pulvérisation d'argile blanche est largement utilisée : elle agit comme une barrière physique et visuelle, perturbant la piqûre du vecteur principal du phytoplasme responsable de l'ECA : le psylle du prunier, *Cacopsylla pruni* (Scopoli, 1763) et réduisant ainsi leur capacité à transmettre le phytoplasme. Cette méthode a montré son efficacité pour limiter la transmission de la maladie (Sabaté et al., 2016).

Cacopsylla pruni : Ce petit hémiptère appartient à la famille des *Psyllidae*, un groupe d'insectes piqueurs-suceurs majoritairement inféodés à des plantes hôtes spécifiques, en particulier au sein des *Rosaceae*. L'adulte mesure environ 2,5 à 3 mm de long ; il présente de courtes antennes filiformes et deux paires d'ailes membraneuses, translucides brunâtres.



Figure 3 : Morphologie de *Cacopsylla pruni*.

À gauche : vue de deux individus adultes (© Rémi Espert).

À droite : individu adulte en train de se nourrir sur une feuille (© C. Quintin).

Cacopsylla pruni est une espèce oligophage, il ne se nourrit que de sève d'arbre du genre *Prunus* (abricotier, prunier, pêcher, prunellier). Son cycle biologique est étroitement lié à la phénologie de ses plantes hôtes. L'espèce est univoltine et migratrice. La reproduction et le développement larvaire ont lieu sur des espèces du genre *Prunus*, tandis que l'hivernage s'effectue sur des Conifères.

À la fin de l'hiver, les adultes hivernants quittent les conifères pour regagner les *Prunus*, où ont lieu l'accouplement, la ponte puis leur mort. Les larves éclosent en mars, passent par cinq stades nymphaux et deviennent adultes entre mai et juin. Les adultes de nouvelle génération migrent ensuite vers les conifères (pins, épicéas) pour entrer en diapause hivernale.

Le développement larvaire ne peut s'accomplir sur conifères : leur sève, dépourvue de sorbitol et riche en composés comme l'acide quinique et le pinitol, est défavorable à la croissance. (Gallinger & Gross, 2018).

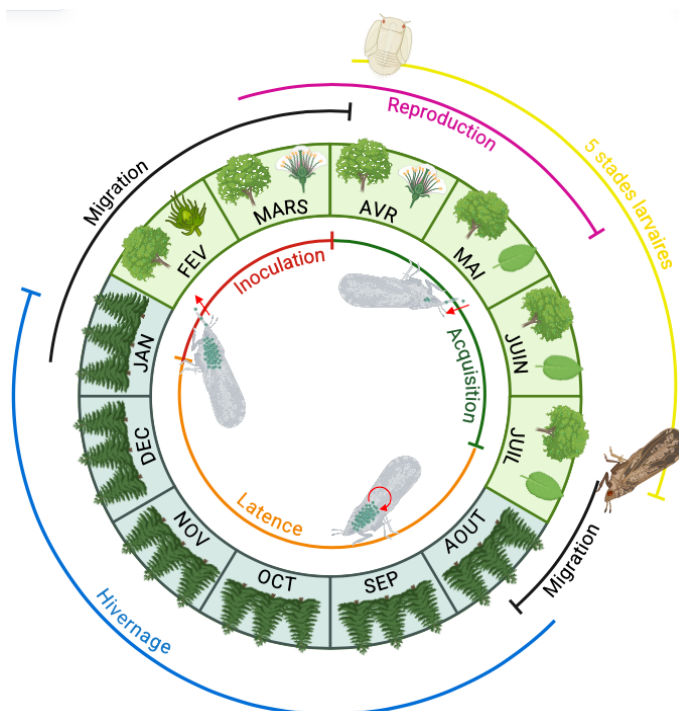


Figure 4 : Cycle biologique de *Cacopsylla pruni* en lien avec son hôte et la transmission du phytoplasme *Candidatus Phytoplasma prunorum* responsable de l'ECA.

Flèches extérieures : Cycle de vie de *Cacopsylla pruni*.

Roue médiane : Type d'hôtes sur lequel vit le psylle en fonction de l'année et stade phénologique de l'hôte.

Flèche intérieure : Cycle de transmission du phytoplasme.

Le cycle de vie du psylle suit quatre phases principales : reproduction au printemps sur les *Prunus*, migration vers les conifères en été, hivernage en diapause, et réimmigration vers les *Prunus* en fin d'hiver. La transmission du phytoplasme suit une période de latence de huit mois, avec une phase d'acquisition au printemps et une phase d'inoculation lors de la réimmigration. (©Falya STEINAUER modifié d'après N. Sauvion, INRAE Montpellier).

En tant qu'insecte piqueur-suceur, *C. pruni* se nourrit de sève phloémienne et transmet le phytoplasme de l'ECA par un mode persistant et propagatif, ingérant le pathogène qui circule jusqu'aux glandes salivaires où il se multiplie.

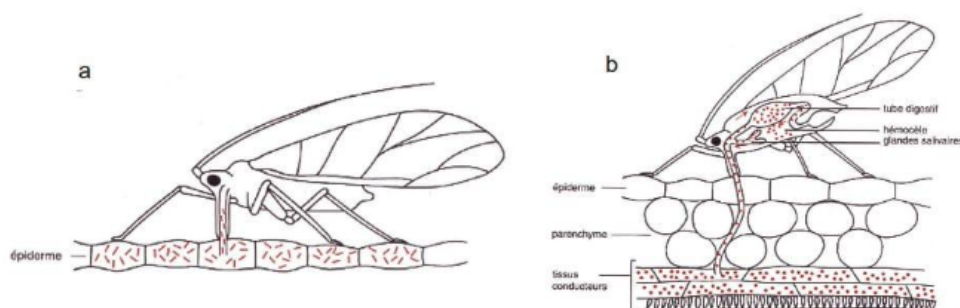


Figure 5 : Mode de transmission du phytoplasme par *Cacopsylla pruni*.

- Transmission non persistante : l'insecte vecteur acquiert l'agent pathogène lors d'un repas court sur une plante infectée. Le pathogène reste sur les pièces buccales de l'insecte et peut être transmis rapidement à une plante saine. Il n'y a pas de phase de latence et la transmission ne dure que quelques heures à quelques jours.

- b) Transmission persistante : après ingestion du phytoplasme, celui-ci traverse la paroi intestinale, circule dans l'hémolymphe, atteint les glandes salivaires, et peut alors être transmis à une plante saine lors d'un nouveau repas. Cette transmission implique une période de latence et le vecteur reste infectieux toute sa vie. (© Boquel, S., Le Rap et Lecoq, 2008)

Une latence d'environ huit mois est nécessaire avant que l'insecte ne devienne infectieux, correspondant à l'hivernage en diapause, période durant laquelle le phytoplasme se multiplie dans le vecteur. Les adultes de nouvelle génération acquièrent le phytoplasme au printemps, mais ne peuvent le transmettre qu'à leur retour sur *Prunus* à la fin de l'hiver suivant (Thébaud et al., 2009).

Résultats de l'année dernière : Mon stage s'inscrit dans la continuité du travail mené par Marine Laffont en 2024–2025 sur le suivi des populations de *Cacopsylla pruni* dans les Pyrénées-Orientales.

Le suivi hebdomadaire réalisé entre février et mai 2025 a mis en évidence une dynamique saisonnière marquée, avec deux pics d'abondance en mars. Les captures les plus élevées ont été enregistrées à proximité des massifs de conifères, confirmant l'influence des sites d'hivernage sur la distribution des adultes. Un effet significatif de la couleur des pièges a également été observé : les plaques blanches ont capturé davantage d'individus que les pièges bleus ou jaunes fluorescents. Les captures variaient selon le stade phénologique, avec un maximum au débourrement. Enfin, des niveaux de capture nettement supérieurs ont été relevés sur prunellier (*Prunus spinosa*) par rapport à l'abricotier, soulignant le rôle écologique central de cette espèce dans la dynamique locale du psylle. Ces résultats constituent le socle scientifique du présent stage.

Nonadécane : Parallèlement au suivi des populations de *Cacopsylla pruni*, les travaux menés en 2025 ont cherché à expliquer le gradient de préférence observé entre différentes espèces de *Prunus* : prunellier sauvage > myrobolan > abricotier > pêcher (Carraro et al., 2004). L'analyse des composés volatils floraux par SPME-GC-MS a permis de distinguer deux groupes, attractifs (prunellier, myrobolan) et moins attractifs (abricotier, pêcher). Le nonadécane, plus abondant chez les espèces attractives, pourrait intervenir dans l'orientation du psylle.

Cette hypothèse doit toutefois être replacée dans le cadre de l'écologie sensorielle des psyllides. Chez le psylle asiatique *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908), la localisation de l'hôte repose sur une synergie entre signaux visuels et olfactifs (Wenninger et al., 2009). Une synthèse récente indique que les psyllides possèdent relativement peu de sensilles olfactives comparativement à d'autres insectes phytophages, suggérant une détection ciblée de composés

clés (Gross et al., 2024). Plus largement, la perception des composés volatils implique des récepteurs capables de détecter des molécules émises à faibles concentrations (Qian et al., 2024). Des travaux expérimentaux montrent également que le nonadécane peut induire une activation comportementale sans agir comme attractif isolé, suggérant un rôle de modulateur en interaction avec d'autres signaux (Alves et al., 2018).

Dans ce contexte, la Chaire AgroLab BioMed a proposé de tester en conditions de terrain l'effet attractif potentiel du nonadécane sur *C. pruni*.

Mise en place de l'étude : La problématique de ce stage est donc la suivante : **Le nonadécane peut-il augmenter l'attractivité d'un piège englué blanc pour *Cacopsylla pruni* dans le cadre d'un suivi spatiotemporel visant à mieux comprendre la biologie de l'espèce ?**

Les objectifs sont doubles :

1. Poursuivre le suivi spatio-temporel afin de mieux caractériser les périodes d'arrivée et de départ du vecteur et d'affiner le positionnement des traitements ;
2. Tester en conditions de terrain l'effet du nonadécane sur les captures, en comparant des pièges témoins et supplémentés.

Ce travail vise ainsi à améliorer les outils de surveillance du vecteur dans une perspective de gestion plus précise et raisonnée.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Sites d'études

L'étude a été conduite dans le département des Pyrénées-Orientales, au sein de la plaine du Roussillon, qui a été divisée en trois zones géographiques distinctes (Figure 5).

L'année précédente, les suivis concernaient à la fois des prunelliers et des abricotiers. Les résultats ont montré que le nombre de psylles capturés était significativement plus élevé sur les prunelliers, avec environ cinq fois plus d'individus piégés que sur les abricotiers. Dans cette étude, le suivi a donc été réalisé uniquement sur prunelliers.



Figure 6 : Carte de localisation des sites de suivi du psylle *Cacopsylla pruni* dans les Pyrénées-Orientales, répartis selon 3 zones écologiques contrastées. Chaque zone comprend plusieurs points d'échantillonnage. (© Falya STEINAUER).

La zone A correspond au piémont, dans les secteurs de Prades, Vinça et Bouleternère. Située à une altitude supérieure à celle des zones de plaine, elle se caractérise par un climat plus frais. Sa proximité avec des zones boisées de conifères, hôtes hivernants de *Cacopsylla pruni*, en fait un site stratégique pour observer la remigration printanière des adultes vers leurs hôtes de reproduction. Quatre points de suivi ont été installés sur des prunelliers sauvages (*Prunus spinosa*), chacun équipé de pièges chromatiques.

La zone B couvre le secteur de Thuir, Le Soler et Saint-Félicien. Trois points de suivi y ont été mis en place.

La zone C est localisée autour de Pia, Clairac et Rivesaltes. Quatre points de suivi y ont également été définis.

À proximité des vergers, les pièges chromatiques ont été installés avec l'accord des agriculteurs, préalablement informés du protocole de suivi et ayant autorisé l'accès régulier à leurs parcelles pour la réalisation des relevés.

Ce découpage en trois zones permet de comparer la dynamique des populations de psylles en fonction de l'altitude, des conditions climatiques et de la structure paysagère.

2. Pièges englués

D'après les données bibliographiques, *Cacopsylla pruni* présente des préférences chromatiques marquées, avec une attraction particulière pour la couleur blanche durant la floraison (Bodnár et al., 2022). Ce résultat, également confirmé lors du suivi réalisé l'année précédente, a conduit à utiliser exclusivement des pièges blancs pour la présente étude.

Les pièges sélectionnés étaient des plaques engluées blanches de la série “SZ” (10 × 16 cm, CSALOMON®, Budapest, Hongrie). Leur choix repose notamment sur leur similarité visuelle avec les pétales blancs des fleurs d’abricotiers et de prunelliers, susceptibles d’augmenter leur attractivité pendant la période de floraison (Bodnár et al., 2022).

Concernant l’utilisation du nonadécane, une quantité standardisée de 0,125g a été préparée avant chaque session de terrain. La pesée a été réalisée à l’aide d’une balance de précision au laboratoire du CRIIBE, puis la poudre a été conditionnée dans du film cellophane. Sur le terrain, le nonadécane a été libéré et réparti entre les deux faces engluées du piège afin d’assurer une diffusion la plus homogène possible. La présence de nonadécane sur les pièges est ainsi identifiable grâce au cellophane fixé sur la plaque. Un total de 20 g de nonadécane a été commandé pour l’ensemble de l’expérimentation. La dose de 0,125 g par piège correspond à une approche exploratoire de type preuve de concept, adaptée au nombre total de pièges déployés et au stock disponible.

Les pièges ont été installés sur une espèce hôte (Figure 7), le prunellier sauvage (*Prunus spinosa*). Ils ont été fixés directement sur les branches, à une hauteur comprise entre 0,5 m et 1,5 m, correspondant à la zone d’activité principale des psylles adultes.

Dans chaque point de suivi, quatre pièges ont été disposés : deux avec ajout de nonadécane et deux témoins sans composé. Les deux modalités étaient espacées au maximum l’une de l’autre (environ 10 à 20 m) afin de limiter les interférences.



Figure 7 : Installation des pièges englués chromatiques avec ou sans nonadécane dans le cadre du suivi de *Cacopsylla pruni*.

A gauche : Fixation d’un piège avec nonadécane en zone A. (© Louis PELLET)

Au centre : Pièges avec nonadécane fixés sur des prunelliers (*Prunus spinosa*) en fleur en zone B. (© Falya STEINAUER)

A droite : Distance entre les pièges avec (à gauche) et sans (à droite) nonadécane sur les prunelliers (*Prunus spinosa*) en fleur en zone B, ici 18m. (© Falya STEINAUER)

3. Relevés et identification

Les pièges ont été installés en semaine 6, au début du mois de février. Le premier relevé a été réalisé en semaine 7, soit une semaine plus tôt que l’année précédente, afin de ne pas manquer l’arrivée des psylles, déjà sortis d’hibernation lors du premier prélèvement l’an passé. Ce relevé

marque le début du suivi des populations de *Cacopsylla pruni*. Le dispositif de suivi s'est étendu sur une durée totale de 11 semaines.

Dès l'installation, un protocole standardisé a été appliqué : les plaques engluées ont été relevées chaque semaine afin de procéder au comptage des individus capturés. Tous les quinze jours, les pièges ont été remplacés pour éviter leur saturation par la poussière ou par des insectes non ciblés.

Lors des semaines sans remplacement des plaques, les individus déjà comptabilisés étaient retirés afin d'éviter tout double comptage lors du relevé suivant, garantissant ainsi la fiabilité des données collectées.

Le comptage des psylles a été effectué directement sur le terrain (Figure 8). L'identification repose sur des critères morphologiques observables à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe (silhouette générale, taille, aspect et coloration des ailes).

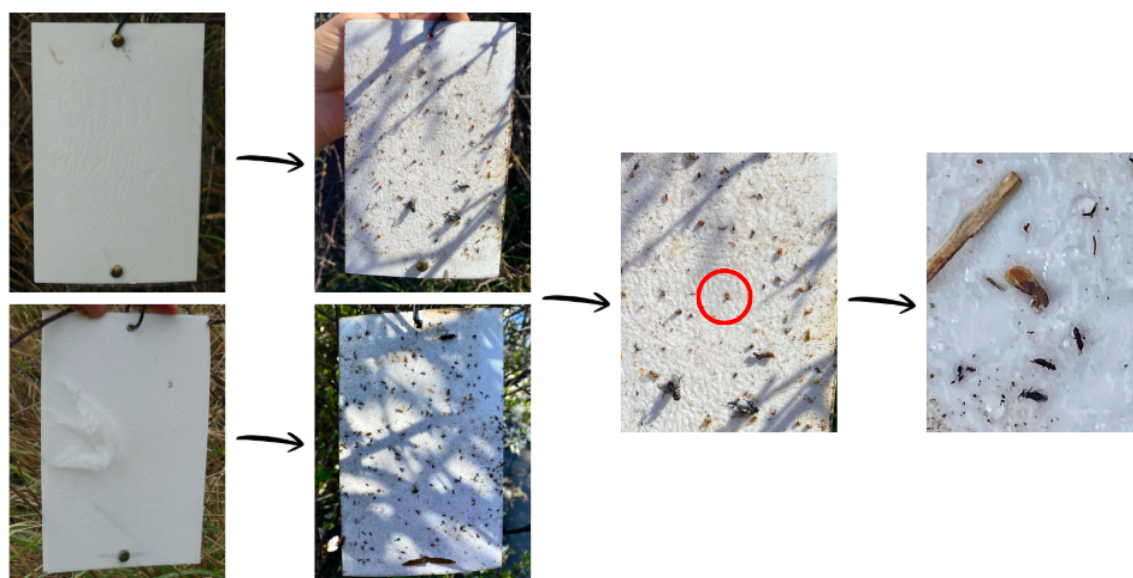


Figure 8 : Étape de la pose, du suivi et de l'identification des psylles sur les pièges englués avec ou sans phéromone.

A gauche : Installation d'une plaque blanche avec (en bas) ou sans (en haut) nonadécane. (© Falya STEINAUER)

Au centre : Exemple de plaques saturées en insectes après 2 semaines de pose avec (en bas) et sans (en haut) nonadécane. (© Falya STEINAUER)

A droite : observation d'un psylle sur une plaque blanche, puis zoom pour identification à partir des critères morphologiques visibles à l'œil nu (forme, taille, coloration des ailes). (© Falya STEINAUER)

En parallèle, les stades phénologiques des arbres (Figure 9) ont été relevés à chaque point de suivi. Ces observations permettent de mettre en relation la dynamique des populations de *C. pruni* avec les différentes phases de développement des arbres hôtes.



Figure 9 : Principaux stades phénologiques observés au cours du suivi. (© Falya STEINAUER)

Le suivi phénologique est essentiel pour interpréter les variations d'attractivité des pièges colorés au cours des périodes clés du cycle biologique des *Prunus*. Par exemple, Bodnár et al. (2022) ont montré que l'attraction pour la couleur blanche atteignait un maximum durant la floraison des *Prunus*.

4. Données météorologiques

En complément du suivi entomologique, des données météorologiques ont été collectées pour chacune des trois zones d'étude, afin d'analyser d'éventuelles relations entre l'abondance de *Cacopsylla pruni* et les conditions climatiques.

Les variables retenues comprenaient les températures minimales et maximales, la vitesse maximale du vent ainsi que son orientation, et les précipitations cumulées. Elles ont été obtenues via la plateforme Météoblue (<https://meteoblue.com/>), à partir des localisations de référence correspondant aux trois zones d'étude (Vinça, Thuir et Pia). Les relevés ont été effectués au début de chaque mois.

L'intégration de ces paramètres permet de mettre en relation la dynamique d'activité du psylle avec des facteurs environnementaux majeurs, tels que les fluctuations thermiques ou les épisodes pluvieux, susceptibles d'influencer son comportement et sa dispersion.

5. Logiciels utilisés

QGIS (version 3.28) a été utilisé pour la cartographie et l'analyse spatiale des données. Ce logiciel libre de Système d'Information Géographique a permis la création des cartes de localisation des sites d'étude, la géolocalisation précise des points de piégeage à partir des coordonnées GPS, et l'analyse des relations spatiales entre la distribution des captures et les caractéristiques paysagères.

RStudio a servi d'interface pour l'ensemble des analyses statistiques réalisées avec le langage R (version 4.3+). Les principaux packages utilisés incluent : *tidyverse* et *dplyr* pour la manipulation des données, *ggplot2* pour les visualisations, *lme4* et *glmmTMB* pour les modèles

mixtes, *car* pour les tests ANOVA, *emmeans* pour les comparaisons multiples, et *corrplot* pour les matrices de corrélations.

6. Analyses statistiques

Analyses univariées : L'effet du nonadécane a été testé par comparaison des captures entre pièges traités et témoins. Après vérification de la normalité (test de Shapiro-Wilk) et de l'homogénéité des variances (test de Levene), un test t de Student a été appliqué si les conditions paramétriques étaient respectées, sinon un test de Mann-Whitney-Wilcoxon a été utilisé. Ce choix méthodologique permet de s'adapter à la distribution réelle des données de comptage qui peuvent présenter une asymétrie ou une hétéroscédasticité.

L'effet du stade phénologique et de la zone géographique ont été analysés par ANOVA à un facteur si les conditions de normalité et d'homogénéité étaient respectées, sinon par le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis. Les tests post-hoc de Tukey (paramétrique) ou de Dunn (non-paramétrique) ont permis d'identifier les différences significatives entre modalités.

Analyses multivariées : Les interactions entre facteurs (Nonadécane $\times$ Stade phénologique, Nonadécane $\times$ Zone, Zone $\times$ Stade phénologique) ont été testées par ANOVA factorielle. Cette approche permet d'identifier d'éventuels effets synergiques ou antagonistes entre facteurs, essentiels pour comprendre la complexité des réponses comportementales de *C. pruni*.

Modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) : Pour tenir compte de la structure hiérarchique des données (mesures répétées par point de piégeage) et de la nature de comptage de la variable réponse, des GLMM ont été ajustés avec une distribution de Poisson ou binomiale négative selon l'ajustement optimal (calcul d'AIC). Cette approche statistique permet de modéliser simultanément les effets fixes et les effets aléatoires, tout en respectant la distribution non-normale des données de comptage et la corrélation entre observations répétées sur un même site.

III. RÉSULTATS

1. Dynamique de la population de *Cacopsylla pruni*

Le suivi hebdomadaire réalisé sur 11 semaines (semaines 7 à 17) a permis de quantifier l'activité de *C. pruni* avec un total de 255 individus capturés sur l'ensemble du dispositif expérimental. Cette amplitude de captures confirme la présence active du vecteur dans les trois zones géographiques étudiées pendant toute la période critique de migration printanière.

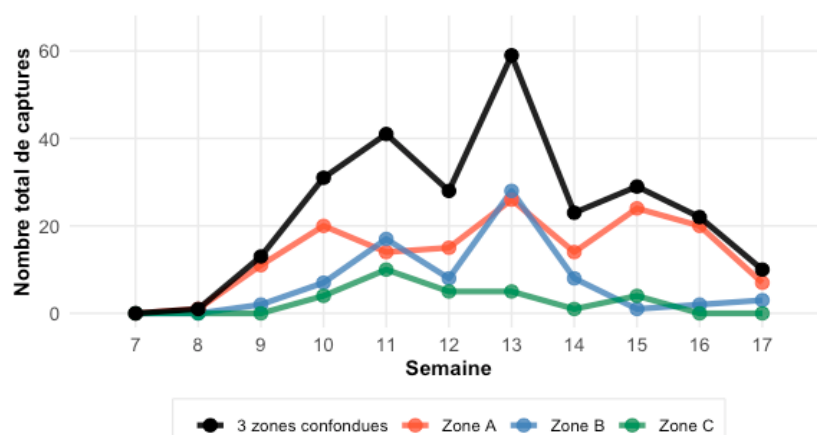


Figure 10 : Évolution temporelle des captures totales de *Cacopsylla pruni* selon la zone sur les pièges englués (semaines 7 à 17, 2026). Les points représentent les captures hebdomadaires cumulées sur l'ensemble des trois zones d'étude. (© Falya STEINAUER)

La Figure 10 révèle une dynamique saisonnière bimodale, avec une progression initiale lente suivie d'une accélération à partir de la semaine 8. Un premier pic modéré est observé en semaine 11 (41 captures totales), suivi d'un second pic plus marqué en semaine 13 (58 captures totales), correspondant probablement à l'apogée de la migration printanière. La diminution progressive des captures après la semaine 13 correspond à la fin de la migration active et à l'entrée dans la phase de reproduction sur les hôtes *Prunus*.

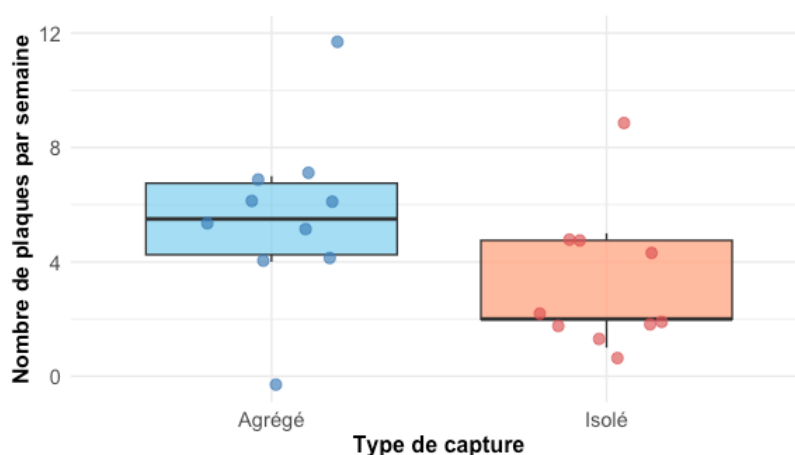


Figure 11 : Distribution hebdomadaire des plaques selon le type de capture de *Cacopsylla pruni* dans les zones A et B. Les boîtes à moustaches représentent la variabilité du nombre de plaques par semaine présentant des psylles agrégés (≥ 2 individus) versus isolés (1 individu). Les points individuels correspondent aux observations hebdomadaires. (© Falya STEINAUER)

L'analyse de l'agrégation (Figure 11) a été réalisée sur les zones A et B exclusivement, la zone C ayant été exclue en raison d'un effectif insuffisant (< 30 captures). Sur 52 plaques présentant au moins une capture, 63% montrent des psylles agrégés (≥ 2 individus) contre donc 37% avec des individus isolés. Le test binomial révèle une déviation significative par rapport à une distribution aléatoire ($p = 0,0301$), confirmant une tendance à l'agrégation. L'analyse des moyennes hebdomadaires montre que les plaques agrégées présentent une moyenne de $7,03 \pm$

1,56 plaques par semaine contre $2,57 \pm 2,41$ pour les plaques isolées, différence statistiquement significative (test binomial : $p = 0,0275$).

2. Effets des facteurs expérimentaux sur l'efficacité de piégeage

a. Effet du nonadécane sur l'attractivité des pièges

L'analyse de l'effet du nonadécane représenté sur la Figure 12 ne révèle aucune différence significative entre les deux modalités de traitement (test t de Student : $p = 0,4181$). Cependant le GLMM révèle un effet significatif du nonadécane dans le sens d'une répulsion ($p = 0,0236$), avec environ 33 % de psylles supplémentaires capturés sur les pièges témoins par rapport aux pièges traités. Ce résultat, plus robuste que le test t car tenant compte de la structure hiérarchique des données, suggère qu'à cette concentration et avec ce mode d'application, le nonadécane n'est pas neutre mais exerce un effet actif défavorable sur l'attractivité des pièges.

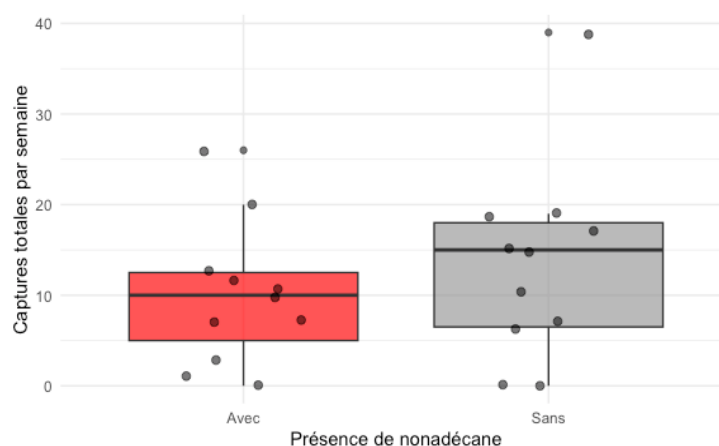


Figure 12 : Distribution des captures de *Cacopsylla pruni* selon la présence de nonadécane sur les pièges englués. Les boîtes à moustaches représentent la médiane, les quartiles et l'étendue des captures par semaine et par modalité de traitement. (© Falya STEINAUER)

La Figure 12 illustre des distributions de captures similaires entre pièges traités et témoins, avec une légère tendance des médianes en faveur des pièges sans nonadécane. Les étendues des quartiles et des valeurs extrêmes sont comparables entre les deux modalités, et quelques valeurs aberrantes reflètent la variabilité naturelle liée aux facteurs locaux non contrôlés. Cette absence d'effet attractif du nonadécane contredit l'hypothèse initiale basée sur sa présence différentielle chez les espèces de *Prunus* préférentiellement visitées par *C. pruni*.

b. Effet du stade phénologique des prunelliers hôtes

Le stade phénologique exerce un effet hautement significatif sur l'intensité des captures (test de Kruskal-Wallis : $p < 0,001$, GLMM (Poisson), $p = 0,0157$).

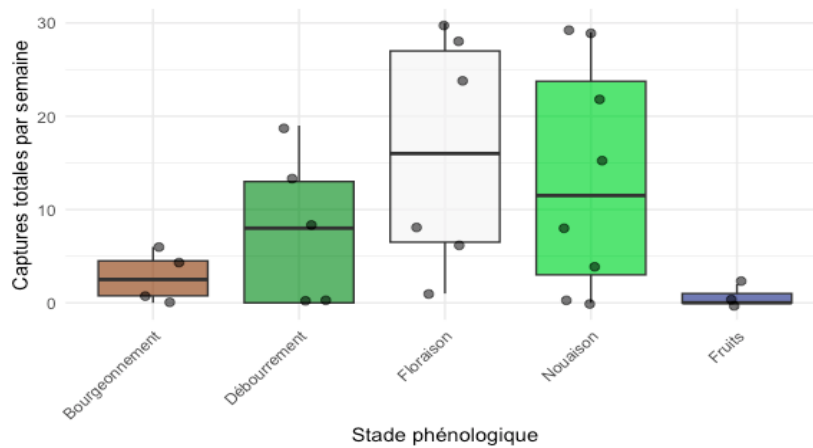


Figure 13 : Distribution des captures totales de *Cacopsylla pruni* selon le stade phénologique des prunelliers hôtes (*Prunus spinosa*). Les boîtes représentent la variabilité des captures par semaine pour chaque stade phénologique. (© Falya STEINAUER)

La Figure 13 révèle une progression claire de l'attractivité au cours de la saison végétative. Le bourgeonnement enregistre des captures très faibles (moyenne : 2 captures/semaine), suivi du débourrement avec une attractivité intermédiaire (8 captures/semaine). Les stades floraison et nouaison présentent les niveaux de captures les plus élevés (respectivement 15 et 16 captures/semaine), avec une variabilité importante témoignant de l'hétérogénéité des réponses individuelles entre sites. Le stade fructification enregistre quant à lui des captures quasi nulles, cohérent avec la fin de la période de migration active des adultes vers les *Prunus*. Les tests post-hoc de Dunn confirment trois groupes statistiquement distincts : fructification = bourgeonnement < débourrement < (floraison = nouaison).

c. Effet de l'hétérogénéité spatiale locale (effet point)

L'analyse révèle un effet point hautement significatif (ANOVA : $p = 0,0003$, GLMM (Poisson), $p = 0,0020$), témoignant d'une forte hétérogénéité spatiale à l'échelle microlocale.

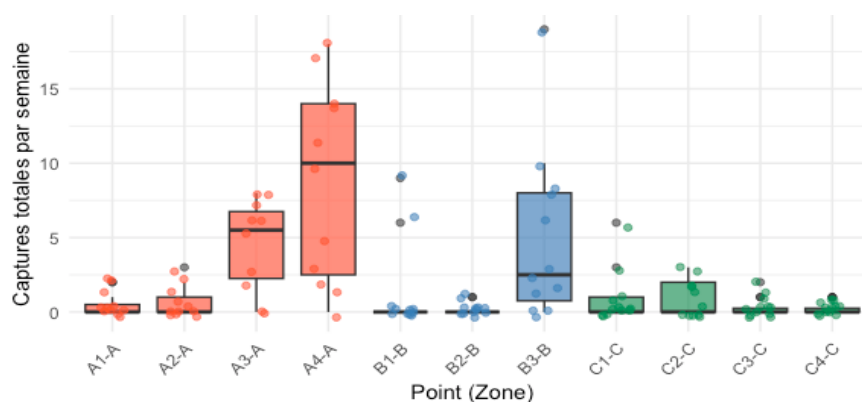


Figure 14 : Distribution des captures de *Cacopsylla pruni* par point de piégeage dans les trois zones d'étude (A : piémont, B : intermédiaire, C : intermédiaire littorale). Les couleurs distinguent les zones géographiques et les points représentent les captures totales par semaine pour chaque site. (© Falya STEINAUER)

La Figure 14 illustre cette variabilité extrême à travers la distribution des captures par point de piégeage, organisée par zone géographique (couleurs différentes). Le point A4 (zone A, piémont) se distingue de manière exceptionnelle avec une moyenne de 9,8 captures par semaine et des valeurs maximales de 16 et 17 captures, représentant un point chaud d'activité remarquable. Les points A3 et B3 constituent un second groupe d'efficacité intermédiaire avec des moyennes comprises entre 5 et 7 captures par semaine.

En revanche, plusieurs points présentent des performances très faibles, notamment A1, A2, B1, B2, C3 et C4, avec des moyennes inférieures à 1 capture par semaine et des distributions très resserrées près de zéro.

d. Effet de la zone géographique

L'effet zone géographique s'avère significatif (ANOVA : $p = 0,0002$, GLMM (Poisson), $p = 0,0033$), révélant une structuration spatiale claire à l'échelle départementale.

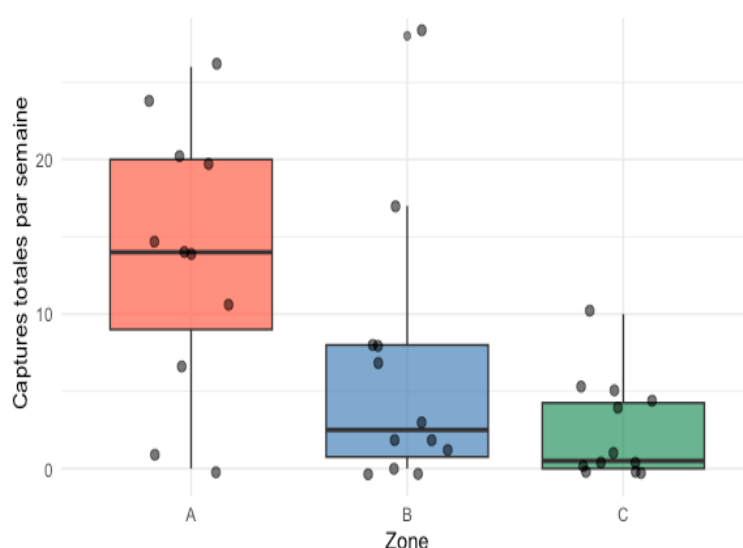


Figure 15 : Distribution des captures de *Cacopsylla pruni* selon les trois zones géographiques d'étude. Zone A : piémont (Prades, Vinça, Bouleternère), Zone B : intermédiaire (Thuir, Ponteilla), Zone C : intermédiaire littorale (Pia, Clair). (© Falya STEINAUER)

La Figure 15 présente la distribution des captures selon les trois zones d'étude, établissant une hiérarchie géographique nette. La zone A (piémont, boîte rouge) présente des performances supérieures avec une moyenne de 15,8 captures par semaine, une distribution étalée et de nombreuses valeurs élevées, confirmant sa position privilégiée dans le gradient altitudinal. La présence de plusieurs valeurs aberrantes très élevées (de 26 captures) témoigne de l'existence de sites particulièrement favorables dans cette zone proche des massifs forestiers d'hivernage. Les zones B (intermédiaire, boîte bleue) et C (intermédiaire littorale, boîte verte) présentent des performances statistiquement équivalentes avec des moyennes respectives de 3,2 et 2,6

captures par semaine. Ces deux zones montrent des distributions plus homogènes et resserrées. Cette hiérarchie $A > B = C$ dessine un gradient d'abondance décroissant du piémont vers le littoral.

e. Analyse des interactions entre facteurs

L'analyse factorielle des interactions (ANOVA à deux et trois voies) ne révèle aucune interaction significative entre les facteurs testés. L'absence d'effet du nonadécane est constante quel que soit le stade phénologique ($p = 0,4655$; GLMM $p = 0,6384$) ou la zone géographique ($p = 0,2781$; GLMM $p = 0,3220$). L'effet du stade phénologique sur les captures reste lui aussi homogène entre les trois zones ($p = 0,4463$; GLMM $p = 0,5002$), suggérant une réponse comportementale de *C. pruni* indépendante des conditions environnementales régionales. L'interaction triple Nonadécane $\times$ Zone $\times$ Stade phénologique confirme cette indépendance ($p = 0,4908$).

3. Influence des facteurs météorologiques sur la dynamique des captures

a. Caractérisation des conditions météorologiques générales

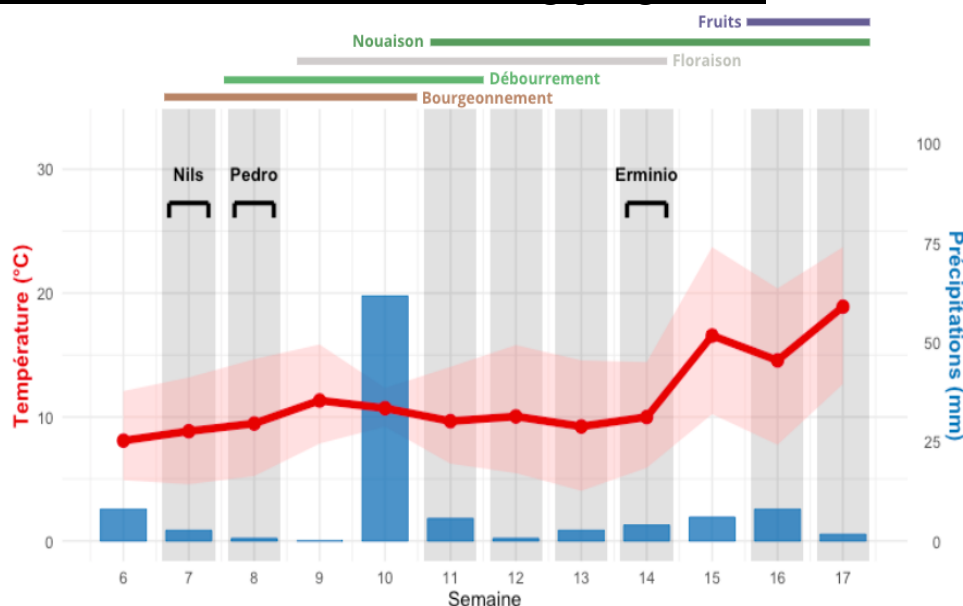


Figure 16 : Diagramme ombrothermique consolidé des trois zones d'étude durant la période de suivi (semaines 6 à 18, 2026). La ligne rouge représente la température moyenne hebdomadaire, les barres bleues les précipitations cumulées et les zones grisées les périodes de vents forts (> 30 km/h). (© Falya STEINAUER).

Le diagramme ombrothermique consolidé (Figure 16) synthétise les conditions météorologiques de la période d'étude, caractérisée par une température moyenne de 11,5°C et des précipitations cumulées de 101,7 mm. La progression thermique est régulière, évoluant d'environ 8°C en semaine 6 à 19°C en semaine 17, coïncidant avec la période d'activité migratoire de *C. pruni*. Les précipitations sont globalement faibles (< 10 mm/semaine), à

l'exception d'un épisode majeur en semaine 10 (62 mm). Les périodes de vents forts (> 30 km/h), associées aux tempêtes Nils, Pedro et Erminio (semaines 7, 8 et 14), créent un environnement météorologique variable susceptible d'influencer l'activité de vol des psylles.

b. Relations entre conditions météorologiques et captures avec décalage temporel

L'analyse des relations météo-captures intègre un décalage temporel d'une semaine biologiquement justifié par le protocole de terrain. Les relevés étant systématiquement effectués le lundi et mardi de chaque semaine, les captures de la semaine N reflètent l'activité de vol des psylles durant les 7 jours précédents. Les captures de la semaine N reflètent ainsi l'activité de la semaine précédente.

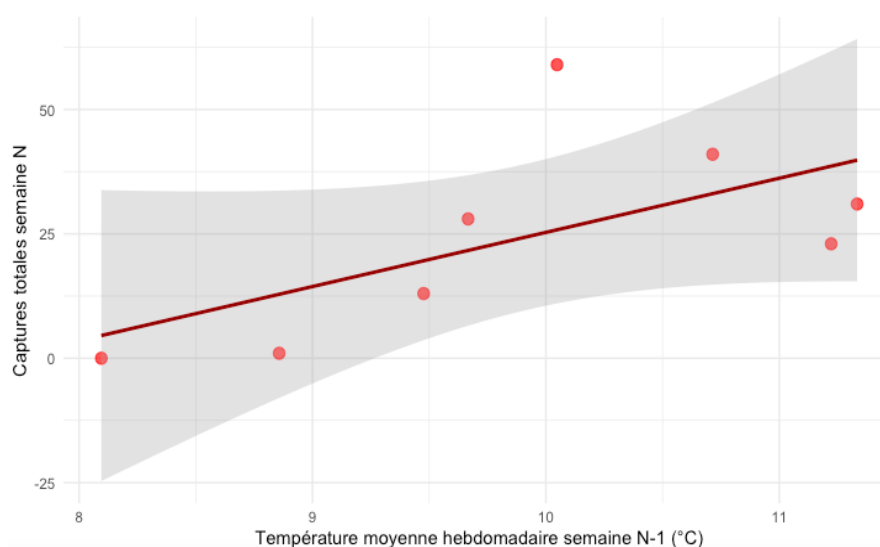


Figure 17 : Relation entre les captures hebdomadaires de *Cacopsylla pruni* (semaine N) et la température moyenne de la semaine précédente (semaine N-1). La droite de régression et son intervalle de confiance (zone grisée) illustrent la corrélation positive significative. (© Falya STEINAUER)

La Figure 17 révèle une corrélation positive significative entre les captures de la semaine N et la température moyenne de la semaine N-1 ($p = 0,0461$), avec des captures minimales associées aux températures les plus basses (8°C) et maximales aux températures les plus élevées (10°C). La température constitue le meilleur prédicteur univarié des captures (R^2 ajusté = 66 %), amélioré à 73 % par l'ajout des précipitations, suggérant un effet additif de ces deux variables. Les autres paramètres testés (vitesse du vent, amplitude thermique, orientation du vent) ne présentent pas de corrélation significative.

La régression entre vitesse du vent et captures révèle une tendance négative non significative ($R^2 = 0,44$, $p = 0,0917$), ce qui a motivé une analyse de l'exposition directionnelle des pièges

face au vent dominant. La tramontane, vent Nord-Ouest caractéristique de la région, influence significativement les captures selon l'orientation des plaques (Mann-Whitney : $p = 0,0008$).

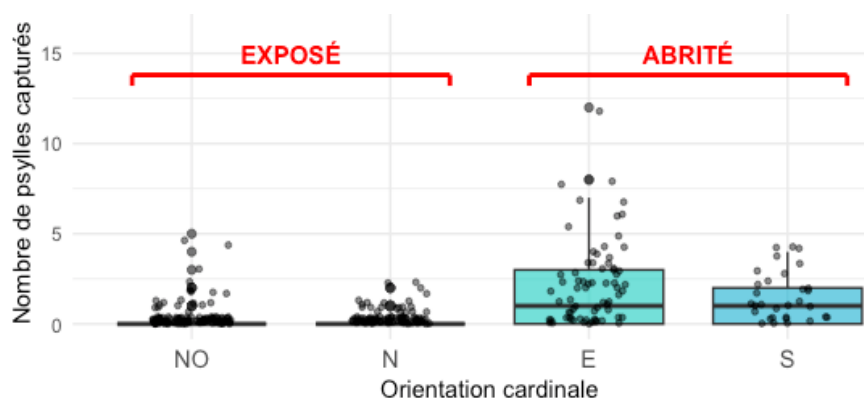


Figure 18 : Captures de *Cacopsylla pruni* selon l'exposition à la tramontane. Comparaison du nombre de psylles capturés par plaque selon l'orientation cardinale et l'exposition au vent Nord-Ouest dominant. Les points exposés (N, NO) montrent des captures significativement inférieures aux points abrités (E, S). (© Falya STEINAUER)

La Figure 18 révèle que les plaques abritées de la tramontane (orientations Est et Sud) capturent significativement plus de psylles (moyenne : 2,7 psylles/plaque) que les plaques exposées aux vents Nord et Nord-Ouest (moyenne : 0,8 psylles/plaque).

IV. DISCUSSION

1. Dynamique de la population de *Cacopsylla pruni*

Ces résultats permettent d'identifier plusieurs facteurs structurant les populations de *C. pruni*, que nous allons maintenant interpréter à la lumière de la littérature. La dynamique bimodale observée avec deux pics distincts (semaines 11 et 13) confirme les observations sur l'écologie migratoire de *C. pruni* (Gallinger & Gross, 2018). Cette espèce univoltine présente une migration étalée depuis les sites d'hivernage sur conifères vers les hôtes reproducteurs *Prunus*. Le premier pic (Figure 10) coïncide avec le débourrement, période où les premiers signaux attractifs sont émis par les prunelliers, tandis que le second pic, plus marqué, correspond à la floraison-nouaison, confirmant la préférence phénologique des psylles (Bodnár *et al.*, 2022).

a. Structuration spatiale et corridors migratoires

L'effet zone géographique (Figure 15), avec une supériorité nette de la zone A piémontaise (15,8 captures/semaine vs 2,9 pour B et C), dessine un gradient d'abondance décroissant du piémont vers le littoral. Cette distribution spatiale confirme l'importance des corridors migratoires (Sabaté *et al.*, 2016) dans l'épidémiologie de l'ECA.

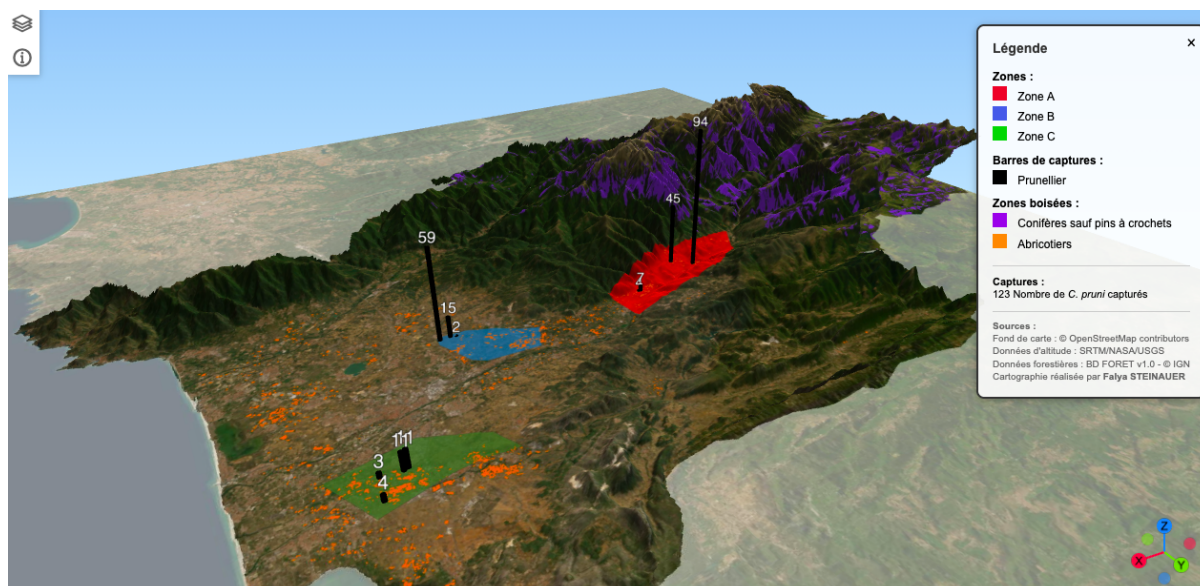


Figure 19 : Carte 3D du département montrant les zones d'hivernage (conifères hors pin à crochets), les zones de prospection avec le nombre de psylles capturés en fonction des points, les parcelles d'abricotiers ainsi que les potentiels couloirs de migration (© Falya STEINAUER). <https://carte3dpsylle2026.netlify.app/>

La cartographie tridimensionnelle de la Figure 19 révèle que la zone A bénéficie d'une position stratégique en interface entre les massifs boisés d'altitude (zones d'hivernage) et les zones agricoles de plaine (sites de reproduction). Cette configuration paysagère explique naturellement la concentration des captures dans cette zone A de transition altitudinale.

b. Hétérogénéité microlocale et facteurs anthropiques

L'effet point hautement significatif (ANOVA $p = 0,0003$; Figure 14) révèle une hétérogénéité spatiale importante à l'échelle microlocale. Le contraste entre les points A1 et A2 ($< 0,7$ individus/semaine), situés à proximité du verger de La Melba conduit en agriculture conventionnelle, et le point A4 (9,8 individus/semaine), proche d'un verger biologique, est particulièrement marqué. Sans pouvoir l'affirmer avec certitude à partir de ces seules données, il reste probable que les traitements insecticides réguliers exercent un effet répulsif ou létal sur les psylles à l'échelle locale, réduisant artificiellement les captures aux points A1 et A2 (Paleskić *et al.*, 2017). Ce résultat, déjà observé lors du suivi 2025, confirme l'importance de prendre en compte les pratiques agricoles environnantes dans l'interprétation des données de piégeage.

c. Phénomène d'agrégation comportementale

L'analyse d'agrégation réalisée sur les zones A et B révèle que 63 % des plaques présentant au moins une capture contiennent des psylles agrégés (≥ 2 individus), (test binomial : $p = 0,0301$) (Figure 11). Ce phénomène, homogène entre les deux zones ($\chi^2 : p > 0,05$), suggère l'existence

de mécanismes attractifs intraspécifiques ou de micro-habitats préférentiels indépendants des conditions géographiques régionales. Plusieurs hypothèses non exclusives peuvent être avancées : émission de phéromones d'agrégation, documentée chez d'autres psyllides comme *Diaphorina citri* (Wenninger *et al.*, 2009) ; sélection convergente de prunelliers présentant des caractéristiques physiologiques ou phénologiques particulièrement attractives (vigueur végétative, précocité de floraison, profil de composés volatils) (Carraro *et al.*, 2004). Ce résultat ouvre des perspectives prometteuses pour l'optimisation du piégeage : l'identification des facteurs sous-jacents à cette agrégation préférentielle pourrait permettre de prédire les sites à fort rendement de capture et d'améliorer l'efficacité de piégeage.

2. Absence d'effet attractif du nonadécane

L'interprétation de l'effet du nonadécane est plus nuancée qu'une simple absence d'attractivité. Si le test t de Student ne révèle pas de différence significative entre pièges traités et témoins ($p = 0,4181$), le GLMM à distribution de Poisson — mieux adapté à la structure hiérarchique et à la nature de comptage des données — indique quant à lui un effet significatif dans le sens d'une répulsion ($p = 0,0236$) (Figure 12). Ce résultat doit cependant être interprété avec prudence, car deux facteurs confondants majeurs rendent difficile toute conclusion générale sur la biologie de la molécule.

D'une part, la dose utilisée (0,125 g par piège) n'a pas été calibrée préalablement en conditions contrôlées. Chez de nombreux insectes, les composés volatils sont attractifs à faibles concentrations mais répulsifs à des doses plus élevées (Qian *et al.*, 2024) : il est donc possible que 0,125 g soit une dose supra-optimale induisant une réponse d'évitement. D'autre part, le mode d'application — dépôt direct de poudre sur la plaque — ne reproduit pas la volatilisation naturelle depuis les organes floraux, dont la cinétique de diffusion est très différente. On ne peut donc pas conclure à un effet répulsif intrinsèque du nonadécane, mais seulement à un effet répulsif à cette concentration et dans ces conditions d'application précises.

Plus généralement, les psyllides sont connus pour posséder relativement peu de sensilles olfactives et pour privilégier l'intégration de signaux visuels et olfactifs combinés plutôt que la réponse à un composé isolé (Gross *et al.*, 2024 ; Wenninger *et al.*, 2009). Dans ce contexte, le signal chimique du nonadécane seul est probablement insuffisant pour modifier significativement le comportement des psylles face à l'attractivité visuelle déjà forte des pièges blancs. Ce résultat plaide pour une approche différente, orientée vers l'identification de phéromones intraspécifiques plutôt que vers l'exploitation de composés végétaux isolés.

3. Rôle central des conditions thermiques et interactions météo-phénologiques

Au-delà de l'effet chimique, les facteurs environnementaux jouent également un rôle déterminant sur la dynamique des captures. La corrélation positive significative entre température et captures avec décalage temporel (Figure 17) confirme le caractère thermophile de *C. pruni* et l'influence déterminante des conditions thermiques antérieures sur l'activité de vol. Cette relation est cohérente avec la biologie des insectes ectothermes documentée chez d'autres psyllides (Czarnobai De Jorge *et al.*, 2022).

a. Interactions météo-phénologie et variabilité inter-annuelle

L'interaction entre conditions météorologiques et phénologie de l'hôte (Figure 16) explique en partie la variabilité des pics d'activité entre années. En 2026, les conditions défavorables des semaines 7-8 ont coïncidé avec le débourrement, limitant l'expression du pic attendu à cette période. Cette situation contraste avec 2025, où les conditions défavorables en fin de saison avaient maintenu l'activité jusqu'à la floraison (Laffont, 2025). Lorsque les conditions thermiques limitent l'activité aux stades optimaux, les psylles semblent reporter leur activité sur les stades disponibles, illustrant une plasticité comportementale adaptative.

b. Effet de l'exposition à la tramontane

L'analyse directionnelle (Figure 18), motivée par la corrélation négative entre vitesse du vent et captures ($R^2 = 0,44$, $p = 0,0917$), révèle un effet hautement significatif de l'exposition à ce vent Nord-Ouest caractéristique (Mann-Whitney : $p = 0,0008$). Malgré une répartition déséquilibrée des points (8 exposés Nord/Nord-Ouest contre 3 abrités Est/Sud), la comparaison reste statistiquement robuste. Plusieurs mécanismes peuvent expliquer ce résultat : perturbation mécanique du vol par les rafales, recherche active d'abris microclimatiques (Owens & Prokopy, 1978), ou conditions défavorables de refroidissement et dessiccation dans les zones exposées. Sur le plan pratique, positionner préférentiellement les pièges dans des zones abritées du vent dominant pourrait améliorer significativement l'efficacité de détection du vecteur.

4. Limites méthodologiques de l'étude

a. Optimisation du protocole chimique

Cette étude visait à constituer une preuve de concept sur l'effet attractif potentiel du nonadécane sur *C. pruni*. Cependant, elle présente plusieurs limitations importantes. L'utilisation d'une concentration unique de nonadécane ne permet pas d'établir de courbe dose-réponse, élément crucial en écologie chimique (Qian *et al.* 2024).

b. Sélectivité et interférences non-cibles

La sélectivité des pièges s'avère limitée, avec de nombreuses captures non ciblées (18 piérides du chou, *Pieris brassicae*, 2 chrysopes, *Chrysoperla carnea*, un grand nombre de Diptères et autres insectes non identifiés). Cette limitation souligne la nécessité d'optimiser les composés attractifs pour améliorer la spécificité du piégeage. Cette non-sélectivité mérite d'être questionnée plus largement : sur une plaque engluée, on capture en moyenne 1 à 2 psylles par semaine pour des centaines d'insectes non ciblés, dont des auxiliaires comme les chrysopes, connus pour leur rôle de prédateurs naturels de ravageurs. Répétée sur l'ensemble des points et des semaines de suivi, cette mortalité collatérale pourrait représenter un impact écologique non négligeable sur les communautés d'arthropodes locales. La question se pose alors de savoir si, dans certains contextes, l'utilisation de pièges chromatiques non sélectifs ne génère pas un impact environnemental comparable, voire supérieur, à celui de traitements insecticides ciblés et raisonnés.

c. Représentativité spatiale du dispositif

Le nombre de points par zone (3-4) peut sembler insuffisant pour capturer pleinement l'hétérogénéité spatiale révélée par l'analyse. La forte variabilité intra-zone observée (notamment en zone A) suggère qu'un maillage plus dense permettrait une meilleure caractérisation des gradients spatiaux.

d. Facteurs confondants et variabilité des supports

Les différences importantes entre points pourraient également résulter de la variabilité intrinsèque des prunelliers support. Certains individus particulièrement chétifs (C3, B1, B2) ou vigoureux pourraient présenter des attractivités indépendantes du composé chimique testé. De plus, le changement bimensuel des plaques pourrait induire un effet mémoire par dépôt de traces phéromonales sur les arbres supports, biais non contrôlé dans ce protocole.

5. Perspective d'amélioration et recherches futures

a. Extension géographique et diversification des habitats

L'extension du dispositif de surveillance vers d'autres foyers départementaux d'ECA représente une priorité pour valider la généralité de nos résultats. La zone de Saint-Cyprien, identifiée comme second cluster épidémiologique des Pyrénées-Orientales, offrirait un contexte géographique complémentaire avec des caractéristiques paysagères distinctes (proximité

littorale, exposition aux vents marins, gradient altitudinal différent). Cette extension permettrait de tester la robustesse des gradients observés en zone A et d'identifier d'éventuels écotypes locaux aux réponses comportementales différenciées. La vallée du Tech, troisième axe de pénétration majeur depuis les Pyrénées vers la plaine du Roussillon, compléterait cette approche multi-sites en explorant un corridor migratoire alternatif potentiellement soumis à des pressions environnementales distinctes (régime hydrique, exposition aux vents, structure paysagère).

b. Optimisation des supports de piégeage et attractifs visuels

L'innovation dans la conception des pièges représente un levier d'amélioration prometteur. L'adaptation du concept des "plaques mites" ornées de dessins attractifs pour d'autres insectes (Roberts N.S. et al., 2025) pourrait être transposée au piégeage de *C. pruni* par l'incorporation de motifs floraux stylisés sur les supports englués. Cette approche biomimétique, inspirée de la préférence phénologique documentée pour la floraison-nouaison, pourrait renforcer l'attractivité visuelle des pièges en reproduisant les signaux-clés perçus par les psylles lors de leur recherche d'hôtes reproducteurs. L'intégration de couleurs spécifiques (blanc-rosé des fleurs de *Prunus*) et de formes évoquant les inflorescences pourrait améliorer significativement la sélectivité et l'efficacité de capture par rapport aux pièges uniformément blancs actuels.

c. Identification de phéromones spécifiques

L'exploration de véritables phéromones d'agrégation intraspécifique de *C. pruni* représente la voie la plus prometteuse pour développer des attractifs chimiques efficaces. Les travaux de Peccoud et al. (2013) sur la complexité cryptique de l'espèce suggèrent l'existence possible de signaux chimiques intraspécifiques non encore caractérisés, potentiellement plus efficaces que les composés floraux pour le piégeage sélectif. Cette approche nécessiterait des analyses préalables approfondies des volatils émis par les psylles en conditions d'agrégation, couplées à des tests comportementaux en olfactométrie avant toute validation de terrain. L'échec du nonadécane souligne l'importance de cette phase de recherche fondamentale préalable pour éviter des approches exploratoires infructueuses.

Cette stratégie de recherche intégrée, combinant extension géographique, innovation technologique et recherche fondamentale, s'inscrirait parfaitement dans la logique paysagère préconisée par Sauvion (2012) pour une gestion durable des vecteurs de phytoplasmes.

V. CONCLUSION

Ce travail visait à caractériser la dynamique spatio-temporelle de *Cacopsylla pruni* et à évaluer, pour la première fois, l'effet comportemental du nonadécane sur l'attractivité de pièges englués blancs dans les Pyrénées-Orientales.

Ces résultats permettent de mettre en évidence plusieurs tendances importantes. La structuration spatiale des captures confirme un gradient décroissant du piémont vers le littoral (15,8 contre 2,9 captures/semaine), cohérent avec la proximité des sites d'hivernage sur conifères et le rôle des corridors migratoires dans l'épidémiologie de l'ECA. La dynamique temporelle bimodale, avec des pics aux semaines 11 et 13, confirme le synchronisme étroit entre activité du vecteur et phénologie de l'hôte. Le nonadécane à 0,125 g ne présente pas d'effet attractif dans ces conditions d'application, le GLMM indique même un effet répulsif significatif ($p = 0,0236$), avec environ 33 % de psylles supplémentaires capturés sur les pièges témoins. Ce résultat souligne les limites d'une approche mono-composé sans calibration préalable en conditions contrôlées. Enfin, la température de la semaine précédente constitue le meilleur prédicteur univarié des captures ($r = 0,66$, $p < 0,05$), l'exposition à la tramontane réduit significativement l'efficacité de piégeage ($p < 0,001$), et le contraste entre sites en agriculture conventionnelle et biologique rappelle que les pratiques agricoles structurent fortement les populations locales de vecteurs.

À terme, ces résultats suggèrent plusieurs pistes prioritaires : l'extension du dispositif vers d'autres corridors migratoires départementaux, l'identification de phéromones d'agrégation intraspécifiques de *C. pruni*, dont l'existence est rendue plausible par le phénomène d'agrégation comportementale mis en évidence, et l'optimisation visuelle des pièges par incorporation de motifs floraux biomimétiques. Cette approche intégrée s'inscrirait dans une logique de surveillance plus précise et raisonnée de l'ECA, dans un contexte de réduction progressive des intrants phytosanitaires.

VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agreste. (2025). Statistiques agricoles départementales - Pyrénées-Orientales. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.
- Alves G.R., Yamamoto P.T., Forim M.R. (2018). Attractiveness of volatile compounds from *Murraya paniculata* to *Diaphorina citri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 166. 573-582.
- Andrianjaka-Camps Z., Signoret P., Mony C., Guillemaud T., Bagnères A.G. (2018). Behavioral responses of *Cacopsylla pruni* to synthetic compounds: implications for sustainable pest management. *Journal of Pest Science*. 91. 1123-1135.
- Bodnár E., Kondorosy E., Mátyás K.K., Bozsik A. (2022). Colour preference of *Cacopsylla pruni* (Hemiptera: Psyllidae) and its practical applicability. *Crop Protection*. 152. 105842.
- Boquel S., Le Roux A., Lecoq H. (2008). Mode de transmission des phytoplasmes par les vecteurs insectes. *Phytoma - La Défense des Végétaux*. 612. 12-16.
- Carraro L., Osler R., Loi N., Ermacora P., Refatti E. (2004). Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma by *Cacopsylla pruni*. *Journal of Plant Pathology*. 86. 33-40.
- Czarnobai De Jorge B., Nava D.E., Garcia M.S., Valgas R.A. (2022). Temperature-dependent development and survival of *Bactericera cockerelli* on potato. *Neotropical Entomology*. 51. 287-296.
- DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes. (2016). Guide de gestion de l'Enroulement Chlorotique de l'Abricotier. Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt.
- Gallinger J., Gross J. (2018). Unraveling the host plant alternation of *Cacopsylla pruni* - Adult psyllids prefer different host plants than juvenile stages. *Journal of Chemical Ecology*. 44. 535-548.
- Gross J., Schantz M., Gallinger J. (2024). Sensory ecology of psyllids: morphology and function of antennal sensilla. *Arthropod Structure & Development*. 73. 101285.
- Owens E.D., Prokopy R.J. (1978). Habitat partitioning by apple maggot flies in response to microclimate. *Environmental Entomology*. 7. 273-278.
- Paleskić A., Konjević A., Pap P., Radonjić S. (2017). Monitoring and control of European stone fruit yellows phytoplasma vector *Cacopsylla pruni*. *Plant Protection Science*. 53. 95-102.
- Peccoud J., Ollivier A., Plantegenest M., Simon J.C. (2009). A continuum of genetic divergence from sympatric host races to species in the pea aphid complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106. 7495-7500.
- Peccoud J., Mahéo F., De La Huerta M., Laurence C., Simon J.C. (2013). Genetic characterisation of new host-specialised biotypes and novel associations with bacterial symbionts in the pea aphid complex. *Insect Conservation and Diversity*. 6. 49-59.
- Qian K., Wang S., Chen L., Liu X., Zhang Y. (2024). Chemical communication in psyllids: current knowledge and future directions. *Annual Review of Entomology*. 69. 287-306.
- Sabaté J., Laviña A., Batlle A. (2016). Incidence and development of *Candidatus Phytoplasma prunorum*-associated disease in Spanish apricot orchards. *European Journal of Plant Pathology*. 145. 991-1003.
- Sauvion N. (2012). Phytoplasmes et insectes vecteurs : écologie et épidémiologie. *Innovations Agronomiques*. 24. 1-16.
- Seemüller E., Schneider B. (2004). '*Candidatus Phytoplasma mali*', '*Candidatus Phytoplasma pyri*' and '*Candidatus Phytoplasma prunorum*', the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 54. 1217-1226.
- Thébaud G., Yvon M., Alary R., Sauvion N., Labonne G. (2009). Efficient transmission of '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' is delayed by eight months due to a long latency in its host-alternating vector. *Phytopathology*. 99. 265-273.
- Wenninger E.J., Stelinski L.L., Hall D.G. (2009). Roles of olfactory cues, visual cues, and mating status in orientation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) to four different host plants. *Environmental Entomology*. 38. 225-234.

ABSTRACT

This study characterized the spatio-temporal dynamics of *Cacopsylla pruni* and assessed the behavioral effect of nonadecane using white sticky traps across three geographical zones in the Pyrénées-Orientales over 11 weeks.

Foothill zones showed significantly higher captures (15.8 vs 2.9 psyllids/week), consistent with migratory corridor proximity to overwintering conifer stands. Temporal dynamics peaked during flowering and fruit-set, confirming host-vector phenological synchrony. Although Student's t-test detected no significant difference between treated and control traps ($p = 0.4181$), GLMM revealed a significant repellent effect of nonadecane at 0.125 g ($p = 0.0236$), with ~33% more individuals on control traps. Temperature of the preceding week was the strongest predictor of captures ($r = 0.66$, $p < 0.05$), tramontane exposure significantly reduced efficiency ($p < 0.001$), and organic orchard sites consistently outperformed conventional ones. This study provides ecological insights for improving ESFY surveillance and redirects research toward intrinsic aggregation pheromones rather than plant-derived volatiles.

Keywords: *Cacopsylla pruni*, chemical ecology, surveillance optimization, phytoplasma vector, ESFY

RÉSUMÉ

Cette étude visait à caractériser la dynamique spatio-temporelle de *Cacopsylla pruni* et à évaluer l'effet comportemental du nonadécane via des pièges collants blancs dans trois zones géographiques des Pyrénées-Orientales sur 11 semaines.

Les zones de piémont présentent des captures significativement plus élevées (15,8 vs 2,9 psylles/semaine), cohérentes avec la proximité des sites d'hivernage sur conifères. La dynamique temporelle atteint son maximum à la floraison-nouaison, confirmant le synchronisme hôte-vecteur. Si le test t ne révèle pas de différence significative ($p = 0,4181$), le GLMM indique un effet répulsif significatif du nonadécane à 0,125 g ($p = 0,0236$), avec ~33 % de psylles supplémentaires sur les pièges témoins. La température de la semaine précédente constitue le meilleur prédicteur des captures ($r = 0,66$, $p < 0,05$), l'exposition à la tramontane réduit l'efficacité ($p < 0,001$), et les sites proches de vergers biologiques enregistrent des captures supérieures aux sites conventionnels.

Cette étude apporte des éclairages écologiques pour améliorer la surveillance de l'ECA et réoriente la recherche vers les phéromones d'agrégation intraspécifiques plutôt que vers les composés végétaux isolés.

Mots-clés : *Cacopsylla pruni*, écologie chimique, optimisation de la surveillance, vecteur phytoplasme, ECA

