

## Mémoire

**Auteur** : Somers, Rémi

**Promoteur(s)** : Michaux, Johan

**Faculté** : Faculté des Sciences

**Diplôme** : Master en biologie des organismes et écologie, à finalité spécialisée en biologie de la conservation : biodiversité et gestion

**Année académique** : 2023-2024

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/21050>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

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

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

---

# ÉTUDE DU RÔLE DES CHIROPTÈRES ET DE L'AVIFAUNE EN TANT QU'AUXILIAIRES DE VITICULTURE EN CORSE



Mémoire présenté par **Rémi Somers**  
en vue de l'obtention du grade de **Master en Biologie**  
**de la Conservation : Biodiversité et Gestion**

**SEPTEMBRE 2024**

Promoteur : **Dr Johan Michaux**  
Co-promotrice : **Dr Abigail Caudron**

Laboratoire de génétique de la conservation  
(GeCoLab)



## REMERCIEMENTS :

Ce travail a été possible grâce à un soutien financier du Fonds Vert pour la Transition Ecologique dans les Territoires, de l'Association de Valorisation des Vins de Calvi, et du Domaine d'Alzipratu, qu'ils en soient remerciés.

Je tiens aussi à remercier mes promoteurs, Johan Michaux et Abigail Caudron, pour m'avoir donné l'opportunité de travailler sur ce sujet d'écologie appliquée aussi ambitieux et challengeant que passionnant. Merci pour vos conseils avisés autant sur le terrain que lors des analyses et de la rédaction, merci pour vos réflexions, suggestions et relectures qui m'ont permis de rester motivé et de garder le cap.

Merci à Abigail Caudron et à Pierre Acquaviva pour votre implication sans faille dans la mise en place de ce projet et la coordination des différents intervenants aussi bien vigneron que scientifiques. Sans vous ce projet n'aurait pu exister. Merci à vous ainsi qu'à toute l'équipe d'Alzipratu pour votre confiance, votre intérêt et surtout pour votre accueil si chaleureux lors de chacun de mes séjours.

Je tenais également à remercier nos nombreux collaborateurs pour leur aide et conseils grâce auxquels nous avons pu récolter un jeu de données riche et original :

Adrien André pour m'avoir guidé lors du traitement et de l'analyse de nos échantillons au laboratoire. Merci à toi ainsi qu'à Chloé Vescera pour votre expertise et vos conseils avisés pour l'analyse de mes résultats.

Merci au Groupe Chiroptères Corse (GCC), en particulier Chloé Dugast et Grégory Beuneux pour vos nombreux conseils et apprentissages et pour vos accompagnements sur le terrain. Ainsi que pour certaines données et cartes issues de leur diagnostic chiroptérologique.

Merci à l'équipe du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE – CNRS) : Anne Charmantier, Christophe De Franceschi, Claire Doutrelant, Arlette Fauteux et Hélène Dion-Phénix pour votre accueil, vos nombreux conseils et votre expertise concernant l'écologie des mésanges ainsi que leur échantillonnage.

Merci à l'équipe de BioPhonia, pour votre analyse bioacoustique du vignoble.

Merci à Thomas Armand de l'association A Pichjarina pour le recensement par points d'écoute STOC réalisé au vignoble.

Pour les nombreux échantillons d'oiseaux récoltés lors des captures, merci à Antoine Simon Leoncini (A Pichjarina) mais également à Gilles Faggio et à Juliette Linossier.

Merci à Anne-Gaëlle Dubreuil-Lachaud (Chambre d'agriculture) pour ton expertise et pour les données de suivi des insectes au vignoble d'Alzipratu.

Finalement j'aimerais remercier mes proches pour votre soutien inconditionnel tout au long de mon aventure académique.

## RÉSUMÉ

### **Étude du rôle des chiroptères et de l'avifaune en tant qu'auxiliaires de viticulture en Corse**

*Mémoire réalisé par Rémi Somers dans le laboratoire de génétique de la conservation sous l'encadrement de Dr Johan Michaux et de Dr Abigail Caudron. Année académique 2023-2024*

Face aux défis posés par la dégradation de la biodiversité en milieu agricole et par la pression des insectes ravageurs en viticulture biologique exacerbée par le changement climatique, cette étude pilote explore le potentiel des oiseaux et des chiroptères comme agents de lutte biologique dans un vignoble Corse. Les objectifs principaux étaient de documenter sur ce site au printemps les espèces de vertébrés connus par ailleurs comme auxiliaires de (viti)culture, d'explorer leurs régimes alimentaires et d'observer l'influence de la structure des habitats sur leur présence et activité.

Par une cartographie écologique et des méthodes de recensement visuel et bioacoustique, nous avons établi un état des lieux de la qualité écologique du vignoble étudié et mis en évidence l'intérêt des différents habitats et strates végétales. L'étude a combiné des observations ornithologiques et chiroptérologiques avec une exploration des régimes alimentaires par séquençage génétique des déjections. Trois méthodes de recensement de l'avifaune ont été comparées : transects, points d'écoute et enregistreurs bioacoustiques; pour les chiroptères, un suivi bioacoustique a été privilégié. Nos résultats suggèrent une bonne efficacité des transects pour les besoins de cette étude. En ce qui concerne la végétation adjacente, entre et autour des parcelles, nous avons mis en évidence l'importance de zones ouvertes pour une guilda d'oiseaux insectivores utiles en tant qu'auxiliaires. Les strates arbustives et arborées se sont quant à elles révélées essentielles pour une série d'espèces d'oiseaux dont les mésanges *Parus major* et *Cyanistes caeruleus* (accueillies dans des nichoirs) mais également pour les chiroptères bien que nombre de ceux-ci aient aussi significativement fréquenté les parcelles de vignes. L'exploration des régimes alimentaires des oiseaux et chiroptères recensés a validé leur potentiel d'auxiliaires de culture : nous avons pu montrer qu'ils consomment une variété importante d'insectes ravageurs et nuisibles notables en santé humaine, animale et végétale, y compris des familles de ravageurs de la vigne tels que les tordeuses, les cicadelles et les pyrales, ce qui souligne leur rôle potentiel dans la régulation naturelle de ces derniers.

Cette étude indique que l'intégration de la gestion des habitats naturels et semi-naturels dans les zones adjacentes aux parcelles de vignes est essentielle pour maximiser les services écosystémiques dans les vignobles. L'amélioration de la connectivité écologique par la plantation de haies et la conservation des arbres et buissons existants, l'entretien de zones ouvertes telles que les jachères/friches, et le déploiement d'abris tels que gîtes, reposoirs et nichoirs sont autant d'éléments susceptibles de favoriser la présence utile des auxiliaires oiseaux et chiroptères.

# TABLE DES MATIERES

<i>Remerciements</i> .....	<i>A</i>
<i>Résumé</i> .....	<i>B</i>
<i>Table des matières</i> .....	<i>C</i>
<i>Liste des abréviations</i> .....	<i>G</i>
<i>Liste des figures et tableaux</i> .....	<i>H</i>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objectifs du mémoire.....	8
<b>2. Matériel et méthodes</b> .....	<b>10</b>
2.1 Zone d'étude et d'échantillonnage .....	10
2.2 Cartographie écologique du vignoble.....	11
2.2.1 Couverture et hauteur de la végétation adjacente aux vignes.....	11
2.2.2 Favorabilité des habitats pour les chiroptères.....	12
2.2.3 Connectivité des habitats pour les chiroptères.....	13
2.3 Recensements .....	13
2.3.1 Recensements ornithologiques.....	13
2.3.1.1 Points d'écoute .....	13
2.3.1.2 Bioacoustique.....	13
2.3.1.3 Transects.....	14
2.3.2 Chiroptères.....	15
2.3.2.1 Bioacoustique.....	15
2.3.3 Insectes ravageurs .....	16
2.3.4 Construction des jeux de données.....	17
2.4 Suivi des nichées de mésanges .....	18
2.5 Étude du régime alimentaire .....	19
2.5.1 Oiseaux : Sites et méthodes d'échantillonnage.....	19
2.5.1.1 Captures .....	19
2.5.1.2 Échantillonnage au nid.....	20
2.5.2 Chiroptères : Sites et méthodes d'échantillonnage.....	20
2.5.2.1 Sites d'échantillonnage.....	20
2.5.2.2 Méthode d'échantillonnage.....	21
2.5.3 Analyses génétiques .....	21
2.5.3.1 Extraction d'ADN .....	21
2.5.3.2 PCRs.....	21

2.5.3.3	Séquençage haut débit NovaSeq Illumina .....	21
2.5.3.4	Traitements bio-informatiques.....	22
2.5.3.5	Interprétation des données .....	22
2.5.4	Construction des jeux de données.....	22
<b>2.6</b>	<b>Analyses statistiques .....</b>	<b>23</b>
2.6.1	Indices de biodiversité.....	23
2.6.2	Habitats des oiseaux observés.....	23
2.6.3	Analyse des régimes alimentaires d'oiseaux et de chiroptères.....	24
<b>3.</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Cartographie écologique du vignoble et intérêt des différents composants du paysage</b>	
	<b>25</b>	
3.1.1	Stratification végétale des zones adjacentes au vignoble.....	25
3.1.2	Favorabilité des habitats pour les chiroptères.....	26
3.1.3	Connectivité des habitats pour les chiroptères.....	27
<b>3.2</b>	<b>Recensement des espèces d'oiseaux fréquentant le vignoble et comparaison des méthodes.....</b>	<b>27</b>
3.2.1	Habitats à privilégier afin d'augmenter la fréquentation des auxiliaires.....	30
<b>3.3</b>	<b>Recensement des espèces de chiroptères fréquentant le vignoble.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Mise en évidence de la consommation de ravageurs par certaines espèces fréquentant le vignoble par analyse génétique des déjections.....</b>	<b>32</b>
3.4.1	Récapitulatif des échantillons obtenus et de l'efficacité des analyses génétiques .....	33
3.4.2	Suivi des principaux insectes ravageurs au vignoble d'Alzipratu.....	33
3.4.3	Invertébrés dans les régimes alimentaires.....	34
3.4.4	Identifications des insectes ravageurs dans les régimes alimentaires .....	37
<b>3.5</b>	<b>Installation de nichoirs à mésanges dans un contexte de lutte biologique .....</b>	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Cartographie.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Recensements de biodiversité :.....</b>	<b>41</b>
4.2.1	Comparaison des méthodes d'échantillonnage.....	41
4.2.2	Recensements des chiroptères par bioacoustique .....	43
<b>4.3</b>	<b>Rôle des oiseaux et des chiroptères en tant qu'auxiliaire de culture .....</b>	<b>43</b>
4.3.1	Espèces d'insectes ravageurs identifiées dans les régimes alimentaires des oiseaux et chiroptères étudiés	44
4.3.1.1	Les lépidoptères: tordeuses, noctuelles et autres lépidoptères ravageurs .....	44
4.3.1.2	Les hémiptères: pucerons, cicadelles, punaises et autres hémiptères ravageurs .....	44
4.3.1.3	Les diptères: tipules, moustiques et mouches mordeuses.....	45

4.3.1.4	Autres insectes ravageurs identifiés .....	46
4.3.2	Intérêt des chiroptères et des oiseaux en tant qu'auxiliaires de la vigne.....	46
<b>4.4</b>	<b>Installation de nichoirs dans un contexte de lutte biologique en milieu viticole .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5</b>	<b>Propositions de recommandations basées sur la cartographie écologique et les observations d'oiseaux et de chiroptères.....</b>	<b>48</b>
<b>5.</b>	<b><i>Conclusion et perspectives</i> .....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b><i>Bibliographie</i>.....</b>	<b>51</b>
<b>7.</b>	<b><i>Annexes</i> .....</b>	<b>65</b>
<b>Annexe 1 : Cartes.....</b>		<b>65</b>
Annexe 1.1 :	Différentes parcelles et cépages du vignoble d'Alzipratu.....	65
Annexe 1.2 :	Occupation du sol dans les principales zones adjacentes au vignoble d'alzipratu.....	66
<b>Annexe 2 : Illustrations .....</b>		<b>68</b>
Annexe 2.1 :	Protocole d'enregistrement acoustique de l'avifaune (figure issue du rapport de BioPhonia, juin 2024).....	68
Annexe 2.2 :	Modèles de pièges collants utilisés pour le suivi de : (A) <i>Lobesia botrana</i> , <i>Eupoecilia Ambiguella</i> et <i>cryptoblabes gnidiella</i> à l'aide de capsules à phéromones ; et (B) du piège chromatique pour le suivi de <i>Empoasca vitis</i> .....	68
Annexe 2.3 :	Modèles de nichoirs installés au sein du vignoble d'Alzipratu .....	69
Annexe 2.4 :	Illustrations de la récolte de fientes par capture : .....	70
<b>Annexe 3 : Détails sur les analyses génétiques .....</b>		<b>71</b>
A.	Extraction d'ADN .....	71
B.	PCRs.....	71
C.	Séquençage haut débit NovaSeq Illumina .....	72
D.	Traitements bio-informatiques.....	73
E.	Interprétation des données .....	73
<b>Annexe 4 : Occupation des différentes zones d'habitat par les principaux oiseaux observés au vignoble d'Alzipratu.....</b>		<b>75</b>
<b>Annexe 5 : Suivi des insectes ravageurs au vignoble d'Alzipratu entre 2022 et 2024 .....</b>		<b>76</b>
<b>Annexe 6 : Nombre d'échantillons récoltés par espèce d'oiseaux et de chiroptères .....</b>		<b>77</b>
<b>Annexe 7 : Pourcentage d'occurrence des ordres d'arthropodes dans le régime alimentaire des oiseaux et chiroptères (par espèce) .....</b>		<b>78</b>
Annexe 7.1 :	PO des ordres d'arthropodes dans le régime alimentaire des oiseaux échantillonnés .....	78
Annexe 7.2 :	Focus sur PO des ordres d'arthropodes consommés par <i>Parus major</i> et <i>Cyanistes caeruleus</i> .....	79
Annexe 7.3 :	PO des ordres d'arthropode dans le régime alimentaire des chiroptères échantillonnés .....	80

<b>Annexe 8 : Pourcentage d'occurrence des familles d'hémiptères dans le régime alimentaire des oiseaux et chauve-souris (par espèce) .....</b>	<b>81</b>
<b>Annexe 9 : Fréquence d'occurrence des espèces d'invertébrés identifiées dans le régime alimentaire de chacune des espèces de chiroptères et d'oiseaux analysées. ....</b>	<b>84</b>

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AOP : Appellation d'Origine Protégée (anciennement AOC : Appellation d'Origine Contrôlée)

CEFE : Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CNRS, Montpellier)

CRBPO : Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (Muséum National d'Histoire Naturelle, ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche & ministère de la transition écologique)

GCC : Groupe Chiroptères Corse

PCR : Réaction en Chaîne par Polymérase

PO : Pourcentage d'occurrence

FO : Fréquence d'occurrence

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

### Figures

Figure 1 : Principaux régimes alimentaires connus des espèces d'oiseaux observées au vignoble d'Alzipratu.....	28
Figure 2 : Stratification végétale moyenne par espèce d'oiseau .....	31
Figure 3 : Suivi des principaux insectes ravageurs au vignoble d'Alzipratu au printemps 2024 en fonction des parcelles (et cépages) .....	34
Figure 4 : Pourcentage d'occurrence cumulés (oiseaux et chiroptères) des différents ordres d'arthropodes identifiés.....	34
Figure 5 : Fréquence d'occurrence (FO) des principaux groupes d'insectes ravageurs en fonction du nombre d'échantillons d'oiseaux et de chiroptères .....	38
Figure 6 : Pourcentage d'occurrence des différentes familles d'hémiptères et de lépidoptères identifiées dans les déjections des oiseaux et chiroptères étudiés .....	39

### Tableaux

Tableau 1 : Comparaison des méthodes de recensement de l'avifaune.....	28
Tableau 2 : Détection des espèces d'oiseaux selon les méthodes.....	30
Tableau 3 : Intensité de l'activité des chiroptères au vignoble d'Alzipratu (données du GCC) .....	32

### Cartes

Carte 1 : Occupation du sol de la région viticole de Calvi et gîtes à chiroptères connus .....	10
Carte 2 : Zones d'habitats adjacentes aux parcelles cultivées au vignoble d'Alzipratu .....	11
Carte 3 : Méthodes utilisées pour le recensement de l'avifaune au vignoble d'Alzipratu .....	15
Carte 4 : Enregistreurs pour le suivi bioacoustique de l'activité des chiroptères au vignoble d'Alzipratu.....	16
Carte 5 : Répartition des différents modèles de nichoirs au vignoble d'Alzipratu.....	19
Carte 6 : Stratification végétale dans les différentes zones de végétation adjacentes au vignoble d'Alzipratu.....	25
Carte 7 : Potentiel de présence de certaines espèces de chiroptères trouvées en Corse, sur base de leur niche écologique et de la favorabilité théorique des zones (carte issue du diagnostic du GCC) .....	26
Carte 8 : Connectivité écologique du vignoble d'Alzipratu illustrée par des zones tampon autour des corridors écologiques selon leur qualité (carte issue du diagnostic du GCC).....	27

Carte 9 : Occupation des nichoirs au vignoble d'Alzipratu.....40

# 1. INTRODUCTION

La biologie de la conservation est une discipline qui vise à comprendre les mécanismes de perte de biodiversité, à intervenir pour prévenir ces pertes et à encourager une gestion durable des ressources naturelles. L'agriculture, notamment celle pratiquée dans les régions viticoles, occupe une place unique dans ce contexte, car elle est à la fois une source majeure de dégradation environnementale mais aussi une opportunité pour la conservation de la biodiversité. Les vignobles représentent 7,2 millions d'hectares dans le monde dont environ 11% se trouvent en France et représentent 1,4% du PIB national, et générant 92 milliards d'euro de chiffre d'affaire (Deloitte, 2024; OIV, 2023). Bien que le Corse ne représente que 1 % du vignoble national, la viticulture est la première activité agricole de l'île en chiffre d'affaire, ainsi que le premier employeur du secteur agricole corse (Conseil Interprofessionnel des Vins de Corse 2024). La viticulture rassemble donc des écosystèmes d'intérêts économique et politique, mais aussi paysager et écologique qui interagissent avec les autres écosystèmes locaux et régionaux.

Depuis la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, la priorité était à la production de masse après la 2<sup>nd</sup>e Guerre mondiale et les exploitations agricoles européennes ont souvent adopté une approche monoculturale. Cette tendance a été encouragée par la politique agricole commune (PAC, 1962) qui fut l'une des premières politiques communes établie par la Communauté Économique Européenne (aujourd'hui Union Européenne) à la suite du traité de Rome (1957) visant à unir économiquement les pays membres (Emmerson et al., 2016). L'objectif général de la PAC est d'augmenter la productivité agricole tout en assurant un revenu équitable aux agriculteurs et des prix raisonnables aux consommateurs (Emmerson et al., 2016). La PAC a notamment financé et soutenu le développement et l'utilisation de produits chimiques agricoles (engrais, pesticides et herbicides), de la mécanisation et le remembrement des terres agricoles, homogénéisant et réduisant la connectivité du paysage (Emmerson et al., 2016).

Cette approche monoculturale a rendu les cultures particulièrement susceptibles aux maladies et aux attaques de ravageurs. Une vulnérabilité exacerbée par des pratiques agricoles intensives qui, tout en cherchant à maximiser les rendements, perturbent les équilibres écologiques locaux. Face à ces défis, les viticulteurs européens sont aujourd'hui confrontés à la nécessité de repenser leurs méthodes de gestion des ravageurs en réponse à des législations environnementales de plus en plus strictes et une demande croissante des consommateurs pour des produits issus de pratiques durables et respectueuses de l'environnement. Par ailleurs, la problématique des ravageurs en agriculture tend à s'aggraver avec les changements climatiques en cours. Le réchauffement de la planète favorise l'émergence locale de nouveaux insectes nuisibles pour lesquels il n'existe pas

encore de stratégies de lutte (IPPC Secretariat, 2021) et pourrait également intensifier les défis posés par des espèces déjà problématiques, en raison d'une modification de leur phénologie ou une augmentation du voltinisme, c'est-à-dire du nombre de générations d'insectes par an (Reineke & Thiery, 2016). Ce phénomène est illustré chez *Lobesia botrana*, le ver (ou tordeuse) de la grappe, un petit lépidoptère dont la chenille est un ravageur de la vigne: une température accrue lui permet d'augmenter le nombre de cycles de vie complets au cours de l'année (Gutierrez et al., 2018). En outre, les aires de distribution, l'activité et/ou la phénologie d'agents de contrôle naturels tels que des insectes prédateurs ou parasitoïdes pourraient aussi être affectés par les changements climatiques (Reineke & Thiery, 2016).

Les pesticides ont été développés et déployés en réponse aux ravageurs agricoles mais leur utilisation a rapidement engendré des effets marqués sur les écosystèmes. Suite à l'alerte lancée notamment par Rachel Carson en 1962 dans son ouvrage "Silent Spring", une première diminution de leur utilisation fut instaurée et certains produits furent interdits (Schulz et al., 2021). Bien que l'on constate une diminution de la masse de pesticides utilisés au cours des dernières décennies, il est préoccupant de noter que la toxicité des nouveaux pesticides semble augmenter (Schulz et al., 2021). En parallèle, les surplus et résidus de nombreux pesticides persistent et se transforment dans l'environnement, causant d'autres problèmes comme la bioaccumulation de métabolites toxiques au sein de chaînes trophiques pouvant atteindre l'Homme, l'exemple le plus marquant étant celui du DDT (Crowe & Smith, 2007). Outre les problèmes de santé publique liés à leur utilisation, les conséquences des insecticides sur l'environnement sont importantes (Rani et al., 2021). Par exemple l'utilisation d'insecticides néonicotinoïdes figure parmi les principales causes de perte de biodiversité en milieu agricole, avec un impact prononcé sur les populations d'oiseaux insectivores, en raison de leur neurotoxicité mais surtout en raison du manque de nourriture causé par la disparition massive des insectes (Eng et al., 2017, 2019; Geiger et al., 2010; Goulson, 2014).

Il est estimé que 80% des habitats naturels européens sont dans un mauvais état de conservation et l'agriculture en est l'une des causes principales (European Environment Agency., 2020; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Cette perte d'habitat est la première cause de perte de biodiversité en Europe (European Environment Agency., 2020). Différentes études s'accordent pour dire que 60% à 80% de la biomasse en insectes a disparu d'Europe au cours des deux dernières décennies en raison de l'utilisation intensive des pesticides (Hallmann et al., 2017; Seibold et al., 2019). À l'échelle mondiale, 40% des insectes connus sont considérés en danger d'extinction (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). En Europe, 17 à 19% des oiseaux ont disparu, et selon certaines estimations, 60% des oiseaux agricoles ont disparu (Burns et al., 2021; Rigal et al., 2023; *Wild Bird Populations in the UK, 1970 to 2022*, 2023). Quant aux chauve-souris (les chiroptères), bien que la plupart de leurs

populations semblent se rétablir en Europe après un fort déclin durant le 20<sup>ème</sup> siècle, elles n'échappent pas aux menaces liées à la perte d'habitat et autres perturbations causées par l'urbanisation et l'agriculture (Browning et al., 2021; Van der Meij et al., 2015).

Dans ce contexte et en réponse à ces enjeux, l'émergence au fil des années de méthodes agricoles dites biologiques témoigne d'une préoccupation croissante pour l'environnement. L'agriculture biologique est une approche basée sur l'utilisation de substances et de procédés plus naturels pour fertiliser le sol et contrôler les parasites sans recourir aux pesticides et engrais chimiques (Commission européenne, 2024). Cette approche vise à instaurer un équilibre entre la productivité des cultures et la préservation de l'environnement, vers une production plus durable.

En 2022, l'agriculture biologique représentait seulement 2% (soit 96,4 millions d'hectares) de la surface cultivée mondiale, avec une croissance annuelle de 26,6% par rapport à 2021 (Willer et al., 2024). Avec 10,4% de sa surface agricole en Bio, l'UE se place parmi les leaders dans ce domaine, avec une croissance relativement constante (Willer et al., 2024). Ce succès s'explique par une prise de conscience des risques sanitaires et écosystémiques d'une agriculture intensive, aussi par le grand public, avec une demande croissante en produits biologiques, que par les politiques européennes avec l'adoption des directives Habitat (92/43/CEE, 1992) et la mise en place du réseau Natura 2000 ainsi que la directive Oiseaux (2009/147/CE) (European Commission, DG Agriculture and Rural Development, 2023; Rollan et al., 2019). À partir de la réforme MacSharry (1992), un tournant a été marqué au niveau de la PAC, passant d'un système de soutien du marché, garantissant les prix de manière illimitée et encourageant un phénomène de surproduction, à un système d'aide directe au revenu pour les agriculteurs permettant de définir et de financer des mesures environnementales et d'améliorer la qualité des productions alimentaires (*Chronologie - Histoire de la PAC*, 2024; Rollan et al., 2019). Parmi ces outils, on retrouve par exemple les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC), financements européens et nationaux récompensant directement les agriculteurs pour la mise en place de pratiques répondant aux objectifs écologiques de la PAC (*PAC 2023-2027 - Commission européenne*, 2024). De même le Fonds Vert est une initiative du Ministère français de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires pour accélérer la transition écologique dans les territoires en matière d'environnement et l'adaptation des territoires au changement climatique, initiative qui finance une partie de la présente étude.

La viticulture en Europe est un bon exemple de succès. En effet, la proportion de viticulture biologique au niveau mondial est de 8,3%, dont 85% se situent en Europe (Willer et al., 2024). Ceci s'explique notamment par l'intérêt des consommateurs pour le vin biologique et le fait qu'ils sont prêts à payer un prix souvent plus élevé qui permet de combler un rendement parfois plus faible

et/ou des pratiques plus coûteuses (et des pertes) (Forbes et al., 2009; Gomiero et al., 2011; Sellers, 2016; Seufert et al., 2012).

Des méta-analyses ont montré l'impact positif de l'agriculture et de la viticulture biologique sur la biodiversité et la résilience des communautés au réchauffement climatique, surtout pour les oiseaux, les insectes et les plantes (Puig-Montserrat et al., 2017; Rollan et al., 2019; Stein-Bachinger et al., 2021). Bien qu'une grande variabilité suivant l'échelle spatiale utilisée existe dans la littérature, la diversité spécifique (le nombre d'espèces) et l'abondance (le nombre d'individus) sont en moyenne 30% et 50% plus élevées en agriculture biologique qu'en conventionnelle, et la complexité du paysage est un facteur inhérent à cette observation (Bengtsson et al., 2005; Fuller et al., 2005; Puig-Montserrat et al., 2017; Stein-Bachinger et al., 2021; Winqvist et al., 2012).

Les cahiers des charges des labels d'agriculture biologique qui limitent l'utilisation d'intrants chimiques tels que les engrais, les pesticides et les herbicides, présentent des défis considérables pour produire tout en maintenant la fertilité du sol et surtout en gérant les maladies et les insectes nuisibles. Mais malgré ces défis, la recherche en agriculture biologique a développé divers outils plus ou moins aboutis pour réduire la pression des ravageurs. Afin de lutter contre certains lépidoptères ravageurs de différentes cultures de fruits et de légumes, des méthodes telles que la « confusion sexuelle » ont été mises au point. Cette méthode est la plus efficace à l'heure actuelle pour lutter contre les ravageurs dont font partie les vers (ou tordeuses) de la grappe, une dénomination rassemblant eudémis (*Lobesia botrana*) et cochylys (*Eupoecilia ambiguella*), deux lépidoptères ravageurs dont les larves de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération perforent les raisins pour se nourrir (Chambre d'agriculture de la Gironde, 2017; Reddy & Guerrero, 2010). La méthode dite de « confusion sexuelle » consiste à diffuser des phéromones femelles dans l'ensemble du vignoble à l'aide de petits diffuseurs, désorientant ainsi les mâles qui ne parviennent plus à localiser les femelles pour s'accoupler (Smart et al., 2014). Bien que très efficaces, ces dispositifs s'avèrent relativement coûteux à l'achat et en temps de pose et de retrait en fin de saison. La présence de déchets plastiques pouvant subsister dans le sol constitue aussi une préoccupation (Stef, 2022).

Ces nouvelles dynamiques poussent les viticulteurs vers des stratégies complémentaires telles que la lutte biologique par conservation des auxiliaires autochtones. Cette approche encourage le développement spontané des espèces auxiliaires de culture natifs par le biais d'aménagements spécifiques de l'environnement et la restauration des habitats naturels. Exploitant les actions de prédation ou de parasitisme par la faune pour diminuer la pression des insectes ravageurs, cette approche favorise une biodiversité fonctionnelle au sein des vignobles. Ainsi, les viticulteurs peuvent non seulement contribuer à contrer les populations de ravageurs de manière plus naturelle et durable mais aussi améliorer la résilience de leurs vignes face aux perturbations climatiques et

aux maladies (Symondson et al., 2002). Les espèces considérées comme « auxiliaires de culture » rassemblent les organismes jouant un rôle écologique positif dans l'agriculture, dont les pollinisateurs et les décomposeurs mais aussi les prédateurs et les parasitoïdes. Ces derniers sont des organismes (insectes, nématodes, champignons, protistes, bactéries ou virus) se développant à l'intérieur d'un hôte, qu'ils finissent par tuer pour compléter leur cycle de vie. Parmi ces auxiliaires, les insectes sont souvent renseignés en tant qu'agent de lutte biologique contre d'autres invertébrés (Chambre d'agriculture de la Gironde, 2017). *Campoplex capitator* (*Ichneumonidae*) et plusieurs espèces de trichogrammes sont par exemples des parasitoïdes bien connus de *Lobesia botrana* et qu'il est possible de disséminer artificiellement à grande échelle au sein des vignes (Bioline AgroSciences, 2021; Reineke & Thiery, 2016). Cet exemple illustre la lutte biologique par inondation qui consiste à relâcher en masse des prédateurs ou parasitoïdes élevés en conditions contrôlées (Ridgway et al., 1977). Les araignées et carabidés sont également d'excellents candidats en lutte biologique car les vignes présentent une grande biodiversité et abondance de ces prédateurs, bien que leur fonction réelle en terme de biocontrôle soit encore peu connue (Thiéry et al., 2018).

L'installation de nichoirs, d'abris, ou la plantation de haies sont des pratiques souvent recommandées pour favoriser la présence de vertébrés prédateurs comme les passereaux insectivores et les chiroptères contre certains insectes ravageurs. Malgré les avantages évidents de ces pratiques sur la biodiversité en milieu agricole, les interactions écologiques entre la faune sauvage et les espèces nuisibles étaient, jusqu'il y a peu, mal connues. Aujourd'hui un nombre croissant d'études visent à démontrer une consommation de ravageurs par ces vertébrés et ainsi à objectiver leur rôle en tant qu'agents de contrôle (Barbaro et al., 2017; Wenny et al., 2011). En effet, les oiseaux fréquentant le milieu agricole sont de redoutables prédateurs insectivores, 50% d'entre eux se nourrissent principalement d'insectes et 25% de plus en consomment occasionnellement en période de reproduction (Wenny et al., 2011). Cependant, l'utilisation des oiseaux et chiroptères en tant qu'agents de contrôle fait l'objet de controverses (Thiéry et al., 2018). D'une part car certaines espèces d'oiseaux consomment également des raisins, compromettant ainsi leur utilité dans le contexte viticole (Thiéry et al., 2018). Et d'autre part, il est possible que ces deux groupes de vertébrés ne soient pas assez sélectifs dans leur prédation, ciblant ainsi non seulement des insectes nuisibles mais également des insectes utiles (Thiéry et al., 2018). Par contre, de nombreuses études ont démontré l'effet dévastateur de l'exclusion des oiseaux et chiroptères sur le rendement agricole et sur la présence des insectes phytophages (Karp et al., 2013; Maas et al., 2013; Thiéry et al., 2018). D'autres études encore montrent des résultats positifs en terme de prédation de ravageurs suite à l'installation de nichoirs. En effet, malgré une diminution d'arthropodes prédateurs naturels à proximité des nichoirs, le taux de prédation des ravageurs peut être multiplié par 2,4 par rapport

aux zones contrôles (J. A. Jedlicka et al., 2011; J. Jedlicka & Cornelisse, 2014; Thiéry et al., 2018). Les chiroptères sont également connus pour consommer de nombreux insectes ravageurs et leur rôle en tant qu'agent de biocontrôle a été largement prouvé (Baroja et al., 2019, 2021; Boyles et al., 2011; Kunz et al., 2011; Puig-Montserrat et al., 2021; Vescera et al., 2024). Dans le cadre de la lutte contre certains ravageurs de la vigne, ils semblent être des agents de contrôle intéressants, leur prédation sur *Lobesia botrana* ayant déjà été prouvée en France en contexte viticole (Charbonnier et al., 2021). Cela s'explique notamment par le grand nombre d'insectes que les chiroptères peuvent consommer, entre 30 et 80% de leur masse corporelle par nuit (Aihartza et al., 2023). Les chiroptères sont également complémentaires de la plupart des oiseaux en terme d'horaires de chasse, ces derniers correspondant aux heures et comportements de vol des lépidoptères nocturnes tels que les vers de la grappe (Thiéry et al., 2018).

Au-delà des avancées en terme de lutte biologique, ces études sont cruciales pour la conservation de la nature car elles mettent en lumière l'importance de la biodiversité et les bénéfices des services écosystémiques fournis par des espèces charismatiques familières pour le grand public. Ces espèces, souvent appelées 'iconiques' ou 'emblématiques' dans le domaine de la conservation, captivent par leur esthétique ou leur comportement, attirant ainsi l'attention des citoyens et des décideurs publics via l'intervention des médias (Small, 2011). En sélectionnant stratégiquement des espèces ou des groupes d'espèces ayant un potentiel en tant qu'espèce parapluie, le soutien des décideurs et des agriculteurs pour la mise en œuvre de mesures de protection est ainsi facilité (Small, 2011). Cela aide également à encourager les financements nécessaires à la recherche et à la conservation, augmentant ainsi les chances de succès des initiatives de préservation.

Pour optimiser les stratégies de lutte biologique, il est essentiel de connaître et de comprendre les différents moyens naturels et artificiels favorisant la présence d'auxiliaires au sein des cultures. La naturalité, la connectivité et la complexité écologique du paysage au sein et en bordure des vignes sont les caractéristiques principales qui influenceront la présence d'auxiliaires de culture (Barbaro et al., 2017; Chaperon et al., 2022; Herrera et al., 2021). De nombreux éléments de paysage sont concernés. Les haies, par exemple, constituent des corridors écologiques grâce aux ressources qu'elles apportent en terme nourriture, de protection contre les prédateurs et contre les aléas météorologiques, de reposoir ou encore de site de nidification, mais aussi en terme de repères visuels pour les oiseaux et spatio-acoustiques pour les chauves-souris, surtout celles émettant des cris d'écholocation à haute fréquence, comme les rhinolophes et les murins (Arthur et al., 2021; Herrera et al., 2021; Marchadour & Guillou, 2017). Cette adaptation d'écholocation offre à ces espèces une meilleure résolution et précision dans la détection d'objets proches, leur permettant ainsi de chasser et de se déplacer dans des environnements encombrés mais limitant leurs capacités

en milieu ouvert (Arthur et al., 2021; Polyakov et al., 2019). À ce titre, les arbres isolés jouent un rôle similaire aux haies et sont également importants en terme de connectivité, notamment pour les chiroptères : une étude réalisée dans plusieurs vignobles a par exemple montré que l'activité de chasse des chauves-souris était en moyenne 1,5 fois plus importante autour des arbres qu'en milieu ouvert, avec un effet marqué sur les chiroptères émettant à haute fréquence, effet amplifié avec la taille des arbres et leur proximité (Polyakov et al., 2019). Les zones enherbées naturelles que l'on peut retrouver dans les friches, parcelles en jachère ou en bordure de cours d'eau, ou encore des pratiques privilégiant un enherbement (naturel ou par semis d'engrais vert) entre les rangs de vignes sont également des éléments essentiels en terme de fonction écologique. Ces zones, en plus de constituer un habitat ouvert dont dépendent certaines espèces d'oiseaux, bénéficient à toute la faune invertébrée parmi laquelle de nombreux auxiliaires (Danne et al., 2010; Pétremand et al., 2016). D'autres éléments comme les points d'eau (mares, étangs, cours d'eau), qu'ils soient naturels ou artificiels tels que les drains, constituent des réservoirs de biodiversité et présentent pour la faune un intérêt supplémentaire à fréquenter les vignes. Des aménagements entièrement conçus par la main de l'Homme peuvent servir d'abris supplémentaires pour l'avifaune et les chiroptères. Par exemple, l'installation de nichoirs à oiseaux (mésanges) est un aménagement relativement simple qui montre des résultats en terme de prédation d'insectes (Bouvier & Sentenac, 2018; J. Jedlicka & Cornelisse, 2014; Marchadour & Guillou, 2017). Le patrimoine bâti est également important. Ainsi des cavités dans les murs, des bâtiments ouverts ou granges, des volets extérieurs, des accès aux toitures sont des éléments qui peuvent servir de refuge voir d'habitat pour de nombreux animaux comme les chiroptères, certains oiseaux (hirondelles rustiques et de fenêtres) ou encore les lézards (Bouvier & Sentenac, 2018). La rénovation ou la destruction de vieux bâtiments, et la fermeture de leur combles met en péril ces habitats. Sur le territoire corse, ce type d'habitat est relativement abondant. En effet, nombreux sont les paillers (ou *pagliaghji* en corse) en campagne, notamment à proximité ou au sein même des vignes. Ce sont de petits bâtis agricoles anciens en pierre qui avaient historiquement divers usages dont le stockage de paille.

Étonnamment, la diffusion de phéromones telles que celles utilisées dans la lutte par confusion sexuelle contre *Lobesia botrana* semble également attirer les chauves-souris au sein des vignes. Ces dernières, leurrées à leur tour, se retrouvent alors à proximité des insectes ravageurs ciblés augmentant dès lors l'efficacité du traitement par leur prédation (Korine et al., 2022).

Dans les vignobles de Corse, l'interaction entre l'agriculture et les écosystèmes naturels est particulièrement palpable. En effet, les parcelles agricoles sont très souvent entourées de vastes zones de végétation naturelle (c'est le cas pour le vignoble étudié ici). La Corse, avec sa riche biodiversité relativement préservée et ses écosystèmes variés, présente un laboratoire naturel pour

explorer comment les pratiques de conservation intégrées dans l'agriculture peuvent contribuer non seulement à la durabilité de la viticulture mais aussi à la protection et à la valorisation de la biodiversité locale. L'état des connaissances actuelles indique que les chiroptères et l'avifaune jouent des rôles écologiques significatifs en tant qu'auxiliaires de (viti)culture par leur contribution au contrôle naturel des insectes ravageurs. Par conséquent, mieux comprendre et soutenir leur présence dans les vignobles peut être considéré comme un aspect essentiel de la biologie de la conservation appliquée à l'agriculture. Cela met en lumière le besoin d'une approche intégrée qui considère les vignobles non seulement comme des sites de production agricole mais aussi comme des composants vitaux des paysages naturels locaux qui peuvent contribuer activement à la préservation de la biodiversité et au maintien de la santé écologique globale. Ce travail a donc été conçu comme une étude pilote avec pour objectif, dans un premier temps, d'explorer et d'évaluer diverses méthodes de recensement telles que les points d'écoute, les transects et la bioacoustique, mais aussi de cartographie afin d'établir un état des lieux de la qualité écologique du vignoble ainsi que de sa biodiversité ornithologique et chiroptérologique. En testant ces différentes méthodes, l'étude vise à appréhender les habitats dont dépendent les espèces présentes. Dans un second temps, l'étude s'est concentrée sur l'examen du rôle de ces espèces en tant qu'auxiliaires de culture, en explorant leur régime alimentaire par diverses méthodes d'échantillonnage telles que les captures, les échantillonnages au nid ou la récolte de guano sous les colonies de chiroptères, et de la génétique. L'objectif était de valider le potentiel de ces oiseaux et chiroptères à contribuer à la lutte biologique contre les ravageurs, en identifiant les groupes d'insectes effectivement consommés dans un vignoble de Balagne (Corse) et sa région environnante.

La multidisciplinarité inhérente à ce projet a nécessité l'interaction de plusieurs intervenants issus d'organismes scientifiques privés, publics et universitaires. Le volet sur les chiroptères a été engagé en complémentarité d'un volet porté par le Groupe Chiroptères Corse (GCC) en collaboration avec 7 vigneron de l'AOP Calvi. Les collaborations et expertises apportées par l'association ornithologique A Pichjarina, l'entreprise de bioacoustique BioPhonia, et le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) du CNRS à Montpellier ont permis la récolte de données et d'échantillons essentiels pour le volet ornithologique de cette recherche. Finalement les études de régime alimentaire ont été réalisées avec l'aide de l'équipe du Laboratoire de Génétique de la Conservation de l'Université de Liège (GeCoLab), en Belgique.

## 1.1 OBJECTIFS DU MÉMOIRE

**Objectif Principal :** Investiguer le rôle de l'avifaune et des chiroptères en tant qu'auxiliaires dans un vignoble de Corse (le domaine d'Alzipratu) et ses environs, afin de comprendre leur impact sur la régulation des insectes ravageurs dont notamment l'eudémis de la vigne (*Lobesia botrana*), la

cochylys (*Eupoecilia ambiguella*) et la cicadelle verte (*Empoasca vitis*) dans le cadre d'une viticulture biologique.

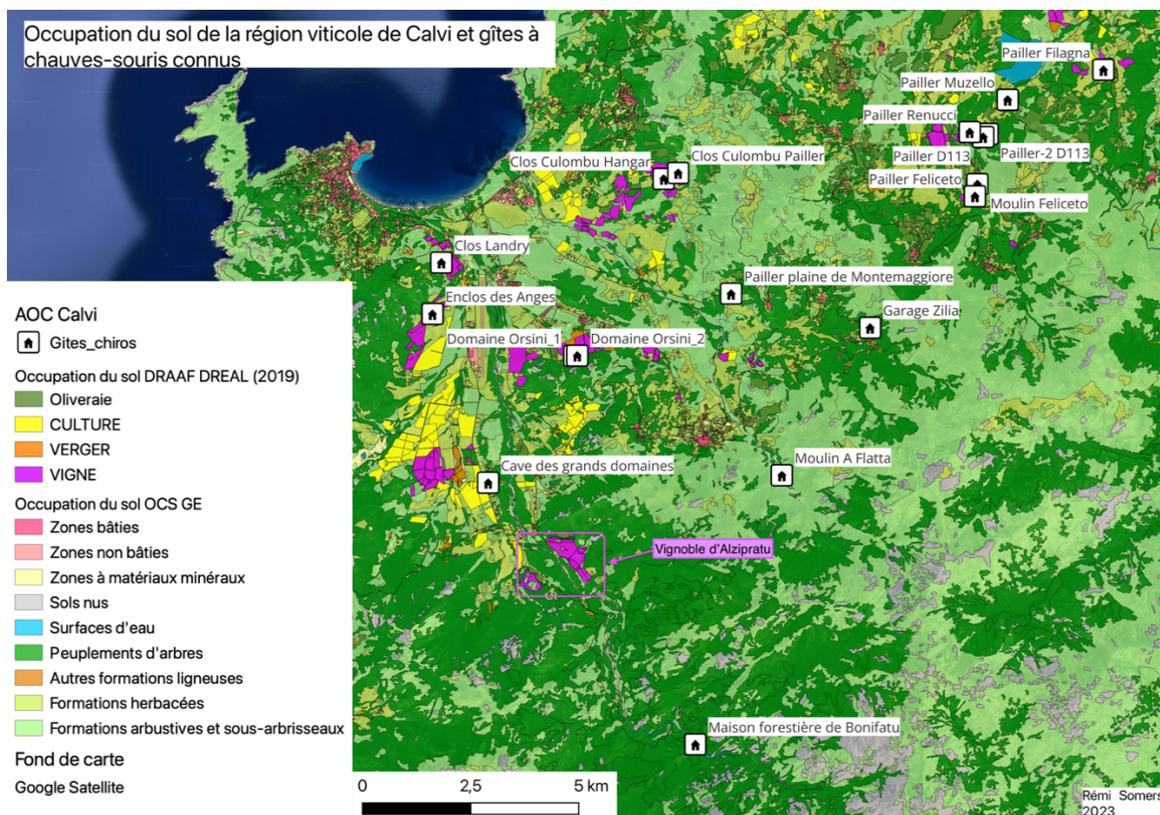
### **Objectifs Spécifiques et questions de recherche :**

1. Cartographier le vignoble pour décrire les éléments environnementaux d'importance en matière d'habitat tels que les haies, les friches et les points d'eau connus pour favoriser la biodiversité et la présence des auxiliaires.
  - 1.1. Quels sont les habitats à privilégier afin d'augmenter les probabilités de fréquentation des espèces auxiliaires observées au sein des vignes ?
2. Identifier les espèces d'oiseaux fréquentant le vignoble d'Alzipratu au cours du printemps par techniques de bioacoustique, observations visuelles et points d'écoute.
  - 2.1. Quelles espèces d'oiseaux fréquentent le vignoble ? Comparaison de 3 méthodes distinctes (transects, points d'écoute active, bioacoustique passive) et évaluer la meilleure méthode ou la complémentarité entre celles-ci.
3. Identifier les espèces de chiroptères fréquentant le vignoble d'Alzipratu au cours du printemps.
  - 3.1. Quelles sont les espèces fréquentant le vignoble d'après la bioacoustique passive ?
4. Mettre en évidence la consommation d'insectes ravageurs par certaines espèces d'oiseaux et chiroptères fréquentant le vignoble.
  - 4.1. Quelles sont les espèces d'insectes ravageurs identifiées dans les déjections des oiseaux et chiroptères étudiées ?
  - 4.2. Les oiseaux et chiroptères échantillonnés consomment-ils des insectes des familles des 4 principaux ravageurs qui posent problème aux viticulteurs de Balagne, si oui quelles espèces (ou groupes d'espèces) et dans quelles proportions ?
5. Investiguer l'utilité d'aménagements tels que l'installation de 45 nichoirs à mésanges dans un contexte de lutte biologique
  - 5.1. Quels ont été les principaux facteurs influençant le taux d'occupation et de nidification parmi les différents nichoirs installés (type de nichoir, disposition, zone d'habitat, diamètre de l'entrée) ?
  - 5.2. Les mésanges bleues et charbonnières ont-elles présenté des différences en terme de consommation des insectes ravageurs ?
6. Contribuer à la formulation de pratiques agricoles durables en proposant des recommandations basées sur les résultats obtenus.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 ZONE D'ÉTUDE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

Cette étude a été menée dans l'aire d'appellation d'origine protégée (AOP) Calvi, dans le Nord-Ouest de la Corse, en France. Cette île méditerranéenne présente une biodiversité remarquable, et sa latitude implique que ses écosystèmes sont particulièrement sensibles aux changements climatiques, avec des modifications de la végétation, une augmentation des sécheresses, et d'autres impacts environnementaux attendus dans le cadre du réchauffement climatique (Pilatus et al., 2021). De plus, son caractère insulaire peut exacerber la problématique des espèces invasives. Par exemple, l'invasion de la fourmi *Tapinoma magnum* est observée dans de nombreuses régions de l'île, où elle menace la biodiversité et, dans certains cas, les cultures, y compris les vignobles (Bujan et al., 2021; Destour et al., 2024).



CARTE 1 : OCCUPATION DU SOL DE LA RÉGION VITICOLE DE CALVI ET GÎTES À CHIROPÈRES CONNUS

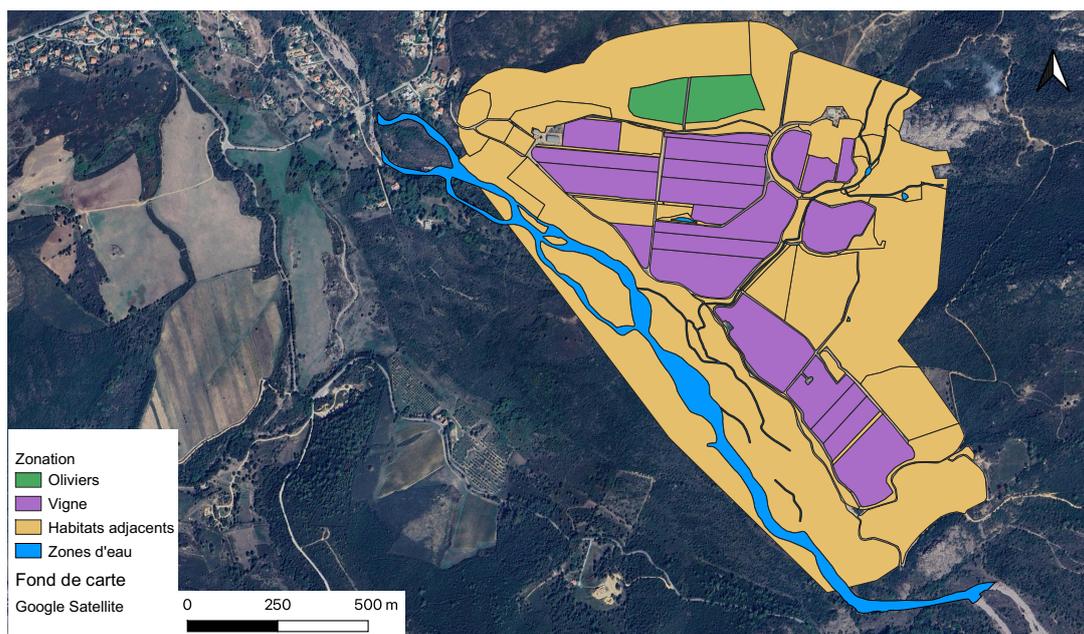
Deux échelles spatiales différentes ont été utilisées dans le cadre de notre travail afin de prendre en compte les différences écologiques des deux groupes d'animaux étudiés. Les oiseaux ont été étudiés à l'échelle du vignoble d'Alzipratu uniquement (voir carte 2) car la plupart des espèces fréquentant le vignoble sont sédentaires, au moins durant leur période de reproduction, et s'alimenteront donc au sein du vignoble ou dans les habitats adjacents. Au contraire, les chiroptères sont quant à eux connus pour parcourir une dizaine de kilomètres chaque jour pour aller chasser. Il est donc pertinent

de les étudier à plus large échelle vu leur domaine vital plus grand (voir carte 1). Néanmoins, l'échelle du vignoble d'Alzipratu sera également abordée dans le volet chauve-souris étant donné qu'un diagnostic écologique est effectué par le GCC afin de comprendre les éléments de paysage favorisant la présence des chiroptères à cette échelle.

## 2.2 CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DU VIGNOBLE

Afin d'illustrer le contexte écologique du site d'étude et de pouvoir croiser ces informations avec les observations faunistiques, différentes cartes d'éléments d'habitats ont été réalisées sur le logiciel QGIS avec un fond de carte Google Maps de 2023.

La première étape effectuée afin de servir de base aux cartes suivantes est la zonation des habitats adjacents aux parcelles de rangs de vignes (cultivées) à proprement parler. Sur base d'un tampon de 100m par rapport au périmètre du vignoble, le site d'étude a été divisé en différents polygones, en se basant sur l'homogénéité de la couverture du sol. La carte 2 montre la répartition de ces différentes zones, incluant les parcelles de vignes (en violet), les oliveraies (en vert), et les habitats naturels environnants (en orange).



**CARTE 2 : ZONES D'HABITATS ADJACENTES AUX PARCELLES CULTIVÉES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU**

### 2.2.1 COUVERTURE ET HAUTEUR DE LA VÉGÉTATION ADJACENTE AUX VIGNES

Les différentes strates de végétation présentant des fonctions écologiques différentes, il est utile de les décrire pour chacune des zones du site d'étude (hors parcelles de vignes à proprement parler). Pour cela, nous avons utilisé le plug-in et l'application smartphone « Mergin Maps » afin d'encoder le pourcentage (de 0 à 100) de recouvrement du sol estimé sur le terrain pour chaque strate végétale. Nous avons retenu quatre strates:

- **Strate herbacée (0-25 cm)** : sol nu ou végétation rase composée principalement d'espèces naturelles et/ou issues des semis d'engrais verts ou des apports de compost telles que le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*), la luzerne (*Medicago sativa*), le trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*), la psoralée bitumineuse (*Bituminaria bituminosa*), des bromes (*Bromus*), l'avoine cultivée (*Avena sativa*) ou encore diverses espèces d'orges (*Hordeum*)
- **Strate intermédiaire (25-75 cm)** : végétation herbacée haute ou petits arbustes et jeunes plants. On y retrouve des espèces naturelles caractéristiques telles que l'immortelle d'Italie (*Helichrysum italicum*), la lavande papillon (*Lavandula stoechas*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*), les vesces (*Vicia*), le daphné garou (*Daphne gnidium*), le chardon laiteux (*Galactites tomentosa*), la vipérine commune (*Echium vulgare*) ou encore le pastel des teinturiers (*Isatis tinctoria*)
- **Strate arbustive (75-200 cm)** : arbustes typiques du maquis ou jeunes arbres tels que la bruyère arborescente (*Erica arborea*), le calicotome épineux (*Calicotome spinosa*), le ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*), le ciste de crête (*Cistus creticus*), le myrte commun (*Myrtus communis*), le filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*) ou encore le genêt corse (*Genista corsica*)
- **Strate arborée (200-500+ cm)** : arbres typiques du maquis ou plantés dans le cadre des actions de vitiforestierie sur le vignoble, tels que le chêne vert (*Quercus ilex*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), l'oléastre (*Olea europaea sylvestris*), l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), le caroubier (*Ceratonia siliqua*), l'amandier sauvage (*Prunus dulcis*), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) ou encore le pin d'Alep (*Pinus halepensis*)

Vu la possibilité de chevauchement de différentes strates, la somme des pourcentages pour toutes les strates est supérieure à 100%. Afin de représenter au mieux ces proportions, nous avons étiqueté chaque zone à l'aide d'un histogramme empilé représentant la proportion de recouvrement de la zone par chacune des strates.

#### 2.2.2 FAVORABILITÉ DES HABITATS POUR LES CHIROPTÈRES

Afin d'évaluer la favorabilité des différentes zones composant le vignoble pour les chiroptères, un indice de favorabilité basé sur les besoins et préférences écologiques générales (connectivité, occupation du sol, ouverture du milieu, présence ou non de points d'eau,...) de ces animaux a été imaginé par le GCC. Cet indice varie au sein du vignoble de 3, le moins favorable, à 7, le plus favorable. En plus de cela, différentes zones représentatives des différents habitats présents au sein du vignoble d'Alzipratu ont été mises en évidence et les espèces qui sont susceptibles de s'y retrouver y ont été représentées.

### 2.2.3 CONNECTIVITÉ DES HABITATS POUR LES CHIROPTÈRES

La connectivité écologique au sein du vignoble a été représentée, sous les conseils du GCC, par des zones tampons de différentes tailles (10, 20 ou 50 mètres) autour des principaux corridors écologiques du vignoble. La taille de ces tampons a été déterminée en fonction de la qualité de la connectivité (faible, moyenne ou bonne) et de la probabilité que les chauves-souris s'en éloignent pour aller chasser dans les vignes.

## 2.3 RECENSEMENTS

Afin de faire un premier état des lieux de la biodiversité aviaire et de chiroptères au sein du vignoble d'Alzipratu, différentes méthodes visuelles et acoustiques de recensement ont été utilisées, permettant dans certains cas de comparer ces méthodes dans notre contexte.

### 2.3.1 RECENSEMENTS ORNITHOLOGIQUES

#### 2.3.1.1 POINTS D'ÉCOUTE

Le point d'écoute est une méthode qui fait partie du groupe des méthodes d'échantillonnages ponctuels simples (EPS). Ces dernières consistent à effectuer un maximum d'observations dans une position et un temps imparti. En France, un suivi national est coorganisé par la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) : le suivi temporel des oiseaux communs (STOC). C'est dans ce cadre qu'ont été réalisés dix points d'écoute répartis dans le vignoble (voir carte 3), par un ornithologue très expérimenté de l'association A Pichjarina. Matérialisés par des piquets numérotés dont nous avons sélectionné les emplacements, ces dix points étaient, comme préconisé par le protocole STOC, parcourus une fois par mois au cours du printemps (22 mars, 21 avril et 27 mai 2024) dès le lever du soleil, avec une durée d'écoute de cinq minutes à chaque point. Durant ces cinq minutes, l'ensemble des oiseaux vus et entendus étaient indiqués sur un dessin orienté vers le nord et reprenant différents tampons de distance (25, 50, 100 et 200 mètres), en utilisant le code espèces du CRBPO composé de 6 lettres (*STOC - LPO*, 2023). En outre, les caractéristiques d'habitat principal et, si pertinent, d'habitat secondaire, moins représenté, étaient également décrites selon le code habitats STOC-EPS dans un rayon de 200 mètres (VigieNature, 2023).

#### 2.3.1.2 BIOACOUSTIQUE

La bioacoustique est une approche très utile pour le recensement et le suivi de la vie sauvage en raison de sa sensibilité, sa facilité d'utilisation et son caractère non-invasif (Brooker et al., 2020). Le matériel d'enregistrement est de plus en plus efficace, durable et abordable en terme de prix (Brooker et al., 2020). Les modèles d'analyses se multiplient et se perfectionnent, permettant aujourd'hui de détecter la présence d'espèces de multiples taxons allant des arthropodes aux cétacés

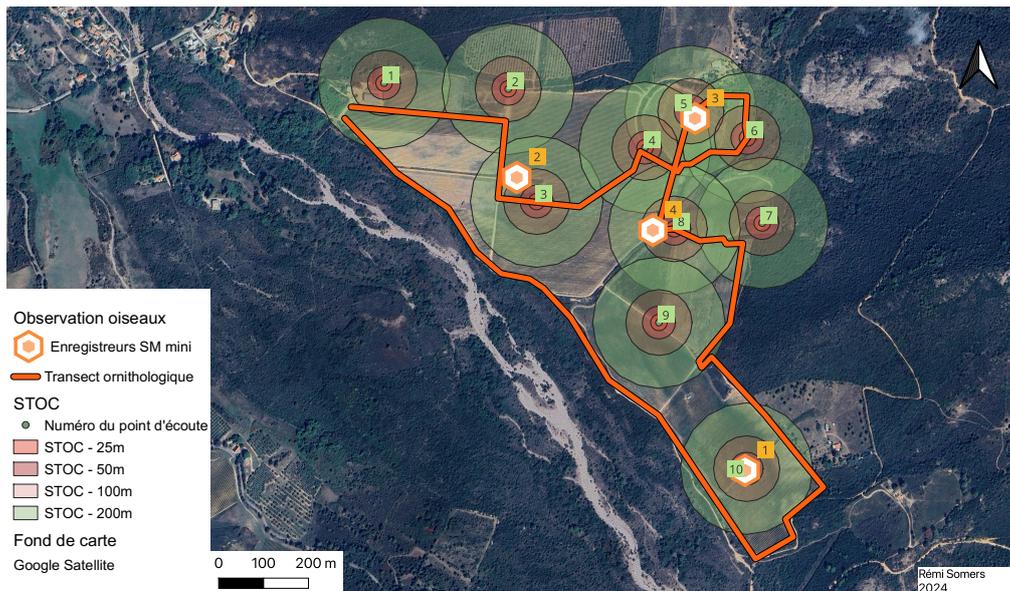
en passant par les oiseaux, les chauves-souris ou encore les batraciens (Sugai et al., 2019). Le suivi bioacoustique dans le cadre de ce mémoire a été effectué par la société BioPhonia, spécialisée dans la prise et l'analyse de données bioacoustiques, avec de 4 enregistreurs SMMini (Wildlife Acoustics, s. d.-b). Ces derniers, permettent à l'aide de deux microphones dont le gain a été réglé à 6 dB, un enregistrement stéréo sur une bande de fréquence allant de 0 à 22 kHz.

Le rythme d'enregistrement, représenté en violet dans l'annexe 2.1 a été concentré sur deux plages horaires quotidiennes d'une durée de 4 heures durant lesquelles ce rythme était fixé à 10 minutes d'enregistrement toutes les 20 minutes (alternance de 10 min ON – 10 min OFF). La première plage horaire commençait 1h avant le lever du soleil et se terminait 3h après. La seconde plage horaire s'étendait de 2h avant jusqu'à 2h après le coucher du soleil. Entre ces deux plages horaires, le rythme d'enregistrement durant le reste de la journée était de 5 minutes toutes les heures (alternance de 5 min ON – 55 min OFF). Ces enregistreurs ont été déployés durant environ un mois entre le 24 mars et le 26 avril sur 4 sites répartis de manière assez homogène dans le vignoble au niveau de haies ou d'îlots verts en bordure de vignes (voir carte 3).

L'intégrité des données recueillies lors de l'échantillonnage a été analysée via deux modèles de reconnaissance bioacoustique, BirdNet et Google Perch, ce dernier étant utilisé lorsque le premier ne parvenait pas à identifier clairement les enregistrements (Ghani et al., 2023; Symes et al., 2023). Les identifications de BirdNet avec un score de confiance d'au moins 0,5 ont été retenues, et les dix meilleurs scores par espèce et par site ont été sélectionnés pour une analyse plus détaillée sur le logiciel Kaleidoscope Lite Analysis Software (Wildlife Acoustics, s. d.-a). Les enregistrements ont été étendus et organisés par espèce et site pour une écoute précise. Une vérification manuelle par un expert ornithologue de BioPhonia a confirmé les identifications, avec Google Perch utilisé pour les cas non résolus par BirdNet. Cette approche a permis de minimiser les faux positifs et d'augmenter la précision des identifications finales.

#### 2.3.1.3 TRANSECTS

La méthode du transect est une méthode d'échantillonnage continue qui consiste à tracer une ligne ou un circuit imaginaire, et d'effectuer l'échantillonnage tout au long de celui-ci, avec un rythme de marche constant. Nous avons conçu un circuit de 4,2 km afin de détecter au mieux les oiseaux fréquentant les vignes et les habitats en périphérie, et effectué ce circuit 12 fois entre mars et mai, au lever du soleil, en alternant le sens du parcours afin de limiter le biais d'observation lié à l'heure et à la lumière. Chaque observation a été saisie numériquement (espèce, date et heure) dans la couche QGIS correspondante à l'aide de l'application Mergin Maps. Cette méthode présente l'avantage de pouvoir saisir avec précision la localisation de chaque observation sur le terrain.



CARTE 3 : MÉTHODES UTILISÉES POUR LE RECENSEMENT DE L'AVIFAUNE AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU

## 2.3.2 CHIROPTÈRES

### 2.3.2.1 BIOACOUSTIQUE

Un suivi bioacoustique a aussi été réalisé afin de recenser et suivre l'activité des chiroptères fréquentant le vignoble. Trois modèles d'enregistreurs ont été déployés par le GCC. Deux modèles de Wildlife Acoustics dont l'enregistreur SM4Bat FS accompagné du microphone à ultrason SMM-U2, de 4 batteries de type D et d'une carte SD de 64 et 32Go (Wildlife Acoustics, s. d.-d). Le second modèle est le SM mini bat avec microphone intégré (Wildlife Acoustics, s. d.-c). Le dernier modèle est l'Audiomoth de chez Open Acoustic Devices, un module d'enregistrement avec microphone intégré fonctionnant à l'aide de 3 batteries de type AA dans un boîtier hermétique. Ce dernier présente l'avantage d'être bien plus accessible en terme de prix comparé au modèle de Wildlife Acoustics. Ces enregistreurs ont été fixés sur des piquets en bois ou sur des arbres au sein même des vignes et dans les habitats adjacents aux parcelles. Au total, 5 emplacements ont été échantillonnés sur 3 sessions d'enregistrement pour une durée d'une nuit (30/03, 29/04 et 19/06). Le GCC a choisi ces emplacements pour couvrir différents habitats du vignoble (voir carte 4) : 2 enregistreurs au cœur des vignes, 1 dans une haie, 1 dans un boisement humide, 1 en milieu semi-ouvert (friche/maquis bas traversé d'un petit ruisseau). Certains des enregistreurs ayant subi des dysfonctionnements, les 5 sites n'ont finalement pas pu être enregistrés à chaque session. Le récapitulatif des enregistrements effectifs se trouve à la carte 4.

Ces enregistreurs ont été paramétrés pour fonctionner sur une période s'étendant de 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil et programmés pour déclencher l'enregistrement d'une séquence de 5 secondes dès qu'un son d'une fréquence entre 9 kHz et 120

kHz était détecté par les micros. Le traitement de ces données a été effectué par le GCC selon un protocole spécifique. Après un pré-tri et des identifications automatisées par deux logiciels : Kaléidoscope (Wildlife Acoustics, s. d.-a) et Sonochiro (Biotope, 2018), une vérification manuelle et une analyse des résultats ont été effectuées par un bioacousticien chiroptérologue expérimenté. Outre les informations de présence/absence que nous fournissent ces enregistrements, il est possible d'évaluer l'intensité de l'activité de chaque espèce en extrapolant le nombre de séquences d'1 minute positives pour chaque espèce et en le comparant à un référentiel développé et mis à jour chaque année par le GCC. L'intensité de l'activité peut ainsi être associée à l'habitat à proximité directe de l'enregistreur car les distances de détection des espèces varient de 10 à 30 mètres (Barataud & Tupinier, 2020).



**CARTE 4 : ENREGISTREURS POUR LE SUIVI BIOACOUSTIQUE DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU**

### 2.3.3 INSECTES RAVAGEURS

Parallèlement à cette étude, la technicienne viticole de la Chambre d'Agriculture de Haute-Corse Anne-Gaëlle Dubreuil-Lachaud a assuré son suivi contractuel des ravageurs et pathogènes au vignoble d'Alzipratu. Pour les insectes, elle cible les 4 principales espèces posant actuellement problème aux viticulteurs corses :

- *Lobesia botrana* (eudémis) et *Eupoecilia ambiguella* (cochylis) : souvent rassemblées sous les noms de « tordeuses » ou de « vers de la grappe » sont deux lépidoptères nocturnes de la famille des *Totricidae*, dont les larves s'attaquent principalement aux organes fructifères de la vigne. Cette famille rassemble de nombreuses autres espèces ravageuses de culture en raison de leur larves phytophages (Arai et al., 2022).
- *Empoasca vitis* : communément appelée « cicadelle verte de la vigne » ou « cicadelle des grillures de la vigne », cet hémiptère fait partie de la famille des *Cicadellidae* rassemblant des

insectes piqueurs-suceurs dont certains sont considérés comme ravageurs de culture notamment à cause des dégâts foliaires causés par la consommation de sève, mais aussi pour leur capacité à transmettre des pathogènes tels que *Xylella fastidiosa*, une bactérie ravageuse s'attaquant au xylème de nombreuses espèces (300 environ) dont la vigne (maladie de Pierce), les agrumes et les oliviers, ou encore *Candidatus phytoplasma vitis*, la bactérie transmise par *Scaphoideus titanus* responsable de la flavescence dorée (Antonatos et al., 2021; Chambre d'agriculture Auvergne - Rhône - Alpes et al., 2024; Chambre d'agriculture de la Gironde, 2017; INRA, 2019).

- *Cryptoblabes gnidiella*, la pyrale des agrumes ou du daphné est également une espèce de lépidoptère de la famille des *Pyralidae* (pyrales) rassemblant notamment différentes espèces considérées comme ravageuses de culture en raison de leurs chenilles phytophages voraces causant des dégâts tardifs au niveau des grappes.

Ce suivi est effectué chaque année du débourrement (ouverture des bourgeons) des ceps de vignes jusqu'aux vendanges afin de pouvoir conseiller au mieux les viticulteurs sur le déclenchement des mesures de protection et de traitement. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un recensement entomologique exhaustif (hors de nos possibilités dans le cadre de ce mémoire), les données de ce suivi permettront d'éclairer notre étude du régime alimentaire des oiseaux et chiroptères fréquentant ces vignes en fournissant des informations sur la présence et le stade de développement de ces insectes ravageurs lors de nos échantillonnages de fientes et de guano. Afin de détecter la présence ou non des insectes, et d'estimer la sévérité des attaques, 2 types de pièges collants (illustrés en annexe 2.2) ont été déployés dans 3 parcelles du vignoble (Hangar, Sambuccu et Biglione ; voir annexe 1.1) et relevés 4 fois au cours de la période d'étude : le 18 avril, le 6 mai, le 22 mai et le 5 juin, et ce, sur 3 zones. Le premier type est un piège delta muni de papier englué et de capsules à phéromones (mâles) spécifiques à chaque espèce. En attirant les femelles, il permet de détecter la présence des deux vers de la grappe eudémis et cochylis, et de la pyrale des agrumes. Le second type est un piège chromatique englué, cette couleur permettant d'attirer la cicadelle verte de la vigne. Ces pièges utilisés pour connaître le début, le pic et la fin des vols de ces ravageurs permettent de programmer au mieux des observations directes (comptages sur les feuilles et grappes) sur les parcelles et d'estimer la phénologie de ces insectes in-situ.

#### 2.3.4 CONSTRUCTION DES JEUX DE DONNÉES

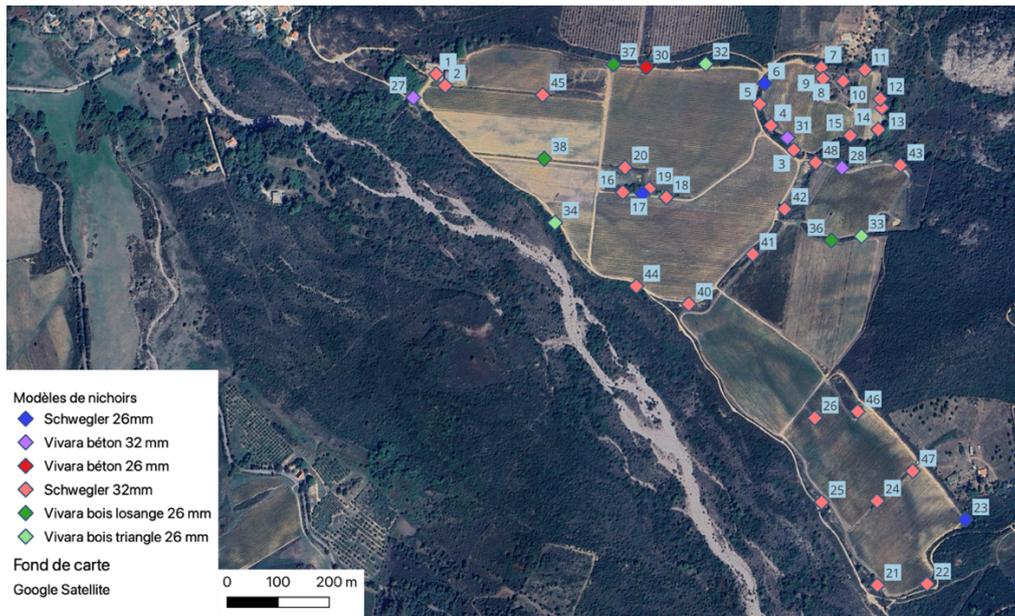
Les jeux de données issus du recensement de l'avifaune par points d'écoute et par transects sont similaires : une liste d'observations (noms scientifiques et vernaculaires) auxquelles sont associées la date (et numéro de passage et du point d'écoute pour le STOC) et des informations d'habitat : couverture du sol et recouvrement des strates de végétation pour les transects, habitats principal et

secondaire pour les points d'écoute. Le jeu de données de bioacoustique traité par BioPhonia se compose quant à lui d'une liste d'espèces identifiées (et confirmées) au cours du mois, par site (enregistreur), ainsi que la date et l'heure de l'enregistrement ayant permis l'identification.

Les listes d'espèces uniques d'oiseaux ont été extraites de chaque jeu de données afin de pouvoir comparer la diversité détectée avec chacune des méthodes. Ensuite, ces listes ont été compilées pour obtenir une liste complète des espèces détectées au sein du vignoble. Pour chaque espèce, nous avons effectué une recherche systématique pour déterminer leur régime alimentaire général (insectivore, frugivore, granivore, omnivore, carnivore) (et spécificités), leur état de conservation mondial et régional Corse selon le statut UICN et leur distribution (présence continue, présence estivale, présence hivernale, ou migrateur de passage) (encyclopédie ornithologique « Birds of the World » de CornellLab et « Le guide ornitho » de Delachaux 2015). De la même manière, une liste des espèces de chiroptères détectées par les enregistreurs a été établie pour chaque session d'enregistrement (1 nuit par mois). Chaque enregistreur (et donc chaque identification) est caractérisé par l'habitat dans lequel il a été placé. À chaque identification est associé le nombre de séquences positives, correspondant à un indice d'activité (faible, moyen, fort, très fort) basé sur le référentiel du GCC. Les jeux de données du suivi d'insectes se composent du nombre de cicadelles, pyrales et vers de la grappe relevés sur les pièges lors des différents relevés, y compris pour les deux années précédentes (2022 et 2023). Pour le suivi cicadelle verte de la vigne, le nombre de larves comptées sur les feuilles est également disponible.

#### 2.4 SUIVI DES NICHÉES DE MÉSANGES

Dans le cadre de ce projet, 45 nichoirs ont été progressivement déployés entre 2021 et 2023 au sein du vignoble d'Alzipratu, la plupart durant l'hiver 2023-24 (voir carte 5). Différents modèles ont été installés, de marques différentes et avec des entrées de diamètres différents que l'on peut regrouper en deux catégories (petit : 26-28mm, et grand : 30-32mm) (illustré en annexe 2.3). Les nichoirs numérotés de 1 à 26 et de 40 à 48 sont des nichoirs en béton de bois de la marque Schwegler, modèle 1B. Il est proposé comme nichoir universel convenant à de nombreuses espèces d'oiseaux (ou encore des chauves-souris) dont les plus fréquentes sont les mésanges charbonnière (*Parus major*) et bleue (*Cyanistes caeruleus*) (Schwegler Natur, 2014). Trois autres modèles de marque Vivara numérotés de 27 à 39 ont également été installés : 2 modèles en bois (un triangulaire, l'autre en losange) et 1 modèle en béton de bois. Dès le printemps (à partir du 8 mars 2024) un suivi des nichoirs a été établi tous les 8 jours afin de récolter différentes informations telles que l'occupation ou non des nichoirs (présence d'éléments de nid), l'évolution de l'épaisseur du nid, la ponte d'œufs et la couvaison, le suivi précis de l'âge des poussins afin de programmer au mieux les manipulations et l'éventuelle présence d'une seconde nichée.



CARTE 5 : RÉPARTITION DES DIFFÉRENTS MODÈLES DE NICHOURS AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU

## 2.5 ÉTUDE DU RÉGIME ALIMENTAIRE

### 2.5.1 OISEAUX : SITES ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

#### 2.5.1.1 CAPTURES

L'échantillonnage des fientes des oiseaux pour l'étude du régime alimentaire (illustré dans l'annexe 2.4) s'est effectué au sein du vignoble d'Alzipratu au printemps 2024 selon deux méthodes. La première méthode est la capture au filet japonais, sous autorisation octroyée par le CRBPO (Programme Personnel 1326 printemps 2024) permettant à des bagueurs certifiés et expérimentés d'effectuer les manipulations dans le cadre des programmes de baguage répertoriés en France. Le principe de cette capture consiste à disposer des filets de maille standard passereaux 16mm, de 12m de long sur 2,5m de haut, en bordure ou au sein d'une végétation relativement haute et dense en réalisant des travées et idéalement à l'abri de la lumière directe du soleil afin d'invisibiliser le filet pour maximiser les chances de capture. Dans la mesure du possible, les filets ont été déplacés entre les différentes sessions de capture afin de maintenir un effet de surprise et d'éviter ainsi l'accoutumance des oiseaux sédentaires. Des leurres sonores (repassé) ont été utilisés de façon parcimonieuse pour attirer les oiseaux tout en limitant les risques de perturbation de leur comportement de reproduction. Le dispositif de collecte de fientes est inspiré de différentes études et adapté par nos soins (Borrelli et al., 2020; Knutie & Gotanda, 2018, Gailly 2021). Il se compose d'un sac en papier kraft brun (pour une lumière tamisée) au fond duquel une barquette alimentaire en carton de dimension adaptée est surmontée d'un grillage plastifié qui sert de perchoir pour l'oiseau. Une fois ses mesures effectuées, l'oiseau était placé dans le sac fermé par une pince à linge, pour une période de 10 minutes maximum avant d'être relâché. Lorsque l'oiseau avait déféqué, la

fiente se trouvant dans la barquette était récupérée à l'aide d'une mini-spatule en bois à usage unique et transférée dans un tube Eppendorf™ Safe-Lock de 2ml rempli d'éthanol 96% puis placée au congélateur. Durant les collectes d'échantillons de fientes, un tube témoin était laissé ouvert sur un support afin de détecter un éventuel bruit de fond (par exemple ADN contaminant sur des aérosols lors des manipulations de terrain). Quatre sessions de capture ont pu être réalisées dans la période de terrain pour ce mémoire (27 avril et 17, 19, 20 mai).

#### 2.5.1.2 ÉCHANTILLONNAGE AU NID

Pour aborder le rôle d'auxiliaire de culture des mésanges dans le vignoble étudié, nous avons examiné le régime alimentaire de *Cyanistes caeruleus* et *Parus major* ayant occupé des nichoirs durant le printemps 2024. Ce volet s'est basé sur des échantillons de fientes de poussins au nid, poussins consommant les proies rapportées, et donc chassées par les parents dans un rayon de quelques dizaines de mètres autour des nids (Stauss et al., 2005). Ces passereaux sont considérées comme faisant partie des espèces les moins sensibles aux manipulations, assez plastiques en terme d'habitat et qui utilisent volontiers les nichoirs artificiels.

Le suivi des nichées a permis un échantillonnage des fientes de poussins âgés de 8 à 14 jours, pour éviter les poussins trop jeunes ainsi que les poussins trop mobiles qui risquent de quitter le nid prématurément. La méthode consiste à tenir le poussin posé sur le dos entre le majeur et l'annulaire, tête vers la paume puis avec un mouvement du pouce, à répéter un léger appui sur l'abdomen tout en étirant le cloaque de manière à induire un péristaltisme qui entraîne la sortie du sac fécal, directement dans un tube Eppendorf™ Safe-Lock de 2ml rempli d'éthanol 96% tenu de l'autre main (Dion-Phénix et al., 2021; Szulkin, 2022). Ces tubes préalablement annotés sont ensuite stockés au congélateur dès que possible. Les fientes ont été prélevées par Christophe de Franceschi du CEFÉ, bagueur certifié CRBPO, dans le cadre de notre autorisation.

#### 2.5.2 CHIROPTÈRES : SITES ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

##### 2.5.2.1 SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Le suivi des chiroptères s'est fait à l'échelle de l'AOP Calvi pour tenir compte de l'écologie de ces auxiliaires qui parcourent régulièrement 10 à 15 km entre leurs gîtes et leurs zones de chasse (Duarte, 2013; Goiti et al., 2006; Rainho & Palmeirim, 2011; Zeale et al., 2012). Différents gîtes (de repos ou de reproduction) déjà connus ou découverts durant cette étude ont été renseignés par le GCC (voir carte 1). Ils ont été visités afin de vérifier la présence et les espèces de chauves-souris, ou des traces de fréquentation (guano frais). Parmi ces gîtes, une série présentent une proximité avec des domaines viticoles de la région, et la plupart sont de vieux bâtis (paillers en pierre, moulins ou caves viticoles abandonnées).

### 2.5.2.2 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Afin de récolter le guano laissé par les chauves-souris, des bâches préalablement nettoyées à l'eau de javel pour limiter le risque de contamination génétique, ont été disposées sous les groupes de chauves-souris pour que du guano frais puisse être récupéré lors d'une visite ultérieure, le lendemain ou surlendemain. Lors de cette seconde visite, nous avons récolté le guano retrouvé sur la bâche à l'aide de pinces en plastique à usage unique et nous l'avons transféré dans des tubes d'éthanol annotés en veillant à ne pas remplir les tubes de plus d'un tiers, puis ils ont été stockés au congélateur. Ces visites de gîtes ont été réalisées une fois par mois fin septembre, puis en mars, avril et mai 2024, sous les conseils du GCC afin de minimiser le dérangement.

### 2.5.3 ANALYSES GÉNÉTIQUES

#### 2.5.3.1 EXTRACTION D'ADN

Afin de limiter les risques de contamination (croisée), les extractions ont été réalisées dans des salles adaptées dites « ADN rare » et plusieurs blancs d'extraction ont été systématiquement utilisés. L'ADN contenu dans les échantillons de guano de chauves-souris récoltés a été extrait à l'aide du QIAmp Fast DNA Stool Mini Kit, suivant un protocole adapté pour l'extraction d'ADN de guano (QIAGEN, 2020). Pour l'extraction d'ADN à partir de fientes d'oiseaux, nous avons utilisé le kit IndiSpin Pathogen Kit (Indical BioScience, 2018). Initialement, un prétraitement a été effectué selon différents protocoles proposés par Indical Bioscience (Indical BioScience, 2019a, 2019b, 2019c). Notons que nous avons effectué une dissection des sac fécaux des poussins afin de récupérer principalement la partie foncée de la fiente, et limiter ainsi les désagréments liés au caractère inhibiteur de la partie blanche du sac fécal riche en acide urique (Davies et al., 2022).

#### 2.5.3.2 PCRS

Afin de pouvoir préciser les espèces de nos auxiliaires ainsi que les espèces d'insectes consommées, le marqueur CO1 développé par Galan et al. a été sélectionné (Galan et al., 2018). Ce fragment de 133 paires des bases est reconnu pour son efficacité dans le barcoding ADN, particulièrement chez les mammifères et les insectes (Andriollo et al., 2019; Vescera et al., 2024). En effet ce gène mitochondrial codant pour la Cytochrome Oxydase 1 (CO1) est désigné de par son évolution rapide comme le « code barre de la vie » (Galan et al., 2018). Ainsi une première PCR a été réalisée pour répliquer des fragments d'ADN spécifiques au gène d'intérêt, suivie d'une purification. La seconde PCR ajoute ensuite des tags d'indexation pour l'identification des échantillons après séquençage. Les échantillons sont ensuite quantifiés, dilués pour équilibrer les concentrations, et combinés pour le séquençage.

#### 2.5.3.3 SÉQUENÇAGE HAUT DÉBIT NOVASEQ ILLUMINA

Le séquençage NovaSeq d'Illumina utilise une technologie avancée appelée séquençage par synthèse (Sequencing by Synthesis - SBS), une méthode innovante qui permet de lire l'ADN de manière rapide et précise (Illumina, 2017). Chaque fragment d'ADN, une fois équipé d'adaptateurs, est fixé sur une lame de flux et amplifié localement en clusters. Ceci génère un signal suffisant pour permettre le séquençage haut débit de millions de fragments. Des nucléotides fluorescents sont ajoutés et incorporés séquentiellement, émettant des signaux fluorescents capturés par des caméras et des algorithmes analysent ensuite ces signaux pour lire simultanément les séquences d'ADN.

#### 2.5.3.4 TRAITEMENTS BIO-INFORMATIQUES

Les séquences brutes obtenues par séquençage ont été traitées via un script BASH sur les clusters informatiques de l'Université de Liège. Ce traitement inclut le réassemblage des brins, l'élimination des séquences trop courtes ou longues, la soustraction des amorces, et la suppression des séquences de qualité insuffisante. Les séquences identiques ont ensuite été regroupées pour estimer le succès de l'amplification et du séquençage. Enfin, elles ont été comparées à des bases de données génomiques privées et publiques pour identifier leur taxonomie.

#### 2.5.3.5 INTERPRÉTATION DES DONNÉES

Après les traitements bio-informatiques, une liste d'identification d'espèces est établie avec des informations cruciales comme le pourcentage de correspondance avec des bases de données de référence et le nombre de lectures, qui indiquent la fiabilité des identifications. Les identifications avec au moins 98% de correspondance sont considérées correctes au niveau de l'espèce, entre 96% et 97% suggèrent le genre, et au moins 95% indiquent la famille. Des filtres supplémentaires ont donc été appliqués pour retenir uniquement les identifications avec un minimum de 98% de correspondance et 10 lectures. Certaines identifications ont également été vérifiées sur des bases de données comme NCBI pour confirmer leur exactitude. Une fois ce tri effectué et les doublons supprimés pour chaque échantillon, nous disposons d'une liste d'espèces par échantillon qui servira de base de données pour les analyses statistiques.

#### 2.5.4 CONSTRUCTION DES JEUX DE DONNÉES

La liste d'identification d'invertébrés obtenue a été manipulée sur R de manière à obtenir un tableau de présence/absence par échantillon afin de faciliter les analyses par la suite. La liste complète d'espèces a également été extraite pour créer un jeu de métadonnées. Une recherche systématique a eu lieu afin d'obtenir, pour chaque espèce, ses informations taxonomiques (genre, famille, ordre), son statut d'espèce ravageuse (oui/non ; Majeur/mineur), et si oui, le type de ravageur et le type de culture ravagé (Vigne/Autre). Le statut mineur ou majeur de l'espèce ravageuse sera déterminé de manière à ce que les espèces avec un mode de vie parasite et/ou connus pour avoir causé des

dommages mineurs localisés soient rassemblés sous le statut « mineur ». Tandis que les espèces connues pour infliger des dommages significatifs sont considérées comme ravageurs « Majeurs ». Pour atteindre nos objectifs, nos analyses génétiques du régime alimentaire ont ciblé uniquement les proies animales (insectes et autres arthropodes, vers) en ignorant la part végétale (graines, fruits, bourgeons). Il ne s'agit pas donc pas à proprement parler de description des régimes alimentaires, mais de recherche spécifique des proies invertébrées.

## 2.6 ANALYSES STATISTIQUES

### 2.6.1 INDICES DE BIODIVERSITÉ

L'indice de Shannon ( $H$ ), initialement développé dans le cadre de la théorie de l'information, est largement utilisé en écologie pour mesurer la diversité biologique d'un écosystème (Ortiz-Burgos, 2016). Cet indice prend en compte non seulement la richesse en espèces (le nombre total d'espèces différentes présentes), mais également l'équitabilité (la répartition égale des individus parmi les espèces), fournissant ainsi une mesure de l'entropie ou de l'incertitude dans la prédiction de l'espèce d'un individu pris au hasard dans l'échantillon (Roswell et al., 2021). Afin d'en faciliter l'interprétation, l'indice de Hill-Shannon ( $HS$ ), a été développé et donne un nombre plus intuitivement interprétable : le nombre effectif d'espèces équivalentes, aussi appelé "nombre d'espèces de Shannon" (Roswell et al., 2021). Celui-ci est une transformation exponentielle de l'indice de Shannon. Mathématiquement, il est exprimé comme :

$$HS = e^{H'} = e^{-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i}$$

Où  $p_i$  représente l'abondance proportionnelle de l'espèce et est compris entre 0 et 1 et  $S$  est la richesse spécifique. Pour cette étude, l'indice de Hill-Shannon a été calculé pour estimer l'efficacité de différentes méthodes de recensement de l'avifaune : les transects et les points d'écoute. Les résultats bioacoustiques ne peuvent être intégrés dans cette analyse car ils ne comportent pas d'informations précises sur l'abondance des espèces enregistrées. Les données ont été préparées en compilant les comptages d'espèces pour chaque méthode, suivies par une normalisation pour assurer que les proportions d'individus par espèce étaient correctement estimées avant le calcul des indices (Grosjean et al., 2021). Ces mesures de diversité nous permettent non seulement d'évaluer la biodiversité intrinsèque du site étudié mais également d'analyser et de comparer l'efficacité avec laquelle chaque méthode d'échantillonnage illustre cette biodiversité.

### 2.6.2 HABITATS DES OISEAUX OBSERVÉS

Afin de comprendre comment les oiseaux sédentaires du vignoble occupent les différentes strates végétales, une carte dite « de chaleur » a été effectuée. Elle représente, pour chaque espèce avec au

moins 10 observations, la moyenne du pourcentage de couverture de chacune des strates végétales, obtenu pour chaque observation grâce à une jointure des attributs par localisation sur QGIS.

### 2.6.3 ANALYSE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES D'OISEAUX ET DE CHIROPÈRES

Pour répondre aux questions de recherche liées à la consommation des ravageurs, il est utile d'appréhender de façon quantitative et pas uniquement qualitative la part de chaque ordre, famille ou groupe d'invertébrés dans le régime alimentaire des espèces d'oiseaux et chiroptères échantillonnées. En effet, les données de séquençage génétique fournissent une liste des espèces proies détectées dans chaque échantillon (présence/absence), mais ne renseignent pas sur la proportion de chacune de ces espèces dans cet échantillon. Deux indices ont donc été calculés afin d'obtenir une vision plus quantitative :

- **Le Pourcentage d'Occurrence (PO)** mesure la proportion relative de chaque ordre d'invertébrés détecté par rapport au total des détections pour toutes les proies consommées par une espèce prédatrice donnée (Baroja et al., 2021; Deagle et al., 2019; Vescera et al., 2024). Il est calculé selon la formule suivante :

$$PO = \frac{\Sigma \text{ des proportions d'un groupe d'invertébrés détecté}}{\Sigma \text{ des proportions de tous les groupes pour l'espèce prédatrice}} \times 100$$

Ce calcul permet de comprendre l'importance relative de chaque groupe d'invertébrés dans l'alimentation de l'espèce prédatrice étudiée. Cet indice a été calculé à la fois pour les ordres d'invertébrés mais également pour les familles appartenant à deux ordres d'insectes-cibles dans le cadre de la lutte contre les ravageurs de la vigne, les lépidoptères et les hémiptères.

- **La Fréquence d'Occurrence (FO)** quantifie la régularité avec laquelle chaque invertébré ou groupe d'invertébrés est trouvé dans les échantillons (Baroja et al., 2021; Deagle et al., 2019; Vescera et al., 2024). Il est défini comme le pourcentage d'échantillons où une espèce d'invertébrés proies est détectée :

$$FO = \frac{\text{Nb de échantillons où l'espèce proie est détectée}}{\text{Nombre total d'échantillons pour cette espèce prédatrice}} \times 100$$

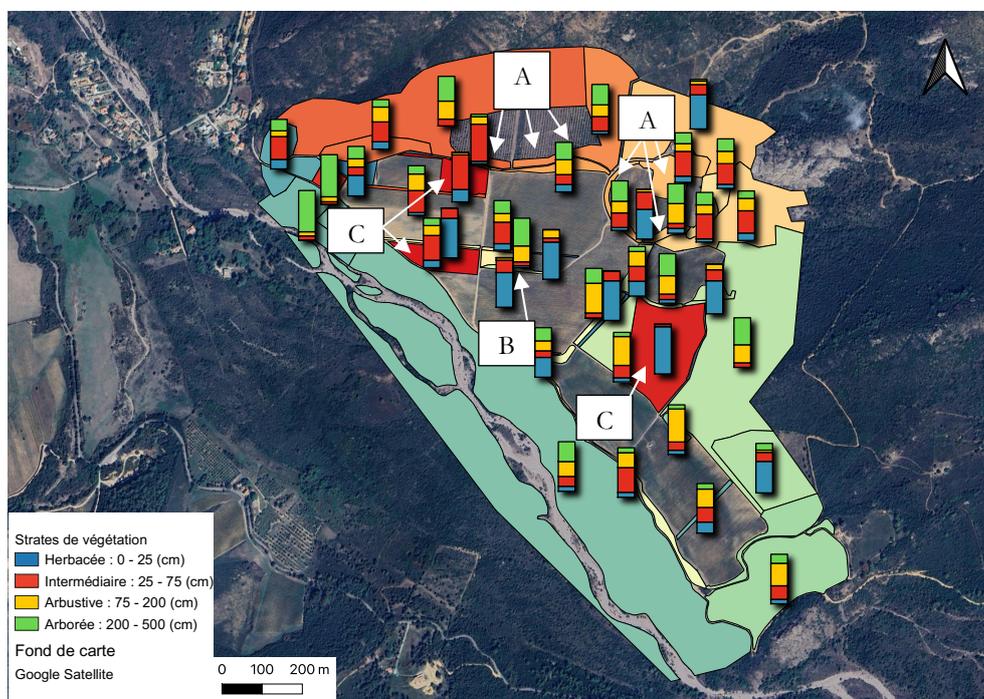
L'utilisation conjointe de ces deux indices offre une bonne vision du régime alimentaire en invertébrés des prédateurs étudiés, en révélant non seulement quelle proportion de leur régime (pour les oiseaux printanier uniquement) est composée de chaque groupe d'invertébrés (PO), mais aussi la constance de cette consommation au sein des populations étudiées (FO).

## 3. RÉSULTATS

### 3.1 CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DU VIGNOBLE ET INTÉRÊT DES DIFFÉRENTS COMPOSANTS DU PAYSAGE

#### 3.1.1 STRATIFICATION VÉGÉTALE DES ZONES ADJACENTES AU VIGNOBLE

Dans un premier temps, nous avons effectué une cartographie de notre site d'étude afin de décrire les principaux éléments d'habitat (végétation, points d'eau) disponibles pour la faune dont les oiseaux et les chiroptères. L'occupation du sol dans le site d'étude est divisée en deux principales catégories : les parcelles de rangs de vignes (zones cultivées) à proprement parler (indiquées en violet sur la carte 2), et les zones dites adjacentes, comprenant à la fois le pourtour du site, et ses surfaces de haies et autres îlots non cultivés au sein du site. Pour ces zones adjacentes, la carte 6 illustre par des histogrammes empilés la stratification, c'est-à-dire la proportion de chaque strate, de la végétation.



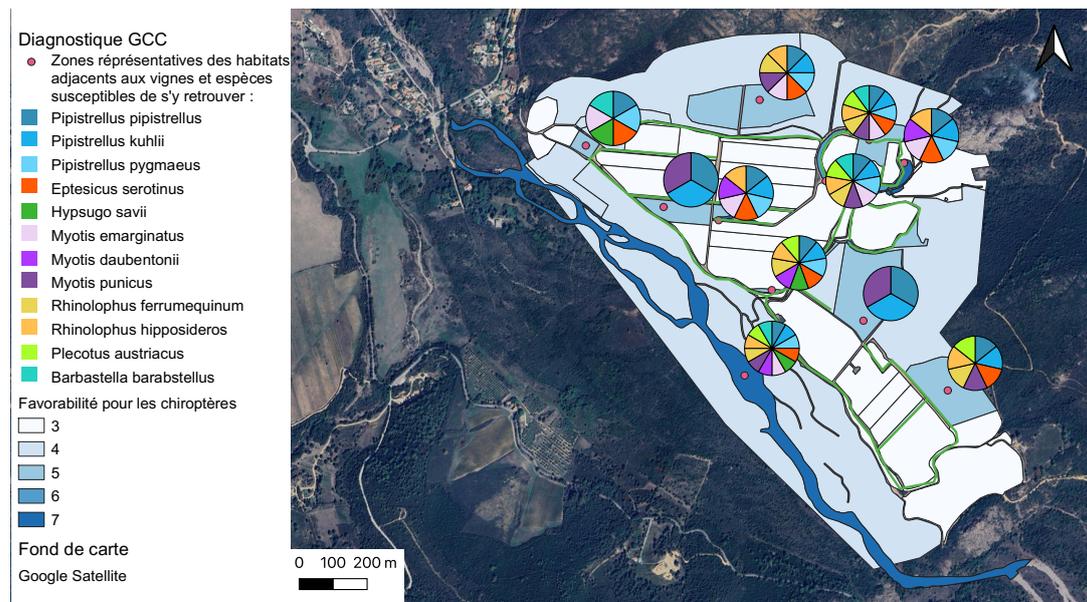
**CARTE 6 : STRATIFICATION VÉGÉTALE DANS LES DIFFÉRENTES ZONES DE VÉGÉTATION ADJACENTES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU**

Cette analyse révèle une hétérogénéité des milieux environnants avec certaines zones dominées par la strate arborée, et des friches offrant un milieu plus ouvert. Dans la plupart des grandes zones périphériques, on voit une prédominance des strates arbustives et arborées (en jaune et vert sur la carte), à l'exception de deux zones de pâturage situées au nord-est et au sud-est. Une stratification similaire (arbustive et arborée) est observée au niveau des plus vieilles haies au nord et au nord-ouest (lettre A sur la carte) à proximité directe des vignes ou encore dans la ripisylve entourant la mare au centre du vignoble (lettre B sur la carte). Tandis que plusieurs zones situées dans le vignoble, des friches principalement (lettre C sur la carte), affichent une prédominance des strates

herbacées et intermédiaires (en bleu et rouge sur la carte). Cette diversité de la végétation offre une variété d'habitats, ce qui est pertinent pour envisager la valeur écologique d'un paysage viticole.

### 3.1.2 FAVORABILITÉ DES HABITATS POUR LES CHIROPTÈRES

Plus particulièrement pour les chiroptères, la carte 7 illustre par des nuances de bleu la favorabilité des vignes et des différentes zones adjacentes sur base de la nature et de la stratification de la végétation et de la proximité avec des points d'eau, les zones foncées étant les plus favorables.



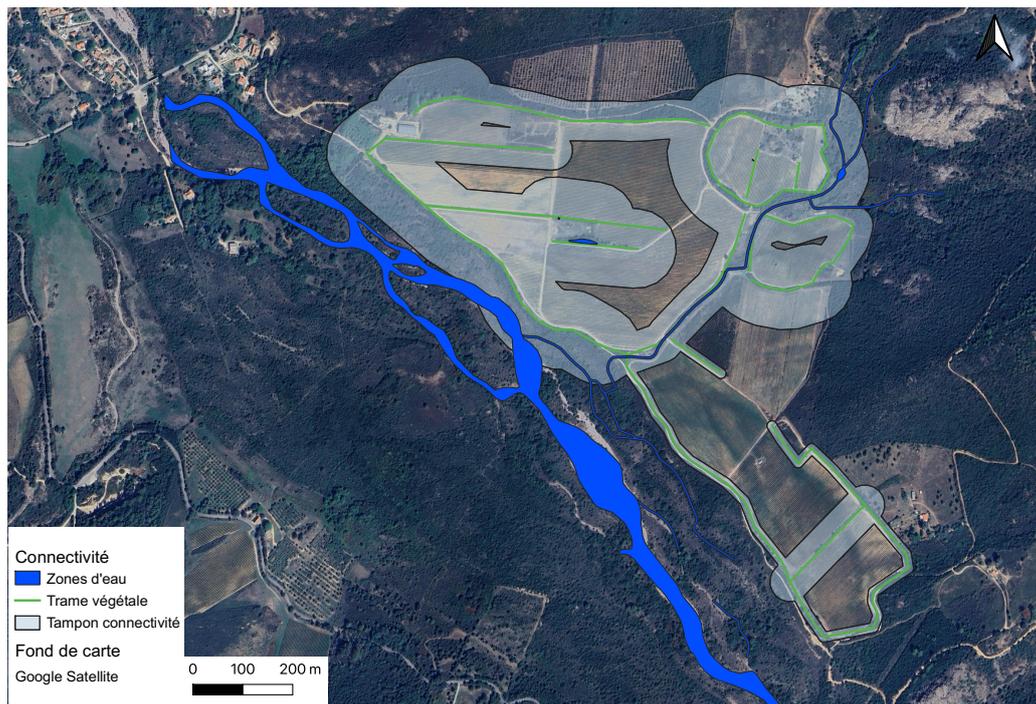
**CARTE 7 : POTENTIEL DE PRÉSENCE DE CERTAINES ESPÈCES DE CHIROPTÈRES TROUVÉES EN CORSE, SUR BASE DE LEUR NICHE ÉCOLOGIQUE ET DE LA FAVORABILITÉ THÉORIQUE DES ZONES (CARTE ISSUE DU DIAGNOSTIC DU GCC)**

Cette illustration des connaissances sur l'écologie et les préférences des différentes espèces de chauves-souris en Corse (d'après le GCC) met en évidence l'intérêt des corridors écologiques tels que les haies installées ou les ripisylves du vignoble. Les diagrammes circulaires représentent les espèces qu'il est possible de rencontrer dans ces zones en tenant compte de ces corridors. La favorabilité et la diversité d'espèces augmente avec la présence de strate arborée. Ce n'est cependant pas la seule variable importante car les milieux homogènes à végétation haute et dense ne sont pas les plus favorables pour les chiroptères. Les zones de vignes ont quant à elles le score de favorabilité le plus faible du vignoble. Concernant les différentes espèces susceptibles d'être rencontrées, les pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*) et de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) sont en général assez ubiquistes. D'autres espèces comme la pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*), la sérotine commune (*Eptesicus serotinus*), le murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*), l'oreillard gris (*Plecotus austriacus*), le petit et le grand rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros* et *Rhinolophus ferrumequinum*) ont généralement un territoire de chasse lié à un milieu plus arboré tel que les haies installées ou les forêts semi-ouvertes. Le murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*) est quant à lui associé à un milieu

arboré humide : les ripisylves. Finalement, le murin du Maghreb est généralement plus associé aux milieux ouverts, comme les friches ou les zones de pâturage.

### 3.1.3 CONNECTIVITÉ DES HABITATS POUR LES CHIROPÈRES

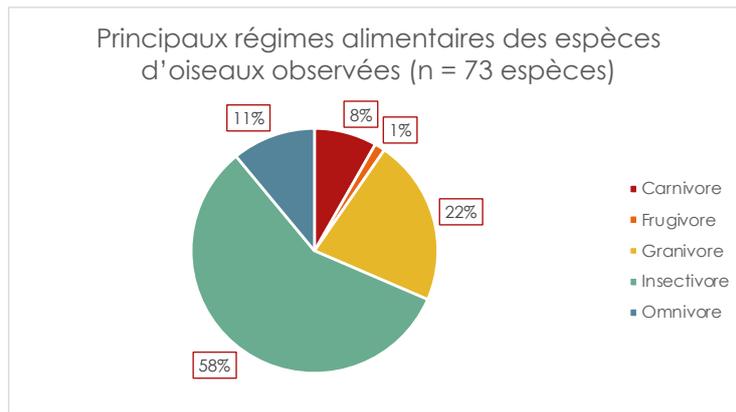
On peut voir sur la carte 8 que la connectivité entre les différentes zones est relativement bonne dans la partie nord du vignoble malgré une coupure au nord-est de la mare centrale. La connectivité de la partie sud du vignoble est quant à elle moins développée. Ces éléments de connectivité peuvent également bénéficier aux oiseaux, même si nous n'avons développé cet aspect dans cette étude.



**CARTE 8 : CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE DU VIGNOBLE D'ALZIPRATU ILLUSTRÉE PAR DES ZONES TAMPON AUTOUR DES CORRIDORS ÉCOLOGIQUES SELON LEUR QUALITÉ (CARTE ISSUE DU DIAGNOSTIC DU GCC)**

## 3.2 RECENSEMENT DES ESPÈCES D'OISEAUX FRÉQUENTANT LE VIGNOBLE ET COMPARAISON DES MÉTHODES

Au total, toutes méthodes confondues, 73 espèces d'oiseaux ont été détectées au sein du vignoble. Le type de régime alimentaire principal de ces différentes espèces est détaillé à la figure 1 : 58% des espèces recensées sont majoritairement insectivores. Parmi les autres régimes alimentaires représentés, de nombreuses autres espèces consomment également des arthropodes en période de reproduction même si leur régime alimentaire global n'est pas principalement insectivore.



**FIGURE 1 : PRINCIPAUX RÉGIMES ALIMENTAIRES CONNUS DES ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU**

Sur les 73 espèces détectées, 4 sont des migrateurs de passage (*Motacilla flava*, *Nycticorax nycticorax*, le *Ficedula hypoleuca* et le *Phylloscopus trochilus*), 5 sont des migrateurs hivernants (l'accenteur mouchet (*Prunella modularis*), la bergeronnette grise (*Motacilla alba*), la grive musicienne (*Turdus philomelos*), le pipit farlouse (*Anthus pratensis*) et le rougequeue noir (*Phoenicurus ochruros*), 21 sont présents durant la période estivale (printemps et été) et 43 sont sédentaires. Les 2 dernières catégories rassemblent les **64 espèces nicheuses détectées dans le vignoble, et donc nos potentiels oiseaux auxiliaires**. Parmi ceux-ci, 34 ont un régime alimentaire qui pourrait inclure une consommation significative d'espèces ravageuses des vignes : les bruants, le chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*), les fauvettes, les gobemouches, le grimpeur des jardins (*Certhia brachydactyla*), les hirondelles et martinets, la linotte mélodieuse (*Linaria cannabina*), les mésanges, le moineau cisalpin (*Passer italiae*), le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), le pipit rousseline (*Anthus campestris*), les roitelets, le rossignol philomèle (*Luscinia megarhynchos*), le rougegorge familier (*Erithacus rubecula*), le serin cini (*Serinus serinus*), le tarier pâtre (*Saxicola rubicola*), le tarin des aulnes (*Spinus spinus*), le troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*), le venturon corse (*Carduelis corsicana*) et le verdier d'Europe (*Chloris chloris*).

Ce recensement s'est effectué selon trois méthodes d'échantillonnage de la biodiversité aviaire: les points d'écoute, la bioacoustique et les transects. Après rappel du nombre et des dates d'échantillonnage, chaque méthode est évaluée au tableau 1 suivant selon plusieurs critères dont la richesse spécifique, l'indice de diversité de Hill-Shannon, la détermination des habitats qu'utilisent les oiseaux observés, l'effort humain requis, ainsi que la précision des données acquises en termes d'abondance et de localisation des individus.

**TABEAU 1 : COMPARAISON DES MÉTHODES DE RECENSEMENT DE L'AVIFAUNE**

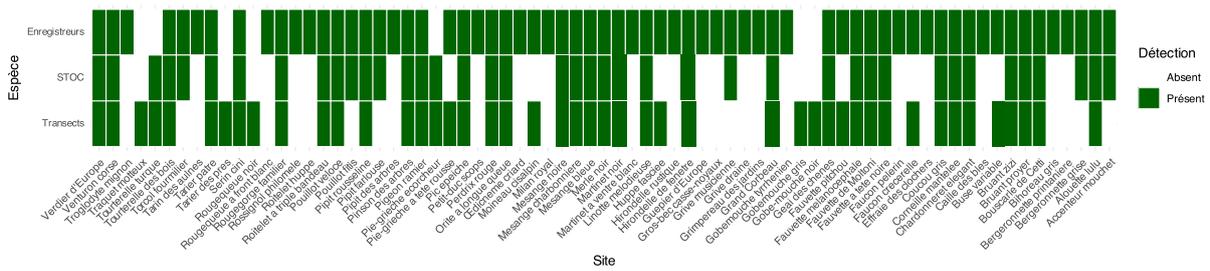
	Points d'écoute	Enregistreurs	Transects

Timing, nombre d'échantillonnage	10 points d'écoute STOC effectués 3 fois (22/03, 21/04 et 27/05 2024)	4 enregistreurs placés durant environ un mois (du 24/03 au 26/04)	12 transects (25 mars, 25-26-28-29 avril, 1-3-18-21-23-24-27 mai)
Richesse spécifique	41	66	46
Indice de Hill-Shannon	21,4 ( $\approx$ 21)	Pas applicable	19,9 ( $\approx$ 20)
Appréciation des habitats	++	+	+++
Précision des données acquises	++	+	+++
Effort humain requis	+	++	+++

Ces méthodes montrent des différences en termes de richesse spécifique et d'indices de diversité. Les enregistreurs ont détecté le nombre le plus élevé d'espèces, suivis par les transects et enfin les points d'écoute. L'indice de Hill-Shannon, inapplicable aux enregistreurs en raison de l'absence de données d'abondance (la bioacoustique telle que nous l'avons utilisée n'a pas permis de dénombrer les individus), suggère une diversité effective un peu plus grande pour les points d'écoute avec un score arrondi d'environ 21 espèces, contre 20 espèces pour les transects. Cet indice, en quantifiant non seulement le nombre d'espèces présentes mais aussi la manière dont les individus sont répartis parmi ces espèces, permet d'évaluer la diversité effective du site. En comparant ces valeurs entre les points d'écoute et les transects, on voit que les points d'écoute sont potentiellement plus aptes à minimiser l'effet des espèces de passage par rapport aux méthodes de bioacoustique et à capturer une image plus fidèle de la biodiversité stable du site.

Les transects sont considérés comme avantageux pour l'appréciation des habitats et la précision des données acquises mais nécessitent également le plus d'effort humain (lié au nombre plus élevé de transects effectués), soulignant leur utilité pour les études approfondies nécessitant l'observation des individus au sein de leur habitat. Les enregistreurs, qui requièrent un effort modéré, offrent une précision réduite en terme d'abondance et de localisation des individus et une moins bonne détermination des habitats dans lesquels les oiseaux détectés évoluaient, en raison de leur position statique et de la variabilité interspécifique de la distance de détection des individus. Par contre ils présentent d'autres avantages critiques.

TABLEAU 2 : DÉTECTION DES ESPÈCES D'OISEAUX SELON LES MÉTHODES



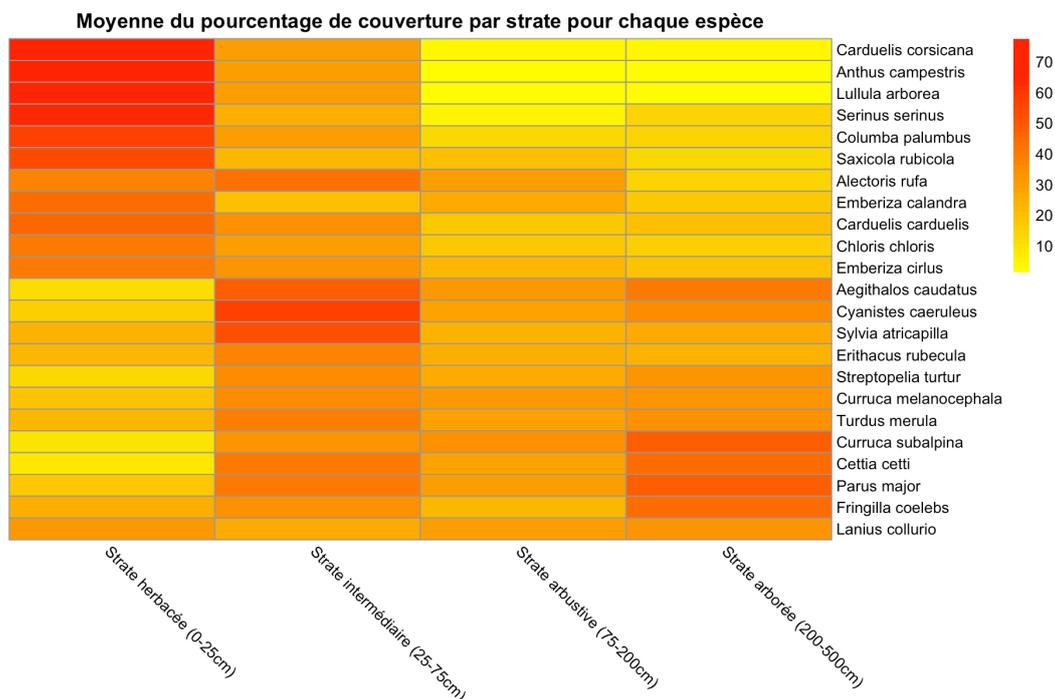
Le tableau 2 montre que le nombre d'espèces détectées par **enregistreurs** est supérieur aux deux autres méthodes, mais il est aussi intéressant de noter les espèces détectées uniquement par cette méthode. Elles incluent par exemple des espèces nocturnes et crépusculaires telles que le petit-duc scops (*Otus scops*), l'effraie des clochers (*Tyto alba*) ou l'œdicnème criard (*Burhinus oedicanus*) qui ont été détectées de manière régulière pendant toute la période d'enregistrement. Elles incluent deux migrateurs de passage dont l'intérêt en tant qu'auxiliaire de culture est limité, le héron bihoreau gris (*Nycticorax nycticorax*) et la bergeronnette printanière (*Motacilla flava*). Mais elles comprennent aussi des espèces qui sont de potentiels candidats en lutte biologique tels que le roitelet huppé (*Regulus regulus*) ou le rossignol philomèle (*Luscinia megarhynchos*). Les **transects** ont quant à eux permis d'enrichir la liste d'espèces détectées, avec notamment le gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) en migration ou encore le traquet motteux (*Oenanthe oenanthe*). La diversité d'espèces détectées par les **points d'écoute** est relativement similaire à celle détectée par les transects, avec quelques espèces communes supplémentaires, telles que l'accenteur mouchet (*Prunella modularis*), la grive musicienne (*Turdus philomelos*), le pipit farlouse (*Anthus pratensis*) ou le torcol fourmilier (*Jynx torquilla*). La plupart des espèces communes du vignoble ont été détectées par les deux méthodes à l'exception de certaines espèces plus rares.

### 3.2.1 HABITATS À PRIVILÉGIER AFIN D'AUGMENTER LA FRÉQUENTATION DES AUXILIAIRES

Pour aider à comprendre les niches écologiques des oiseaux régulièrement observés ( $\geq 10$  obs) dans le vignoble et ses environs, la figure 2 illustre le pourcentage moyen de couverture des strates végétales dans les zones où les espèces ont été vues. Cette analyse (carte de chaleur) suggère des relations claires entre la structure de la végétation et la fréquentation des oiseaux.

Dans notre étude, les milieux ouverts caractérisés par une végétation basse et intermédiaire semblent particulièrement bénéfiques à diverses espèces insectivores intéressantes en tant qu'auxiliaires dans les vignobles telles que l'alouette lulu (*Lullula arborea*), le pipit rousseline (*Anthus campestris*), le venturon corse (*Carduelis corsicana*), le chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*), le tarier pâtre (*Saxicola rubicola*), le serin cini (*Serinus serinus*) et le bruant proyer (*Emberiza calandra*). Ces

espèces étaient en fait régulièrement observées au sein même des vignes, et d'autres, comme *Saxicola rubicola*, *Emberiza calandra*, l'étaient également dans les zones de friches (voir annexe 4).



**FIGURE 2 : STRATIFICATION VÉGÉTALE MOYENNE PAR ESPÈCE D'OISEAU**

D'autres espèces ont montré une affinité pour une végétation de type haies et forêts ouvertes, dominée par la strate intermédiaire (25-75 cm) et parsemée d'arbres : la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*), l'orite à longue queue (*Aegithalos caudatus*) et la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*). Enfin, un 3ème groupe d'oiseaux ont manifesté une préférence pour des milieux plus arborés relativement denses, avec une prédominance de la strate arborée et un recouvrement, plus faible mais non négligeable, des strates intermédiaire et arbustive : la fauvette de Moltoni (*Curruca subalpina*), la mésange charbonnière (*Parus major*), le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) et la bouscarle de Cetti (*Cettia cetti*), bien que cette dernière soit en fait plus spécifiquement inféodée au milieu boisé humide de type ripisylve (observation confirmée sur le terrain).

### 3.3 RECENSEMENT DES ESPÈCES DE CHIROPTÈRES FRÉQUENTANT LE VIGNOBLE

Au total, 9 espèces de chauves-souris ont été détectées par les enregistreurs dont deux espèces quasi-menacées : la sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) et le molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*). Le tableau 3 illustre par une variation de couleur, l'intensité de l'activité de chaque espèce de chiroptères au sein des différents habitats où ont été placés les enregistreurs lors des 3 nuits d'enregistrement.

TABLEAU 3 : INTENSITÉ DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU (DONNÉES DU GCC)

Nuit du 30/03/2024	<i>Barbastellus barbastellus</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Plecotus austriacus</i>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Tadarida teniotis</i>
Site	Barbastelle	Pipistrelle de Khul	Pipistrelle commune	Pipistrelle pygmée	Oreillard gris	Petit rhinolophe	Molosse de Cestoni
Haie	moyen	faible	faible		moyen		fort
Vigne 1				faible	faible	fort	fort

Nuit du 29/04/2024	<i>Barbastellus barbastellus</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Plecotus austriacus</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>
Site	Barbastelle	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle commune	Pipistrelle pygmée	Oreillard gris	Sérotine commune
Haie	très fort	faible	fort	faible	faible	faible
Vigne 2			moyen	faible		
Maquis/friche	moyen		moyen	fort	faible	
Boisement humide	moyen		moyen	faible		

Nuit du 19/06/2024	<i>Barbastellus barbastellus</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Hypsugo savii</i>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Tadarida teniotis</i>
Site	Barbastelle	Pipistrelle de Khul	Pipistrelle commune	Pipistrelle pygmée	Vespère de Savi	Petit rhinolophe	Molosse de Cestoni
Haie	moyen	moyen	fort		moyen		
Vigne 1		moyen	moyen	faible	moyen		
Vigne 2	fort	moyen	fort	faible	moyen	moyen	moyen
Maquis/friche		faible	moyen	moyen	moyen		
Boisement humide	faible	faible	fort	moyen	moyen		

Le cortège d'espèces enregistrées ne semble pas avoir évolué de façon marquée au cours du printemps (30 mars au 19 juin). La **barbastelle** (*Barbastella barbastellus*) a été présente à chaque nuit d'enregistrement avec une activité globale moyenne à forte (voire très forte) et ce dans la plupart des habitats échantillonnés, bien que sa présence dans la vigne n'ait été enregistrée qu'en juin. La **pipistrelle de Khul** (*Pipistrellus kuhlii*), également présente à chaque session, a quant à elle montré une activité constante (faible à moyenne) dans les haies mais a également été enregistrée dans la vigne avec un signal moyen, et à proximité du boisement humide et du maquis avec un signal faible. La **pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) et la **pipistrelle pygmée** (*Pipistrellus pygmaeus*) ont montré une activité significative dans la plupart des habitats échantillonnés, bien que cette 2<sup>nd</sup>e espèce ait montré une activité dans la vigne plus faible que la 1<sup>ère</sup>. Le **petit rhinolophe** (*Rhinolophus hipposideros*) a été détecté en mars et juin, avec un signal fort à moyen sur un enregistreur par session, chacun situé au sein des vignes. De la même manière, le **molosse de Cestoni** (*Tadarida teniotis*) a été détecté en mars et juin, avec un signal fort au niveau d'une haie et au niveau des vignes lors de la 1<sup>ère</sup> session et un signal moyen dans la vigne lors de la 2<sup>nd</sup>e session. L'**oreillard gris** (*Plecotus austriacus*) a été détecté en mars et avril avec une activité au niveau de la haie mais aussi dans la vigne, et de l'enregistreur située entre les zones de friche et de maquis. Finalement, deux espèces ont été détectées durant une seule session : le **sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*), avec un signal faible dans une haie, et le **vespère de Savi** (*Hypsugo savii*) avec une activité moyenne sur chacun des enregistreurs en juin. Les espèces détectées les plus actives au sein du vignoble tout au long du printemps ont donc été la barbastelle et les 3 espèces de pipistrelles.

### 3.4 MISE EN ÉVIDENCE DE LA CONSOMMATION DE RAVAGEURS PAR CERTAINES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE VIGNOBLE PAR ANALYSE GÉNÉTIQUE DES DÉJECTIONS

### 3.4.1 RÉCAPITULATIF DES ÉCHANTILLONS OBTENUS ET DE L'EFFICACITÉ DES ANALYSES GÉNÉTIQUES

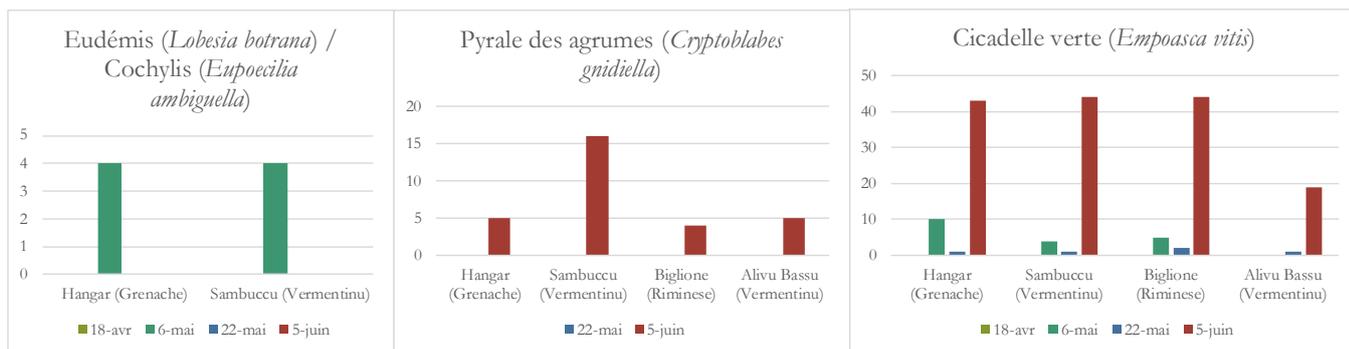
Lors des 4 sessions de captures d'oiseaux, un total de 43 individus ont été capturés dont 2 se sont envolés avant d'être placés dans le dispositif de collecte de fiente, et 3 étaient hors gabarit pour le dispositif (un geai des chênes et deux pics épeiche). Les 38 oiseaux restants ont été placés dans notre dispositif avec un taux de succès d'échantillonnage de 76,3%, 29 échantillons issus de 11 espèces différentes ont donc été récoltés lors des captures au filet. Sur l'ensemble des 43 captures, un seul individu a montré des signes de stress lors du relâcher (fauvette mâle sautillant au sol au lieu de s'envoler immédiatement au loin), cela sera dûment indiqué lors du rapport lié à notre autorisation CRBPO.

Les manipulations de poussins ont également été fructueuses, 74 échantillons (50 de *Parus major* et 24 de *Cyanistes caeruleus*) ont été récoltés sur 100 poussins échantillonnés, donc un succès d'échantillonnage de 74%. Un succès inférieur a été observé lors de l'échantillonnage des poussins de mésanges charbonnières (*Parus major*) en raison d'une tonicité corporelle moindre que celle des poussins de mésanges bleues (*Cyanistes caeruleus*). À part une nichée complète de 5 mésanges bleues (nichoir n°8) qui ont disparu entre le jour 4 et 8 (prédation probable par une couleuvre), l'ensemble des nichées que nous avons échantillonnées pendant l'étude ont été élevées avec succès.

Concernant l'échantillonnage des chiroptères, 18 gîtes au total ont été visités afin de récolter 127 échantillons de guano. Parmi les espèces échantillonnées, on retrouvait, principalement dans des paillers ou de grandes cuves de vin en béton abandonnées, des petits et grands rhinolophes (*Rhinolophus hipposideros* et *Rhinolophus ferrumequinum*) (respectivement 38 échantillons, 52 éch, et 1 éch mixte), et du murin du Maghreb (*Myotis punicus*) (16 éch). Sur deux bâtiments avec de vieilles structures en façade (volets ou fentes en toiture) des pipistrelles communes et des pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus pipistrellus* et *Pipistrellus kuhlii*) (respectivement 2 éch et 1 éch), et dans un grand vide ventilé entourant une cave viticole accueillant une colonie remarquable de murins à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*) (9 éch) en plus de nombreux grands et petits rhinolophes (7 éch mixtes). Un échantillon de barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) a également été récolté lors d'une capture de chiroptères réalisée par le GCC.

### 3.4.2 SUIVI DES PRINCIPAUX INSECTES RAVAGEURS AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU

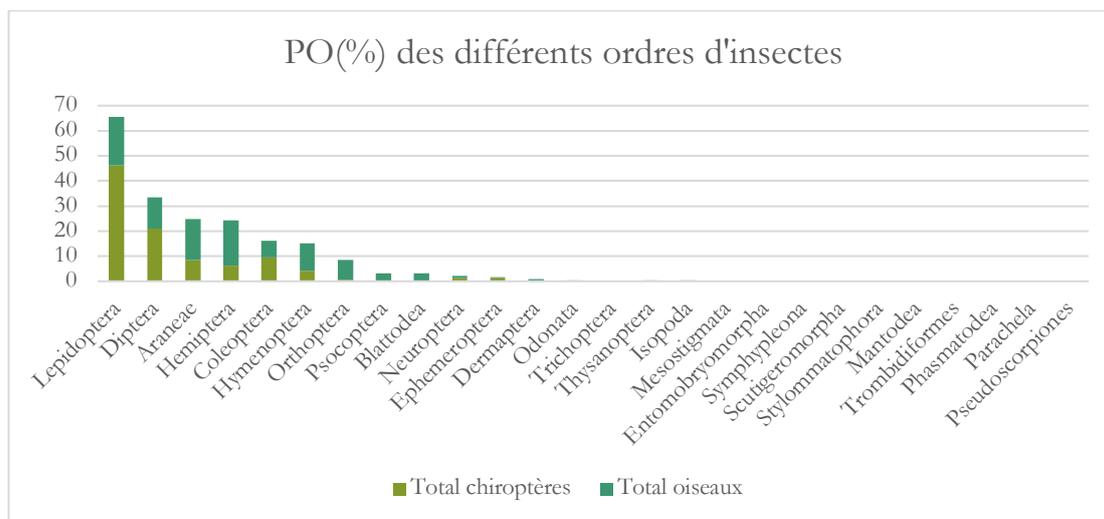
Les nombres de cicadelles vertes de la vigne (*Empoasca vitis*), pyrales des agrumes (*Cryptoblabes gnidiella*) et vers de la grappe eudémis (*Lobesia botrana*) et cochylys (*Eupoecilia ambiguella*) ont été comptés par la technicienne de la Chambre d'Agriculture de Haute-Corse sur les pièges collants dans les différentes parcelles (et cépages) entre le 18 avril et le 5 juin 2024 (voir figure 3).



**FIGURE 3 : SUIVI DES PRINCIPAUX INSECTES RAVAGEURS AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU AU PRINTEMPS 2024 EN FONCTION DES PARCELLES (ET CÉPAGES)**

La présence des 4 insectes était assez faible durant notre période d'étude. Si les premières générations de ces insectes se développent généralement au mois de mai, les informations des années précédentes (annexe 5) montrent que les plus grosses émergences ont généralement lieu au cours du mois de juin et de juillet. Ceci a été confirmé cette année 2024 avec une forte émergence de cicadelles entre mi-juin et mi-juillet, dont un pic le 11 juillet lors duquel 380 à 489 individus ont été relevés sur les pièges collants dans les parcelles de Biglione, Sambuccu et Hangar.

### 3.4.3 INVERTÉBRÉS DANS LES RÉGIMES ALIMENTAIRES



**FIGURE 4 : POURCENTAGE D'OCCURRENCE CUMULÉS (OISEAUX ET CHIROPTÈRES) DES DIFFÉRENTS ORDRES D'ARTHROPODES IDENTIFIÉS**

Au total, nous avons identifié 661 espèces d'arthropodes dans 192 échantillons de déjections. La différence de 38 échantillons entre le succès d'échantillonnage total (230) et les résultats d'analyses (192) s'explique par 20 éch. (dont 16 de poussins) pour lesquels nous n'avons pas eu les résultats à temps en raison d'un problème de séquençage ayant causé un retard, et 18 autres (7 de captures d'oiseaux, 6 de poussins et 5 de chiroptères) qui ne contenaient pas assez d'ADN d'invertébrés pour les analyses (quantité de matériel insuffisant, dégradation de l'ADN,...). L'échantillonnage des espèces de chiroptères et d'oiseaux ayant en partie été réalisé de manière opportuniste, le nombre

d'échantillons récoltés par espèce n'est pas homogène (voir annexe 6). Nous avons donc choisi de réaliser la description générale des régimes alimentaires en rassemblant les oiseaux et les chiroptères en deux grands groupes, tout en relevant certaines spécificités observées chez les espèces prédatrices pour lesquelles plus d'échantillons ont été récoltés. Cependant, les fréquences d'occurrence (FO) ont été calculées pour chacune des espèces d'oiseaux et de chiroptères échantillonnées. Elles sont représentées à l'annexe 9 à des fins d'illustration mais des interprétations ne peuvent être envisagées que pour les espèces pour lesquelles un nombre suffisant d'échantillons a été récolté.

Ce premier aperçu montre que l'ordre des lépidoptères (*Lepidoptera*) représente une partie majeure du régime alimentaire des oiseaux et des chiroptères dans notre étude. En effet chez les chiroptères (n = 123 éch), les lépidoptères représentaient en moyenne 46,1% des espèces consommées, suivi des diptères (*Diptera*) (21%), des coléoptères (*Coleoptera*) (9,6%), araignées (*Araneae*) (8,4%) et hémiptères (*Hemiptera*) (6,1%) et de 16 autres ordres (<0 à 5%). Cette préférence pour les lépidoptères est cependant moins marquée pour les oiseaux. En effet, le pourcentage d'occurrence de cet ordre de proies chez les oiseaux (n = 69 éch) est d'environ 19,4%, suivi de près par les hémiptères (18,3%), les araignées (16,4%), les diptères (12,4%) et les hyménoptères (11,1%) en plus de 13 autres ordres dont les principaux sont les orthoptères (7,9%), les coléoptères (6,5%), les psocoptères (3%) et les blattoptères (2,9%).

Toutes nos espèces de chiroptères ne suivent cependant pas ces moyennes (voir annexe 7.3). Le petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) (n = 37) par exemple, semble délaisser les araignées et coléoptères au profit des éphéméroptères (*Ephemeroptera*). Le grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) (n = 50) semble quant à lui encore plus spécialisé sur les lépidoptères (67,1%) et les hémiptères (9,8%) mais moins sur les diptères (11,3%). Le murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*) (n = 9) consomme beaucoup moins de lépidoptères (environ 15%) et beaucoup plus d'araignées (28,1%). Cette différence était d'autant plus marquée dans les 7 échantillons mixtes, que l'on soupçonne dominés par *Myotis emarginatus* et simplement contaminés par *Rhinolophus ferrumequinum* (l'échantillonnage ayant eu lieu sous une colonie de *Myotis emarginatus* au sein de laquelle se trouvaient quelques *Rhinolophus ferrumequinum*). En effet les lépidoptères ne représentaient plus que 13,3%, tandis que les araignées (32,8%) et les diptères (43,2%) dominaient. Finalement, le murin du Maghreb (*Myotis punicus*) (n = 15) consommait un peu moins de lépidoptères (39,6%), beaucoup moins de diptères (3,6%) et semblait plus spécialisé dans les coléoptères (33,3%).

Pour un focus sur le rôle d'auxiliaire de culture des mésanges dans le vignoble étudié, nous avons examiné le régime alimentaire de *Cyanistes c.* et *Parus m.* ayant occupé des nichoirs. Le PO des

différents ordres d'arthropodes consommés par nos mésanges (illustré en annexe 7.2) montre que les lépidoptères (*Lepidoptera*) dominent dans le régime alimentaire de *Parus m.* avec un PO de 32% et sont en 2<sup>nd</sup>e position chez *Cyanistes c.* avec un PO 20%. Chez *Cyanistes c.*, ce sont les araignées (*Araneae*) qui dominent largement avec un PO de 43%, soit quasiment la moitié de son régime alimentaire dans notre étude. Les araignées sont aussi beaucoup consommées par *Parus m.* (PO = 22%), de même quelques orthoptères (*Orthoptera*) (PO = 21%), qui sont quant à eux totalement absents du régime alimentaire de nos *Cyanistes c.* Les hémiptères, occupent la 3<sup>ème</sup> place dans le régime alimentaire de nos *Cyanistes c.* (PO = 17%) et la 5<sup>ème</sup> place chez nos *Parus m.* (PO = 6%).

Malgré le faible nombre d'échantillons obtenus par espèce d'oiseau lors des captures, il est intéressant d'examiner les résultats obtenus pour les espèces régulièrement observées au sein ou à proximité des vignes (nous ne les avons pas groupés vu les variations intraspécifiques importantes). Les **lépidoptères** ont été consommés de manière plus importante par la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) (PO = 40,5%), la fauvette grisette (*Curruca communis*) (PO = 32,1%) et la bouscarle de cetti (*Cettia cetti*) (PO = 25%), tandis qu'une proportion plus faible est consommée par la fauvette à tête noire (*Curruca melanocephala*) (PO = 15,5%) et l'alouette lulu (*Lullula arborea*) (9,1%), et qu'aucun lépidoptère n'a été retrouvé dans les échantillons de chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*) et de fauvette de Moltoni (*Curruca subalpina*). Comme pour les mésanges, une consommation remarquable **d'araignées** est attribuée à la fauvette grisette (*Curruca communis*), la fauvette de Moltoni (*Curruca subalpina*), le rougequeue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*) et l'alouette lulu (*Lullula arborea*) avec des PO situés entre 20 et 28%. Les **hémiptères**, consommés entre autres par la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) (PO = 7,1%), la fauvette grisette (*Curruca communis*) (PO = 10,7%) et l'alouette lulu (*Lullula arborea*) (PO = 9,1%), l'ont été particulièrement par la fauvette de Moltoni (*Curruca subalpina*) (PO = 25%), la fauvette mélanocéphale (*Curruca melanocephala*) (PO = 33,3%) et par le chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*) (PO = 75%). Les **diptères**, consommés à hauteur de 6,3% par fauvette grisette (*Curruca communis*) et d'environ 10% par l'alouette lulu (*Lullula arborea*) et la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*), ont occupé une place plus importante dans le régime alimentaire de la fauvette mélanocéphale (*Curruca melanocephala*) (PO = 15,5%), du rougequeue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*) (PO = 20%) et de la fauvette de Moltoni (*Curruca subalpina*) (PO = 50%). Les **orthoptères** représentaient, comme pour la mésange charbonnière (*Parus major*), une proportion importante des arthropodes consommés par le rougequeue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*) (PO = 20%) et par la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) (PO = 35,7%). Les **hyménoptères**, dont de nombreuses espèces de *Braconidae* et *Ichneumonidae* ont été abondamment consommés par la bouscarle de cetti (*Cettia cetti*) (PO = 50%), l'alouette lulu (*Lullula arborea*) (PO = 18%) et la fauvette grisette (*Curruca communis*) (PO = 16,9%),

mais aussi de manière plus occasionnelle par la fauvette mélanocéphale (*Curruca melanocephala*) (PO = 11,1%) en plus des deux espèces de mésanges. D'autres écarts monospécifiques ont été observés par rapport à la moyenne obtenue pour les oiseaux. Par exemple, la consommation importante de **psocoptères** par le chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*) (PO = 25%), ou bien encore la proportion de **blattoptères** (PO = 20%) par le rougequeue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*) (et de 9% pour *Lullula arborea*).

#### 3.4.4 IDENTIFICATIONS DES INSECTES RAVAGEURS DANS LES RÉGIMES ALIMENTAIRES

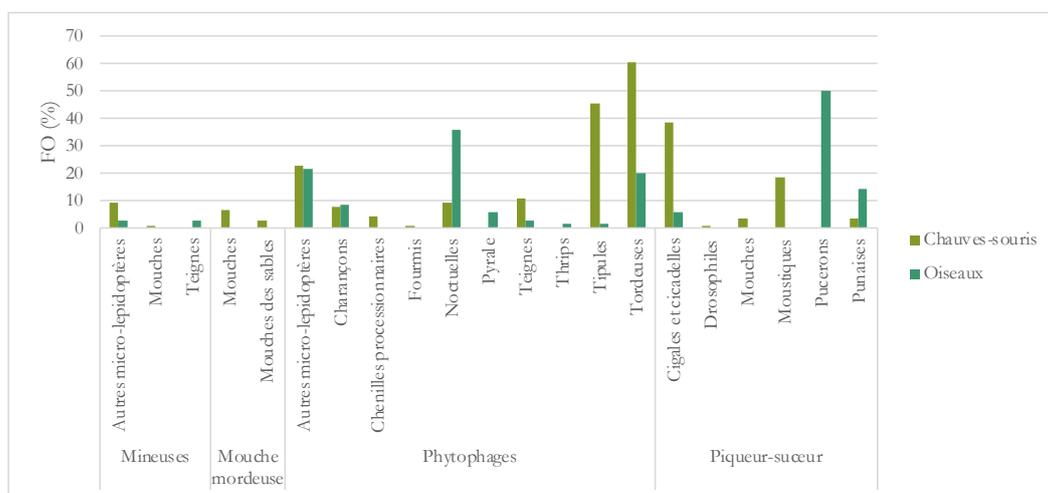
Parmi les 661 espèces d'arthropodes identifiées dans les déjections de nos oiseaux et chiroptères dans et autour du vignoble d'Alzipratu, 84 sont considérées comme espèces ravageuses de culture (ou nuisibles pour l'Homme) dont 24 comme des insectes ravageurs majeurs. La majorité de ces espèces sont des lépidoptères phytophages des groupes tels que les noctuelles (*Noctuidae*), largement retrouvées dans les fientes d'oiseaux dans notre étude (35% de nos 69 échantillons positifs à au moins 1 ravageur de ce groupe) au sein duquel nous avons retrouvé par exemple la noctuelle de la tomate ou armigère *Helicoverpa armigera*. Un autre groupe bien représenté au sein de cet ordre, et préféré des chauves-souris (FO de 60%) est celui des tordeuses (*Tortricidae*), avec notamment 3 détections de *Lobesia botrana* (eudémis) (dans 1 éch de *Rhinolophus b.* et 2 éch de *Cyanistes c.*). Nous avons également noté la forte présence de *Tortrix viridana* (la tordeuse verte du chêne), qui dans notre étude a principalement été consommé par *Cyanistes c.* et diverses espèces de chiroptères. D'autres micro-lépidoptères sont représentées dont les *Gracillariidae*, la principale famille d'espèces dites mineuses, terme vernaculaire rassemblant les insectes parasites dont les larves creusent des galeries dans les feuilles. Pour cette famille, nous avons retrouvé plusieurs ravageurs de feuillus tels que l'aulne glutineux et différentes espèces de chênes. Parmi ces autres micro-lépidoptères, nous avons également détecté la présence remarquable de *Lymantria dispar* (le bombyx disparate), dans nos échantillons de mésanges bleues (*Cyanistes c.*) et charbonnières (*Parus m.*) (23% des 53 échantillons de mésange sont positifs pour cet insecte). Deux espèces de pyrales de la famille des *Crambidae* dont la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*), ont été détectés parmi nos 69 échantillons d'oiseaux. *Thaumetopoea pityocampa* (la processionnaire du pin), a également été détectée dans 5 de nos 50 échantillons de grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*).

Le second principal ordre d'insectes ravageurs détecté lors de notre étude est celui des hémiptères, composé intégralement d'insectes de type piqueurs-suceurs. On y retrouve d'abord le groupe des pucerons (*Aphididae*) qui n'ont été consommés que par certains oiseaux dans notre étude (*Carduelis carduelis*, *Curruca melanocephala*, *Cyanistes caeruleus*, *Curruca communis* et *Parus major*), avec une FO moyenne de 50%. On y retrouve notamment les pucerons *Brachycaudus helichrysi*, *Aphis fabae* et *Brevicoryne brassicae*. Le 2<sup>nd</sup> groupe, préféré par les chiroptères dans notre étude (FO de 38%)

rassemble les cigales et cicadelles. On y retrouve notamment plusieurs espèces telles que le cercope des prés ou philène spumeuse *Philaenus spumarius* ou encore la cicadelle pruineuse *Metcalfa pruinosa*, présente dans 24% des 123 échantillons de chiroptères analysés (principalement du petit et grand rhinolophe). Diverses espèces de punaises (sous-ordre des hétéroptères) appartenant à deux familles, les *Miridae* et les *Pentatomidae* ont également été détectées dans nos analyses dont la punaise diabolique *Halyomorpha halys*.

Différentes espèces de diptères nuisibles ou ravageuses ont également été détectées. L'exemple le plus remarquable dans cet ordre est la forte consommation de tipule (famille des *Tipulidae*) parmi les chiroptères (FO de 45%) dont la consommation de *Tipula oleracea*, la tipule du maraîcher (ou du chou). Une autre observation remarquable est la forte présence de moustiques (*Culicidae*) au sein du régime alimentaire des chiroptères. Notons par exemple la présence de deux moustiques communs *Aedes detritus* et de *Culex pipiens* dans de nombreux échantillons de *Rhinolophus hipposideros*. D'autres diptères, bien que consommés de manière plus anecdotique, sont également intéressants, par exemple les mouches mordeuses du genre *Culicoides* (famille des *Ceratopogonidae*) telles que *Culicoides punctatus*. Notons également la détection du phlébotome *Phlebotomus perniciosus*. Une autre observation pertinente est la détection de deux autres diptères, *Musca domestica* (la mouche domestique) et *Stomoxys calcitrans* (la mouche charbonneuse) retrouvés exclusivement dans des échantillons de *Myotis emarginatus* (le murin à oreilles échancrées).

Finalement, quelques espèces de *Curculionidae*, coléoptères phytophages communément appelés charançons ou balanins, ont été détectés. Parmi ceux-ci, nous avons noté *Curculio elephas*. Également, de multiples espèces de fourmis (*Formicidae*) ont été découvertes dans les échantillons de diverses espèces de chiroptères et dans des échantillons de mésanges. Parmi celles-ci *Tapinoma magnum* a été détecté dans un échantillon de petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*).



**FIGURE 5 : FRÉQUENCE D'OCCURRENCE (FO) DES PRINCIPAUX GROUPES D'INSECTES RAVAGEURS EN FONCTION DU NOMBRE D'ÉCHANTILLONS D'OISEAUX ET DE CHIROPTÈRES**

La majeure partie des ravageurs identifiés dans nos analyses faisant partie des hémiptères et des lépidoptères, tout comme les principaux ravageurs de la vigne ciblés, nous avons détaillé, pour les insectes proies que nous avons identifiés, leur répartition dans les différentes familles au sein de ces deux ordres. La figure 6 illustre le pourcentage d'occurrence des proies au sein de ces ordres en mettant l'accent sur les principales familles de ravageurs (encadrées en rouge) (ces PO ne sont donc représentatifs que des échantillons qui contenaient au moins une espèce de ces ordres).

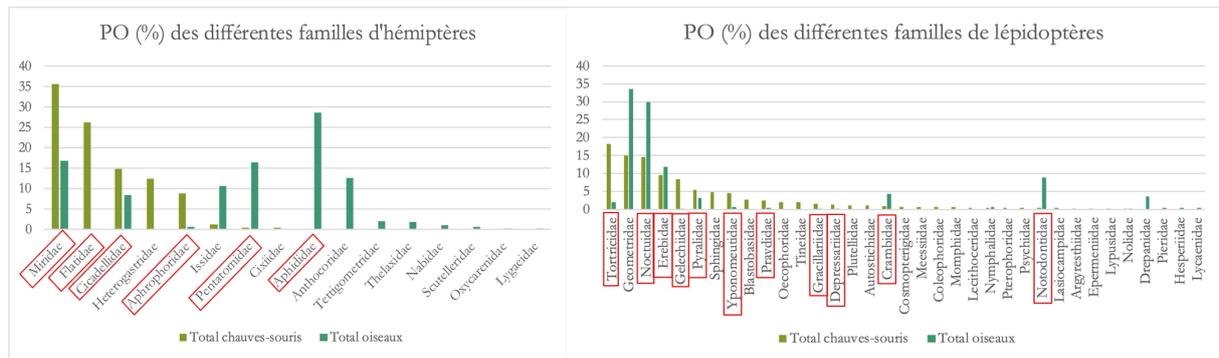
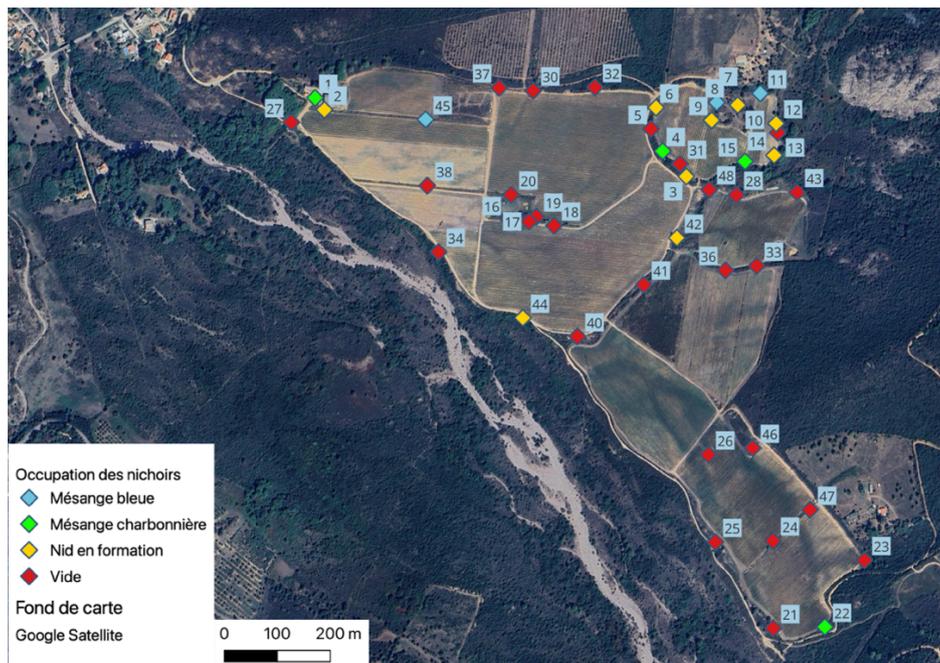


FIGURE 6 : POURCENTAGE D'OCCURRENCE DES DIFFÉRENTES FAMILLES D'HÉMIPTÈRES ET DE LÉPIDOPTÈRES IDENTIFIÉES DANS LES DÉJECTIONS DES OISEAUX ET CHIROPTÈRES ÉTUDIÉS

Concernant les hémiptères, on remarque que les familles de piqueurs-suceurs apparentées aux cigales et (fausses-)cicadelles (*Aphrophoridae*, *Cicadellidae*, *Flatidae*) sont plus consommées par les chiroptères que par les oiseaux. Les *Flatidae* étaient surtout consommés par *Rhinolophus ferrumequinum* (PO = 27,2%), mais aussi par *Rhinolophus hipposideros* (PO = 27,2%) et *Myotis emarginatus* (PO = 10%). Les proportions de *Cicadellidae* les plus importantes ont été retrouvées dans les échantillons de *Pipistrellus pipistrellus* (PO = 50%), *Sylvia atricapilla* (PO = 33,3%), et *Currucula melanocephala* (PO = 25%), bien qu'elles aient aussi été détectées dans de plus faibles proportions (moins de 20%) chez *Rhinolophus b.*, *Rhinolophus f.*, *Myotis E.* en plus de nos 2 espèces de mésanges (*Parus m.* et *Cyanistes c.*). Les *Aphrophoridae* représentent également 50% des hémiptères consommés par *Pipistrellus p.*, environ 10% de ceux consommés par *Rhinolophus b.* et *Myotis E.* et 5,6% de *Parus m.* Les punaises (*Miridae* et *Pentatomidae*) ont été consommées par les oiseaux et les chiroptères, avec un pourcentage d'occurrence plus élevé pour les *Miridae* chez les chiroptères. En effet les *Miridae* ont constitué la seule famille d'hémiptères consommée par *Pipistrellus K.*, famille qui incluait aussi une part non négligeable des hémiptères consommés par *Myotis E.* (PO = 60%), *Rhinolophus b.* (PO = 47,2%), *Sylvia c.* (PO = 50%), *Sylvia a.* (PO = 33,3%), *Cyanistes c.* (PO = 25,7%), *Parus m.* (PO = 16,6 %) et par *Rhinolophus f.* (PO = 11,1%). Les *Pentatomidae* n'ont été consommés de manière significative que par *Lullula a.* (PO = 100%), et *Parus m.* (PO = 22,2%). Les pucerons (*Aphididae*) n'ont quant à eux été consommés que par les oiseaux, principalement *Carduelis c.* (PO = 100%), *Sylvia m.* (PO = 41,6%), *Cyanistes c.* (PO = 39,4%), *Sylvia c.* (PO = 25%) et *Parus m.* (PO = 22,2%).

Au sein des lépidoptères, les tordeuses (*Tortricidae*) représentent un peu moins de 20% des lépidoptères consommées par nos chiroptères, principalement par *Rhinolophus b.* (PO = 37%), *Pipistrellus p.* (PO = 15%), *Rhinolophus f.* (PO = 18,3%) et *Pipistrellus k.* (PO = 15,8%) et en plus faible proportion (PO<10%) par les murins (*Myotis E.* et *Myotis P.*). Les tordeuses représentaient également 15,6% des lépidoptères consommés par *Cyanistes c.* L'autre principale famille de lépidoptères phytophages, les noctuelles (*Noctuidae*), représente 30% des lépidoptères consommées par nos oiseaux, majoritairement par *Lullula a.* (PO = 100%), *Sylvia m.* (PO = 50%), *Parus M.* (PO = 35,6%) et *Cyanistes c.* (PO = 20,8%), et 15% de ceux consommés par nos chiroptères, majoritairement *Rhinolophus f.* (PO = 32,1%) et *Myotis p.* (PO = 15,5%) mais aussi par *Myotis e.* (PO = 10,1%) et *Barbastella b.* (PO = 9,1%). La famille des *Erebidae* dont fait le bombyx disparate (*Lymantria dispar*) a été consommée de manière non négligeable par nos oiseaux, principalement par *Sylvia c.* (PO = 33,3%), *Parus m.* (PO = 32,5%), *Sylvia a.* (PO = 16,7%) et *Cyanistes c.* (PO = 11,5%), mais aussi par nos chiroptères, surtout *Myotis p.* (PO = 71,4%), représentant ainsi environ 10% des lépidoptères consommés par nos 2 grands groupes d'auxiliaires. Les pyrales (*Pyralidae* et *Crambidae*) représentent ensemble environ 10% des lépidoptères consommés, les *Pyralidae* ayant majoritairement été consommés par *Pipistrellus p.* (PO = 33,3%) et par *Cyanistes c.* (PO = 20,6%), et les *Crambidae* occupant une place non négligeable parmi les lépidoptères consommés par *Sylvia m.*

### 3.5 INSTALLATION DE NICHOURS À MÉSANGES DANS UN CONTEXTE DE LUTTE BIOLOGIQUE



CARTE 9 : OCCUPATION DES NICHOURS AU VIGNOLE D'ALZIPRATU

Parmi les 45 nichoirs installés au vignoble d'Alzipratu, les seuls nichoirs ayant montré des traces d'occupation, 17 au total, sont les modèles polyvalents 1B en béton de bois de la marque Schwegler. Sept de ces nichoirs ont accueilli une nichée : 4 nichées de mésange charbonnière (*Parus majors*) et 3 nichées de mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*), avec éclosion de 5 à 8 poussins par nids. Leur répartition est illustrée à la carte 9.

## 4. DISCUSSION

Avec des objectifs à l'articulation entre la lutte biologique et la conservation de la biodiversité dans un écosystème viticole, notre étude a permis de récolter un ensemble de résultats originaux pour 1) décrire par cartographie les principaux éléments d'habitats disponibles pour les oiseaux et chiroptères dans le vignoble étudié, 2) recenser les espèces d'oiseaux et chiroptères fréquentant le site, 3) obtenir des informations sur leur régime alimentaire en terme de proies et par là, évaluer leur rôle en tant qu'auxiliaire pour la régulation d'espèces ravageuses pour l'agriculture et notamment la viticulture.

### 4.1 CARTOGRAPHIE

La cartographie réalisée nous a permis de poser des diagnostics et hypothèses par le biais de cartes de favorabilité ou de connectivité, mais également de décrire le milieu en illustrant l'occupation du sol et la stratification végétale des habitats environnants. Croisée avec les différentes observations réalisées, cette cartographie a permis de mettre en évidence des aspects cruciaux des habitats et des niches écologiques exploités par nos auxiliaires vertébrés, tels que les chiroptères et les oiseaux, mais aussi d'identifier les zones moins favorables à leur présence où des aménagements pourraient être réalisés. En effet, notre analyse des habitats à privilégier pour la présence des auxiliaires a permis d'illustrer l'importance attendue des strates arbustives et arborées, telles que dans les haies, pour de nombreux chiroptères et oiseaux. De même, nos résultats confirment l'importance, pour une série d'oiseaux insectivores également observés dans les vignes et intéressants en tant qu'auxiliaires, des milieux ouverts à végétation basse et intermédiaire telles les friches. Ces résultats soulignent l'importance de maintenir une diversité de structures végétales au sein et à proximité immédiate des vignobles pour attirer et conserver une variété d'espèces auxiliaires potentiellement bénéfiques.

### 4.2 RECENSEMENTS DE BIODIVERSITÉ :

#### 4.2.1 COMPARAISON DES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Nous avons comparé 3 méthodes d'échantillonnage, des enregistreurs bioacoustiques, des transects, et des points d'écoute suivant le protocole STOC, afin de déterminer leur efficacité

respective dans la collecte de données sur la biodiversité aviaire du vignoble d'Alzipratu. Ces méthodes étant toutes basées en priorité sur l'identification des vocalisations des oiseaux, et dans un 2<sup>nd</sup> temps sur une vérification visuelle pour les transects et points d'écoute, il existe donc un biais humain pour chacune d'elles : l'expertise de l'échantillonneur (ou du bioacousticien analysant les enregistrements).

Chacune a démontré ses avantages et limites, soulignant ainsi l'importance de sélectionner la méthode d'échantillonnage la plus adaptée, mais également le choix des règles d'échantillonnage (dans l'espace et dans le temps) selon les objectifs spécifiques de l'étude et des exigences du terrain. Les **enregistreurs automatiques** se sont révélés particulièrement utiles pour offrir une liste d'espèces plus exhaustive (66 espèces sur les 73 au total) et détecter des espèces particulières ou rares, telles la pie-grièche à tête rousse (*Lanius senator*) et l'œdicnème criard (*Burbinus oediconemus*), ce qui pourrait notamment encourager de nouvelles mesures pour protéger ces espèces dans le vignoble et dans la région, ou encore pour détecter les espèces nocturnes telles que le petit-duc scops (*Otus scops*) ou l'effraie des clochers (*Tyto alba*). Cependant, dans notre contexte, l'absence de données précises en terme d'abondance et d'habitat ne nous permet pas de distinguer de manière absolue les espèces sédentaires au vignoble des espèces de passage, ni d'observer si ces dernières occupent les vignes ou d'autres habitats de manière significative. Cette méthode semble donc parfaitement adaptée pour des inventaires globaux de l'avifaune incluant les espèces en passage migratoire ou présentes de manière ponctuelle puisqu'elle permet une couverture et une autonomie importantes, minimisant le besoin d'intervention humaine.

Les **points d'écoute** ont quant à eux montré une bonne efficacité dans la capture de la diversité aviaire du site, malgré un nombre inférieur d'espèces détectées comparé aux transects. Ce nombre d'espèces inférieur s'explique très certainement par le nombre de transects effectués (12) 4 fois plus élevé que le nombre de sessions de points d'écoute (3). Augmenter le nombre de sessions d'écoute pourrait parfaire cette méthode sans pour autant aller jusqu'à compromettre son principal avantage d'effort humain limité. Elle offre une appréciation globale du paysage et semble plus adaptée que les enregistreurs automatiques pour identifier la biodiversité intrinsèque d'un lieu tout en filtrant efficacement les espèces migratrices ou de passage.

Enfin, les **transects**, malgré un investissement en temps plus élevé que pour les points d'écoute (environ 3h pour un parcours complet dans notre site contre 1h30 pour parcourir les 10 points d'écoute), fournissent des données précieuses et précises sur les habitats qu'occupent les oiseaux observés. Cette méthode semble donc trouver son principal avantage lorsque l'étude nécessite une cartographie détaillée et une appréhension des interactions écologiques locales, ce qui était le cas ici. Cependant, si l'objectif est simplement de noter les espèces présentes sans une analyse de

l'habitat, les transects peuvent s'avérer moins efficaces en termes de temps et d'estimation de la diversité effective comparativement aux points d'écoute.

Il est également intéressant de noter que, bien que les enregistreurs aient capturé un large éventail d'espèces, certaines observations, telles que celle du traquet motteux, de la tourterelle turque, du rouge-queue noir ou encore de la pie-grièche écorcheur n'ont été possibles que via les transects et les points d'écoute, mettant ainsi en lumière une complémentarité de ces 3 méthodes.

#### 4.2.2 RECENSEMENTS DES CHIROPTÈRES PAR BIOACOUSTIQUE

Globalement, les résultats acoustiques obtenus ont, malgré le dysfonctionnement de certains enregistreurs, été assez bons, confirmant une activité notable de plusieurs espèces de chiroptères dans cet environnement viticole. Ces résultats confirment certaines des hypothèses indiquées dans la cartographie de favorabilité, telle que l'importance des haies dans lesquelles ont été observées une activité et une diversité importantes. Par exemple, la cartographie suggérait que les pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*) et de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) pourraient être plutôt ubiquistes, et les résultats confirment cette hypothèse. Ces deux espèces ont été détectées dans la plupart des habitats, y compris les vignes. De fait, contrairement à ce que la cartographie de favorabilité laissait présager, de nombreuses espèces fréquentent activement les vignes, même celles pour lesquelles on anticipait une préférence d'habitats plus arborés. Par exemple, la barbastelle (*Barbastella barbastellus*), attendue dans des habitats plus arborés, a montré une activité moyenne à forte dans la plupart des habitats, y compris les vignes, où elle a été enregistrée avec une forte activité lors de la dernière session. De la même manière, d'autres espèces telles que la pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*), le petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) et le molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*), ont été détectées dans les vignes, bien que de manière plus sporadique, exprimant une certaine flexibilité dans l'écologie de ces divers chiroptères.

#### 4.3 RÔLE DES OISEAUX ET DES CHIROPTÈRES EN TANT QU'AUXILIAIRE DE CULTURE

L'analyse des régimes alimentaires des diverses espèces d'oiseaux et de chiroptères échantillonnées dans notre étude a révélé une consommation significative de plusieurs ordres et familles d'invertébrés dont certains sont connus pour leur impact nuisible sur diverses cultures, y compris la viticulture. Ceci confirme donc clairement l'intérêt de la présence de ces deux groupes de vertébrés dans un contexte de lutte biologique. Il est cependant important de rappeler que ces résultats sont issus d'un échantillonnage en partie opportuniste pour nombre de ces espèces et qu'ils ne sont donc représentatifs que du régime alimentaire insectivore à une saison et dans des lieux donnés.

#### 4.3.1 ESPÈCES D'INSECTES RAVAGEURS IDENTIFIÉES DANS LES RÉGIMES ALIMENTAIRES DES OISEAUX ET CHIROPTÈRES ÉTUDIÉS

##### 4.3.1.1 LES LÉPIDOPTÈRES: TORDEUSES, NOCTUELLES ET AUTRES LÉPIDOPTÈRES RAVAGEURS

La majorité des 84 espèces ravageuses de culture (ou nuisible pour l'Homme) identifiées appartenaient à l'ordre des lépidoptères. Nous y avons noté de nombreuses *Tortricidae* telles que *Lobesia botrana* (eudémis), l'un des principaux ravageurs de la vigne (Benelli et al., 2023; Gutierrez et al., 2018) dans certains échantillons de *Rhinolophus ferrumequinum* et de *Cyanistes caeruleus*; et *Tortrix viridana* (la tordeuse verte du chêne), un autre ravageur majeur des chênaies (Département de la Santé des Forêts, 2017) qui sévit en Balagne. De nombreux ravageurs phytophages de la famille des *Noctuidae* tels que *Helicoverpa armigera*, une noctuelle très polyphage s'attaquant notamment aux tomates (EFSA Panel on Plant Health, 2014) ont également été détectés. Le bombyx disparate (*Lymantria dispar*) est un autre ravageur majeur des feuillus, principalement les chênaies (Département de la Santé des Forêts, 2024; Tobin et al., 2012), fréquemment détecté dans des échantillons de *Cyanistes caeruleus* et de *Parus major*. Parmi les quelques pyrales ravageuses détectées, nous avons noté la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*), ravageur majeur du buis en Europe (Kenis et al., 2013). Une autre observation notable est la détection relativement fréquente de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) dans nos échantillons de *Rhinolophus ferrumequinum*. Ce parasite de diverses espèces de pins, causant des dégâts notamment dans les forêts de pin Laricio (*Pinus nigra var. corsicana*) en Corse et est nuisible pour l'Homme et divers animaux domestiques en raison de ses poils urticants (Bonnet et al., 2008; Charbonnier et al., 2014). Cette observation corrobore les résultats d'Augusto et al., 2024 dans une étude sur le rôle des chiroptères (dont les *Rhinolophus*) dans le contrôle naturel de ce ravageur dans les forêts de pin au Portugal.

##### 4.3.1.2 LES HÉMIPTÈRES: PUCERONS, CICADELLES, PUNAISES ET AUTRES HÉMIPTÈRES RAVAGEURS

La plus grande partie des hémiptères ravageurs que nous avons détectés sont des pucerons (*Aphididae*) qui ont exclusivement été consommés par certains oiseaux dans notre étude. Parmi les pucerons, nous avons détecté divers ravageurs mineurs de feuillus (chênes et châtaigniers), d'arbres ou arbustes fruitiers (cassissier, groseillers, framboisiers) et quelques ravageurs majeurs consommés de manière anecdotique dans notre étude tels que *Aphis fabae* (le puceron noir de la fève), très polyphage et s'attaquant notamment aux cultures de betterave, de fève et de gourgane (CABI, 2022), *Brevicoryne brassicae* (le puceron cendré du chou), un ravageur majeur des brassicacées (Chaubet et al., 2024b), ou bien encore *Brachycaudus helichrysi* (le puceron vert du prunier), un ravageur majeur du genre *Prunus* (pruniers, pêchers, amandiers) et des cultures de tournesol (Chaubet et al., 2024a).

Parmi les insectes ravageurs des groupes apparentés aux cigales et cicadelles, nous avons détecté chez plusieurs chiroptères, la présence de *Philaenus spumarius* (la cercope des prés), vectrice de la bactérie ravageuse *Xylella fastidiosa* s'attaquant notamment aux oliviers, agrumes et vignes (Antonatos et al., 2021; Chartois et al., 2023). *Metcalfa pruinosa*, la cicadelle pruineuse, a également été détectée dans de nombreux échantillons de chiroptères (principalement *Rhinolophus ferrumequinum* et *hipposideros*). Son observation est intéressante car elle est considérée comme un insecte ravageur mineur de la vigne car le miellat riche en sucre qu'elle excrète en quantité à la surface des feuilles attire d'autres ravageurs tels que *Cryptoblabes gniadella* mais favorise aussi le développement de fumagine, une maladie cryptogamique (Chambre d'agriculture Auvergne - Rhône - Alpes et al., 2024; Chamont, 2019; Darriet, 2020). Finalement, plusieurs espèces de punaises ravageuses (sous-ordre des hétéroptères) telles que *Halyomorpha halys* (la punaise diabolique), une espèce invasive arrivée de Chine en France en 2012 très polyphage, pouvant s'attaquer à plus de 120 espèces ornementales et fruitières dont la vigne (Delbac et al., 2022), ont été détectées. Bien qu'elle n'ait pas encore causé de dégâts majeurs aux vignes, elle est néanmoins surveillée de près car sa présence non voulue dans les récoltes a la particularité de dégrader les arômes du vin (Mohekar et al., 2018).

#### 4.3.1.3 LES DIPTÈRES: TIPULES, MOUSTIQUES ET MOUCHES MORDEUSES

Plusieurs familles de diptères incluant de nombreux ravageurs ont été détectés au sein de nos échantillons de chiroptères principalement mais aussi de certains oiseaux. Tout d'abord de nombreuses espèces de tipules (*Tipulidae*) ont été détectées dont *Tipula oleracea*, la tipule du maraîcher (ou du chou) considérée comme un ravageur majeur des cultures maraichères et de céréales en raison de ses larves phytophages qui se nourrissent des jeunes pousses et racines (INRA, 2014). Nous avons détecté divers moustiques (*Culicidae*) communs tels que *Aedes detritus*, nuisible principal des marais halophiles (*Aedes detritus*, s. d.; Blagrove et al., 2016) et de *Culex pipiens*, le moustique commun, ont été détectés dans de nombreux échantillons de *Rhinolophus hipposideros*. Plusieurs études ont d'ailleurs tenté de démontrer le rôle des chiroptères dans la lutte contre ces diptères nuisibles pour l'Homme (Gonsalves et al., 2013; Puig-Montserrat et al., 2015). La détection de certaines mouches mordeuses du genre *Culicoides* dans des échantillons de *Rhinolophus hipposideros* et de *Pipistrellus kublii* est également important car on y retrouve des espèces telles que *Culicoides punctatus*, vecteur de plusieurs arboviroses telle que celle de la fièvre catarrhale ovine (le virus bluetongue) touchant principalement les moutons (*Ovis aries*) (Martínez-de la Puente et al., 2015) et de retour en Corse avec 67 foyers référencés en août 2024 (ODARC, Chambre d'agriculture de Corse). Nous avons également détecté dans un échantillon de *Myotis punicus* le phlébotome *Phlebotomus perniciosus*, vecteur du virus Toscana répandu dans tout le pourtour de la méditerranée et responsable d'une fièvre passagère pour l'Homme (Charrel, 2014). Ce phlébotome joue aussi un

rôle très important comme vecteur de protozoaires responsables de la leishmaniose humaine et du chien. Une autre observation pertinente était la détection de 2 espèces de mouches communes et considérées comme nuisibles dans les étables : *Musca domestica* (la mouche domestique) et *Stomoxys calcitrans* (la mouche charbonneuse), en raison du risque de transmission de pathogènes mais aussi du stress et du dérangement qu'elles provoquent, pouvant induire, en plus d'une dépense énergétique plus importante, une baisse significative de la production de lait et de viande (Ahmad et al., 2007; Baldacchino et al., 2013; Rochon et al., 2021; Taylor et al., 2012). Ces deux diptères ont exclusivement été retrouvés dans des échantillons de *Myotis emarginatus* (le murin à oreilles échancrées) dans lesquels on a parfois également identifié du bœuf domestique (*Bos taurus*), du cheval (*Equus caballus*) ou encore du mouton (*Ovis aries*). Cette observation souligne la présence de ce chiroptère à proximité du bétail, une relation mise en évidence par Vescera et al., 2024.

#### 4.3.1.4 AUTRES INSECTES RAVAGEURS IDENTIFIÉS

Plusieurs coléoptères phytophages de la famille des *Curculionidae* (appelés charançons ou balanins) ont été détecté parmi nos ravageurs dont *Curculio elephas*, un ravageur s'attaquant aux châtaigniers (Leboulanger, 2014), une filière de production traditionnelle en Corse, dans des échantillons de *Rhinolophus ferrumequinum*.

De multiples espèces de fourmis (*Formicidae*) ont également été trouvées dans nos échantillons de diverses espèces de chiroptères et de mésanges. Parmi ces fourmis, nous avons détecté *Tapinoma magnum*, espèce invasive se déployant massivement dans certaines régions de Corse où elle représente une menace pour la biodiversité et, dans certains cas, pour les cultures, y compris les vignobles (Bujan et al., 2021; Destour et al., 2024)

#### 4.3.2 INTÉRÊT DES CHIROPTÈRES ET DES OISEAUX EN TANT QU'AUXILIAIRES DE LA VIGNE

Notre étude sur les chiroptères et les oiseaux dans les vignobles corses révèle leur rôle crucial dans la lutte biologique contre les ravageurs de la vigne. Bien que l'échantillonnage n'ait pas coïncidé avec la pleine période d'émergence des principaux ravageurs, nos analyses génétiques ont confirmé la consommation significative de lépidoptères et de certains hémiptères par ces vertébrés, ciblant ainsi indirectement les espèces ravageuses les plus problématiques pour la viticulture.

La plupart des chiroptères recensés au vignoble ont montré une activité significative dans la vigne. L'analyse de leur régime alimentaire lors de l'automne 2023 et du printemps 2024 indiquent une prédation marquée de lépidoptères, en particulier des *Tortricidae*, avec une détection de *Lobesia botrana* chez *Rhinolophus hipposideros*. Cette observation confirme l'utilité des chiroptères dans le contrôle des tordeuses de la grappe. Diverses études effectuées ailleurs montrent la consommation non négligeable de ces lépidoptères ravageurs de la vigne par les chiroptères (Baroja et al., 2021;

Charbonnier et al., 2021). D'autres espèces, telles que *Pipistrellus pipistrellus* et *Myotis ermaginatus*, ont également montré une consommation substantielle de *Pyralidae*, illustrant leur rôle général dans la suppression des populations d'insectes ravageurs.

Nos analyses sur les oiseaux illustrent l'intérêt d'une diversité spécifique importante dans un contexte de lutte biologique en milieu viticole, car leur impact sur les populations d'insectes ravageurs varie en fonction de leur habitat et de leurs habitudes alimentaires. Barbaro et al. (2017) avaient démontré que la diversité fonctionnelle ornithologique influençait positivement la consommation de lépidoptères au sein des vignobles. Nos résultats tendent à confirmer la flexibilité souvent observée chez les passereaux, dont le régime alimentaire peut varier selon la disponibilité en arthropodes au cours des saisons. En effet, toutes les espèces d'oiseaux que nous avons étudiées, même celles n'étant pas considérées comme principalement insectivores, ont consommé des arthropodes en période de reproduction, un aspect de leur régime alimentaire parfois peu connu. Par exemple les différentes fauveltes (*Sylvia atricapilla*, *Curruca communis* et *Curruca melanocephala*), très communes dans les haies adjacentes aux vignes, et connues pour leur régime alimentaire majoritairement frugivore en dehors de la période de reproduction (Aymí et al., 2020; Aymí & Gargallo, 2021a, 2021b), ont consommé au printemps des invertébrés dont une part non négligeable de lépidoptères. Il en est de même pour l'alouette lulu (*Lullula arborea*), fréquemment observée dans les vignes, ainsi que pour nos deux espèces de mésanges (*Cyanistes caeruleus* et *Parus major*) et pour la bouscarle de Cetti (*Cettia cetti*), bien que ces trois dernières soient plus inféodées à un milieu arboré (et humide pour *Cettia cetti*). Comparé aux chiroptères, les oiseaux analysés présentent un régime alimentaire plus diversifié, ce qui constitue un avantage pour des agents de lutte biologique naturels (Symondson et al., 2002). Bien que cette diversité intègre de manière notable certaines familles d'hyménoptères parasitoïdes, utiles en lutte biologique dans les vignes (*Ichneumonidae* et *Braconidae*), les oiseaux consomment une gamme plus large de ravageurs que les chiroptères y compris des hémiptères tels que les pucerons, les cicadelles et les punaises, ainsi que des lépidoptères, majoritairement des noctuelles mais aussi des pyrales et des tordeuses en quantité non négligeable. Parmi ces lépidoptères ont notamment été retrouvés plusieurs *Pyralidae* dans les échantillons *Parus major* et *Cyanistes caeruleus* et quelques *Tortricidae* uniquement dans ceux de *Cyanistes caeruleus*. Il est donc évident que les espèces fréquentant les **milieux arborés** adjacents consomment également de manière significative les ordres et familles d'insectes ciblés dans les vignes. Même si certains de ces oiseaux restent dans les haies, il est probable que d'autres s'aventurent vers les vignes et participent activement à la lutte biologique. Ces échanges soulignent l'importance de maintenir et de promouvoir des habitats diversifiés autour des vignobles pour encourager la présence de ces auxiliaires naturels. En outre, les espèces de **milieu ouvert** détectées actives dans les vignes telles

que *Lullula arborea*, *Carduelis carduelis*, *Carduelis corsicana*, *Emberiza cirrus*, *Anthus campestris*, *Saxicola rubicola*, *Emberiza calandra*, *Serinus serinus*, et *Chloris chloris* sont des alliés importants dans la régulation des ravageurs. Toutes n'ont pas pu être échantillonnées en raison des difficultés liées à la capture en milieu ouvert mais les connaissances dans la littérature confirment que ces oiseaux même s'ils ne sont pas principalement insectivores, consomment également des arthropodes en période de reproduction et estivale pour celles se préparant aux migrations.

#### 4.4 INSTALLATION DE NICHOURS DANS UN CONTEXTE DE LUTTE BIOLOGIQUE EN MILIEU VITICOLE

La disposition des nichours occupés souligne également l'intérêt d'éléments de paysage tels que les d'arbres entre les parcelles. En effet, la plupart des nichours occupés ou en construction étaient accrochés à des arbres soit en périphérie soit au sein d'un corridor écologique important lié à la périphérie du vignoble. Ils étaient disposés pour être suffisamment accessibles mais pas trop découverts. La plupart des nichours installés dans la parcelle Biglione (voir annexe 1) située au nord-est du vignoble illustrent bien ces observations. D'autres nichours situés au centre du vignoble dans une zone arborée entourant une mare n'ont, contrairement à nos attentes, montré aucun signe d'occupation. De nombreux facteurs tels que l'isolement de cet îlot de végétation naturelle au milieu de grandes parcelles de vigne, ou la disposition de ces nichours (suspendus et découverts) peuvent participer à expliquer cette observation.

De manière générale, le faible taux de nidification complète et l'absence de seconde nichée dans les nichours placés dans les vignes par rapport à ceux situés dans des zones plus boisées en périphérie, illustre une préférence, de ces espèces pour le milieu forestier, notée aussi bien dans la littérature et que dans nos observations (Gosler et al., 2020; Kirwan et al., 2024). En effet, bien que *Parus major* tolère des milieux un peu plus ouverts, ces mésanges sont souvent associées aux chênaies. Une proportion importante des *Totricidae* consommées par ces mésanges correspond d'ailleurs à *Tortrix viridana*, la tordeuse du chêne, régulièrement consommée par celles-ci (Charmantier et al., 2014). Cependant, ces deux espèces restent des insectivores voraces, ayant consommé des insectes apparentés à ceux ciblés dans notre contexte de lutte biologique en milieu viticole, dont *Lobesia botrana*. Si ces espèces ne peuvent être considérées comme l'unique solution dans un contexte de culture en milieu ouvert, nos résultats confirment qu'elles sont utiles et que l'augmentation de la connectivité et de stratégies d'agroforesterie renforceront probablement leur action.

#### 4.5 PROPOSITIONS DE RECOMMANDATIONS BASÉES SUR LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE ET LES OBSERVATIONS D'OISEAUX ET DE CHIROPÈRES

La présence globalement bénéfique des oiseaux et des chiroptères dans le vignoble d'Alzipratu confirmée par notre étude suggère plusieurs stratégies d'aménagement pour renforcer leur rôle dans la lutte biologique.

1. **Plantation de haies et d'arbres isolés :** Pour améliorer la connectivité écologique, et augmenter ainsi la probabilité que les auxiliaires associés aux haies et aux strates arborées fréquentent les vignes, il est recommandé de planter des haies et/ou des arbres isolés supplémentaires qui complètent les corridors pour la faune. Ces corridors accrus faciliteront les mouvements des oiseaux et des chiroptères à travers le vignoble, augmentant ainsi leur efficacité en tant qu'auxiliaires de culture.

2. **Maintien des milieux ouverts :** Notre étude a également confirmé l'intérêt de plusieurs espèces d'oiseaux plutôt associées au milieu ouvert dans un contexte de lutte biologique. C'est pourquoi la mise en place et le maintien de zones de friches ou en jachère à proximité des parcelles de vigne est une mesure intéressante pour encourager la présence de ces espèces.

3. **Installation de nouveaux nichoirs :** Augmenter le nombre de nichoirs de type Schwegler 1B contribuerait aussi à équilibrer l'écosystème viticole et à lutter contre les insectes ravageurs de la vigne. Ce déploiement sera optimisé si l'emplacement de ces nichoirs est soigneusement choisi, selon nos observations : dans des arbres, à des hauteurs sécurisées et dans des zones qui ne sont ni trop exposées (vue, soleil) ni trop isolées. Une attention devrait également être portée aux différents diamètres disponibles. Dans un contexte viticole, il semble approprié de privilégier le diamètre de 30-32 mm, théoriquement adapté pour la mésange charbonnière (*Parus major*) puisque ce modèle a montré un bon taux d'occupation et n'exclue pas la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*). A priori, il serait plus probable que la mésange charbonnière s'y installe et fréquente les vignes puisque cette espèce est moins inféodée au milieu forestier que la mésange bleue.

4. **Aménagements des anciens et nouveaux bâtiments agricoles :** La présence de divers bâtis, tels que des hangars agricoles et de vieux pailiers est une opportunité pour favoriser le potentiel d'accueil des colonies de chauves-souris ou pour leur fournir des reposoirs en cours de nuit. Des aménagements simples tels que l'installation de fausses corniches en bordure de toiture des hangars, de faux volets (bardage en bois) pour les espèces fissuricoles comme les pipistrelles ou encore la restauration des pailiers afin les rendre accessibles pour les chiroptères tout en limitant le dérangement notamment lumineux seraient favorables aux chauves-souris.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de tester une série de méthodes pour une approche multidisciplinaire de la lutte biologique contre les insectes ravageurs de la vigne, et de la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères fréquentant un vignoble corse et ses alentours. Nous avons pu recenser une belle diversité aviaire et chiroptérologique sur le site d'étude, en lien avec une diversité d'habitats entre et autour des parcelles cultivées.

Notre exploration du régime alimentaire de ces oiseaux et chiroptères a permis de détecter de très nombreux insectes ravageurs, dont beaucoup de ravageurs majeurs d'arbres forestiers (chênes, pins) et de cultures concernant la Corse (maraîchage, oléiculture, agrumiculture, castanéculture). La consommation des 4 ravageurs spécifiques initialement recherchés a été inférieure à nos attentes vu le décalage entre nos échantillonnages et la période d'émergence de ces ravageurs mise en évidence par les suivis d'insectes. En effet, le timing imposé par ce mémoire, la phénologie de ces insectes, et les contraintes de terrain en matière de météo (printemps 2024 particulièrement frais et humide) ont fait que ces principaux insectes ravageurs de la vigne en Corse étaient encore très peu présents lors de nos récoltes d'échantillons. Un échantillonnage s'est poursuivi et permettra d'étendre les résultats de ce mémoire de façon judicieuse jusqu'à la fin des vendanges 2024 (fin septembre). Sur base des protocoles d'analyse que nous avons mis en place, ces données devraient apporter des résultats encore plus significatifs. Ce faisant, notre travail, a parfaitement rempli son rôle d'étude pilote vers une meilleure compréhension de l'intérêt de l'avifaune et des chiroptères en tant qu'auxiliaires de viticulture. Nous avons pu tester l'efficacité des différentes stratégies d'échantillonnage des espèces de vertébrés étudiées ainsi que des approches de génétique permettant une étude fine de leur régime alimentaire.

La biologie de la conservation fait appel à de nombreux leviers qui complètent les outils de recherche scientifique à proprement parler. Les aspects notamment d'éducation et de sensibilisation des viticulteurs de l'AOP Calvi ainsi que du grand public n'ont pas été en reste lors de notre travail. Nous avons pu contribuer activement à diverses étapes de communication au sens large, dont des demandes de financement (aide d'état via le Fonds Vert) et une couverture presse active (écrite, télévisée, réseaux sociaux) qui ont porté leurs fruits. Notre étude est l'une des premières à aborder le rôle des passereaux et chiroptères comme auxiliaires de viticulture en Corse et elle fournit une base précieuse pour un cortège de recherches futures. Nombreux sont nos partenaires et interlocuteurs qui, suite à notre travail, enclenchent des études plus amples à la fois vers une meilleure compréhension des auxiliaires de culture dans la lutte biologique mais aussi leur protection au sein des vignobles insulaires.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- Aedes detritus*. (s. d.). EID. Consulté 19 août 2024, à l'adresse <https://www.eid-med.org/especes/aedes-detritus/>
- Ahmad, A., Nagaraja, T. G., & Zurek, L. (2007). Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 to cattle by house flies. *Preventive Veterinary Medicine*, 80(1), 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.01.006>
- Aihartza, J., Vallejo, N., Aldasoro, M., García-Mударra, J. L., Goiti, U., Nogueras, J., & Ibáñez, C. (2023). Aerospace-foraging bats eat seasonably across varying habitats. *Scientific Reports*, 13(1), 19576. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46939-7>
- Andriollo, T., Gillet, F., Michaux, J. R., & Ruedi, M. (2019). The menu varies with metabarcoding practices: A case study with the bat *Plecotus auritus*. *PLOS ONE*, 14(7), e0219135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219135>
- Antonatos, S., Papachristos, D. P., Varikou, K., Vahamidis, P., Kapranas, A., & Milonas, P. (2021). Seasonal Appearance, Abundance, and Host Preference of *Philaenus spumarius* and *Neophilaenus campestris* (Hemiptera: Aphrophoridae) in Olive Groves in Greece. *Environmental Entomology*, 50(6), 1474-1482. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab093>
- Arai, H., Ishitsubo, Y., Nakai, M., & Inoue, M. N. (2022). Mass-Rearing and Molecular Studies in Tortricidae Pest Insects. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 181. <https://doi.org/10.3791/63737>
- Arthur, L., Lemaire, M., & Disca, T. (2021). *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse* (3e éd., enrichie et mise à jour). Biotope Muséum national d'histoire naturelle.
- Augusto, A. M., Raposeira, H., Horta, P., Mata, V. A., Aizpurua, O., Alberdi, A., Jones, G., Razgour, O., Santos, S. A. P., Russo, D., & Rebelo, H. (2024). Bat diversity boosts ecosystem services: Evidence from pine processionary moth predation. *Science of The Total Environment*, 912, 169387. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169387>
- Aymí, R., & Gargallo, G. (2021a). Greater Whitethroat (*Curruca communis*). In S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Éds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.grewhi1.01.1>
- Aymí, R., & Gargallo, G. (2021b). Sardinian Warbler (*Curruca melanocephala*). In S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Éds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.sarwar1.01.1>

- Aymí, R., Gargallo, G., & Christie, D. (2020). Eurasian Blackcap (*Sylvia atricapilla*). In S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Éds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.blackc1.01>
- Baldacchino, F., Muenworn, V., Desquesnes, M., Desoli, F., Charoenviriyaphap, T., & Duvallat, G. (2013). Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae): A review. *Parasite*, 20, 26. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013026>
- Barataud, M., & Tupinier, Y. (2020). *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe : Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse* (4e éd). Biotope éditions Muséum national d'histoire naturelle.
- Barbaro, L., Rusch, A., Muiruri, E. W., Gravelier, B., Thiery, D., & Castagnyrol, B. (2017). Avian pest control in vineyards is driven by interactions between bird functional diversity and landscape heterogeneity. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 500-508. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12740>
- Baroja, U., Garin, I., Aihartza, J., Arrizabalaga-Escudero, A., Vallejo, N., Aldasoro, M., & Goiti, U. (2019). Pest consumption in a vineyard system by the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*). *PLOS ONE*, 14(7), e0219265. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219265>
- Baroja, U., Garin, I., Vallejo, N., Aihartza, J., Rebelo, H., & Goiti, U. (2021). Bats actively track and prey on grape pest populations. *Ecological Indicators*, 126, 107718. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107718>
- Benelli, G., Lucchi, A., Anfora, G., Bagnoli, B., Botton, M., Campos-Herrera, R., Carlos, C., Daugherty, M. P., Gemeno, C., Harari, A. R., Hoffmann, C., Ioriatti, C., López Plantey, R. J., Reineke, A., Ricciardi, R., Roidakis, E., Simmons, G. S., Tay, W. T., Torres-Vila, L. M., ... Thiéry, D. (2023). European grapevine moth, *Lobesia botrana* Part II: Prevention and management. *Entomologia Generalis*, 43(2), 281-304. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1947>
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261-269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- Bioline AgroSciences. (2021). *Trichotop Max*. <https://www.biolineagrosciences.com/fr/?products=trichotop-max>
- Biotope. (2018). *SonoChiro®*, le logiciel d'analyse automatique d'ultrasons de chauves-souris—*SonoChiro V4*. <https://sonochiro.biotope.fr/>
- Blagrove, M. S. C., Sherlock, K., Chapman, G. E., Impoinvil, D. E., McCall, P. J., Medlock, J. M., Lycett, G., Solomon, T., & Baylis, M. (2016). Evaluation of the vector competence of a native UK

- mosquito *Ochlerotatus detritus* (*Aedes detritus*) for dengue, chikungunya and West Nile viruses. *Parasites & Vectors*, 9(1), 452. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1739-3>
- Bonnet, C., Martin, J. C., & Mazet, R. (2008). *La processionnaire du pin*. 14, 29-33.
- Borrelli, L., Minichino, A., Pace, A., Dipineto, L., & Fioretti, A. (2020). Fecal Sample Collection Method for Wild Birds-Associated Microbiome Research: Perspectives for Wildlife Studies. *Animals*, 10(8), 1349. <https://doi.org/10.3390/ani10081349>
- Bouvier, C., & Sentenac, G. (2018). *Comment favoriser les communautés d'oiseaux dans le vignoble*.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., & Kunz, T. H. (2011). Economic Importance of Bats in Agriculture. *Science*, 332(6025), 41-42. <https://doi.org/10.1126/science.1201366>
- Brooker, S. A., Stephens, P. A., Whittingham, M. J., & Willis, S. G. (2020). Automated detection and classification of birdsong: An ensemble approach. *Ecological Indicators*, 117, 106609. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106609>
- Browning, E., Barlow, K. E., Burns, F., Hawkins, C., & Boughey, K. (2021). Drivers of European bat population change: A review reveals evidence gaps. *Mammal Review*, 51(3), 353-368. <https://doi.org/10.1111/mam.12239>
- Bujan, J., Charavel, E., Bates, O. K., Gippet, J. M. W., Darras, H., Lebas, C., & Bertelsmeier, C. (2021). Increased acclimation ability accompanies a thermal niche shift of a recent invasion. *Journal of Animal Ecology*, 90(2), 483-491. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13381>
- Burns, F., Eaton, M. A., Burfield, I. J., Klvaňová, A., Šílarová, E., Staneva, A., & Gregory, R. D. (2021). Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change. *Ecology and Evolution*, 11(23), 16647-16660. <https://doi.org/10.1002/ece3.8282>
- CABI. (2022). *Aphis fabae (black bean aphid)* (p. 6196) [Jeu de données]. <https://doi.org/10.1079/cabicompndium.6196>
- Chambre d'agriculture Auvergne - Rhône - Alpes, Chambre d'agriculture Occitanie, Chambre d'agriculture Corse, & Chambre d'agriculture Provence - Alpes - Côte d'Azur. (2024). *Guide des Vignobles—Viticulture raisonnée & biologique—Edition 2024-2025* (AREDVI-Maison des agriculteurs).
- Chambre d'agriculture de la Gironde. (2017). *Guide de l'observateur de la vigne*.
- Chamont, S. (2019, avril 2). *Metcalfa pruinosa—Le flatide pruineux (INRAe)*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/26181/Vigne-Degats-et-nuisibilite>

- Chaperon, P. N., Rodríguez-San Pedro, A., Beltrán, C. A., Allendes, J. L., Barahona-Segovia, R. M., Urra, F., & Grez, A. A. (2022). Effects of adjacent habitat on nocturnal flying insects in vineyards and implications for bat foraging. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326, 107780. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107780>
- Charbonnier, Y., Barbaro, L., Theillout, A., & Jactel, H. (2014). Numerical and Functional Responses of Forest Bats to a Major Insect Pest in Pine Plantations. *PLOS ONE*, 9(10), e109488. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109488>
- Charbonnier, Y., Papura, D., Touzot, O., Rhouy, N., Sentenac, G., & Rusch, A. (2021). Pest control services provided by bats in vineyard landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 306, 107207. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107207>
- Charmantier, A., Blondel, J., Perret, P., & Harmelin-Vivien, M. (2014). Tracing site-specific isotopic signatures along a Blue Tit *Cyanistes caeruleus* food chain. *Ibis*, 156(1), 165-175. <https://doi.org/10.1111/ibi.12094>
- Charrel, R. N. (2014). Chapter 8—Toscana Virus Infection. In Ö. Ergönül, F. Can, L. Madoff, & M. Akova (Éds.), *Emerging Infectious Diseases* (p. 111-119). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416975-3.00008-X>
- Chartois, M., Mesmin, X., Quiquerez, I., Borgomano, S., Farigoule, P., Pierre, É., Thuillier, J.-M., Streito, J.-C., Casabianca, F., Hugot, L., Rossi, J.-P., Rasplus, J.-Y., & Cruaud, A. (2023). Environmental factors driving the abundance of *Philaenus spumarius* in mesomediterranean habitats of Corsica (France). *Scientific Reports*, 13(1), 1901. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28601-4>
- Chaubet, B., Hullé, M., & Turpeau, E. (2024a, mai 6). *Brachycaudus helichrysi*—*Puceron vert du prunier*. <https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr/fiche-especes/pucerons/brachycaudus/b.-helichrysi>
- Chaubet, B., Hullé, M., & Turpeau, E. (2024b, mai 6). *Brevicoryne brassicae*—*Puceron cendré du chou*. <https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr/fiche-especes/pucerons/brevicoryne/b.-brassicae>
- Chronologie—Histoire de la PAC*. (2024, mai 8). <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/cap-introduction/timeline-history-of-cap/>
- Commission européenne. (2024, juillet 19). *L'agriculture biologique en bref*. [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organics-glance\\_fr](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organics-glance_fr)
- Crowe, A. S., & Smith, J. E. (2007). Distribution and persistence of DDT in soil at a sand dune-marsh environment : Point Pelee, Ontario, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 87(3), 315-327. <https://doi.org/10.4141/S06-033>

- Danne, A., Thomson, L. J., Sharley, D. J., Penfold, C. M., & Hoffmann, A. A. (2010). Effects of Native Grass Cover Crops on Beneficial and Pest Invertebrates in Australian Vineyards. *Environmental Entomology*, 39(3), 970-978. <https://doi.org/10.1603/EN09144>
- Darriet, F. (2020). *Metcalfa pruinosa* une cicadelle envahissante à surveiller en Europe. 192, 9-12.
- Davies, S. R., Vaughan, I. P., Thomas, R. J., Drake, L. E., Marchbank, A., & Symondson, W. O. C. (2022). Seasonal and ontological variation in diet and age-related differences in prey choice, by an insectivorous songbird. *Ecology and Evolution*, 12(8), e9180. <https://doi.org/10.1002/ece3.9180>
- Deagle, B. E., Thomas, A. C., McInnes, J. C., Clarke, L. J., Vesterinen, E. J., Clare, E. L., Kartzinel, T. R., & Eveson, J. P. (2019). Counting with DNA in metabarcoding studies: How should we convert sequence reads to dietary data? *Molecular Ecology*, 28(2), 391-406. <https://doi.org/10.1111/mec.14734>
- Delbac, L., Rouzes, R., Hamidi, R., & Thiéry, D. (2022). First occurrence of *Halyomorpha halys* in Bordeaux vineyards. *OENO One*, 56(1), Article 1. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.5395>
- Deloitte. (2024). *Évaluation des retombées économiques et sociales de la filière vigne et vin en France*.
- Département de la Santé des Forêts. (2017, juillet 3). Tortrix viridana—*La tordeuse verte du chêne (INRAe)*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/19065/Forets-Tordeuse-verte-du-chene>
- Département de la Santé des Forêts. (2024, août 8). Lymantria dispar—*Le bombyx disparate (INRAe)*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/18694/Forets-Bombyx-disparate>
- Destour, G., Blatrix, R., Caries, A., Genevet, J., Kaufmann, B., Lecoq, B., Lucas, A., Verlingue, K., Vergnes, A., & Javal, M. (2024). Impact of temperature and season on ant foraging activity of two invasive species in a Mediterranean urban area. *Ecological Entomology*, een.13339. <https://doi.org/10.1111/een.13339>
- Dion-Phénix, H., Charmantier, A., de Franceschi, C., Bourret, G., Kembel, S. W., & Réale, D. (2021). Bacterial microbiota similarity between predators and prey in a blue tit trophic network. *The ISME Journal*, 15(4), 1098-1107. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-00836-3>
- Duarte, L. M. G. (2013). *IMPACTS OF CAPTURE AND HANDLING ON WILD BIRDS*.
- EFSA Panel on Plant Health. (2014). Scientific Opinion on the pest categorisation of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *EFSA Journal*, 2014;12(10):3833. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3833>
- Emmerson, M., Morales, M. B., Oñate, J. J., Batáry, P., Berendse, F., Liira, J., Aavik, T., Guerrero, I., Bommarco, R., Eggers, S., Pärt, T., Tschardtke, T., Weisser, W., Clement, L., & Bengtsson, J.

(2016). How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. In *Advances in Ecological Research* (Vol. 55, p. 43-97). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.08.005>

Eng, M. L., Stutchbury, B. J. M., & Morrissey, C. A. (2017). Imidacloprid and chlorpyrifos insecticides impair migratory ability in a seed-eating songbird. *Scientific Reports*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15446-x>

Eng, M. L., Stutchbury, B. J. M., & Morrissey, C. A. (2019). A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. *Science*, 365(6458), 1177-1180. <https://doi.org/10.1126/science.aaw9419>

European Commission, DG Agriculture and Rural Development. (2023). *Organic farming in the EU - A decade of organic growth* (Agricultural Market Brief No. 20). European Commission. [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/df01a3c7-c0fb-48f1-8eca-ce452ea4b8c2\\_en?filename=agri-market-brief-20-organic-farming-eu\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/df01a3c7-c0fb-48f1-8eca-ce452ea4b8c2_en?filename=agri-market-brief-20-organic-farming-eu_en.pdf)

European Environment Agency. (2020). *State of nature in the EU :results from reporting under the nature directives 2013 2018*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/705440>

Forbes, S. L., Cohen, D. A., Cullen, R., Wratten, S. D., & Fountain, J. (2009). Consumer attitudes regarding environmentally sustainable wine: An exploratory study of the New Zealand marketplace. *Journal of Cleaner Production*, 17(13), 1195-1199. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.008>

Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., Mathews, F., Stuart, R. C., Townsend, M. C., Manley, W. J., Wolfe, M. S., Macdonald, D. W., & Firbank, L. G. (2005). Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters*, 1(4), 431-434. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0357>

Galan, M., Pons, J., Tournayre, O., Pierre, É., Leuchtman, M., Pontier, D., & Charbonnel, N. (2018). Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their prey: Application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources*, 18(3), 474-489. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12749>

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharrntke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L. W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J. J., ... Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

- Ghani, B., Denton, T., Kahl, S., & Klinck, H. (2023). Global birdsong embeddings enable superior transfer learning for bioacoustic classification. *Scientific Reports*, *13*(1), 22876. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49989-z>
- Goiti, U., Aihartza, J. R., Almenar, D., Salsamendi, E., & Garin, I. (2006). Seasonal foraging by *Rhinolophus euryale* (Rhinolophidae) in an Atlantic rural landscape in northern Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, *8*(1), 141-155. [https://doi.org/10.3161/1733-5329\(2006\)8\[141:SFBRRER\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3161/1733-5329(2006)8[141:SFBRRER]2.0.CO;2)
- Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices : Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *30*(1-2), 95-124. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>
- Gonsalves, L., Law, B., Webb, C., & Monamy, V. (2013). Foraging Ranges of Insectivorous Bats Shift Relative to Changes in Mosquito Abundance. *PLOS ONE*, *8*(5), e64081. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064081>
- Gosler, A., Clement, P., & Christie, D. (2020). Eurasian Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*). In S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Éds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.blutit.01>
- Goulson, D. (2014). Pesticides linked to bird declines. *Nature*, *511*(7509), 295-296. <https://doi.org/10.1038/nature13642>
- Grosjean, P., Engels, G., & Conotte, R. (2021). 8.2 *Indices de biodiversité* | *Science des données biologiques II*. <https://wp.sciviews.org/sdd-umons2/>
- Gutierrez, A. P., Ponti, L., Gilioli, G., & Baumgärtner, J. (2018). Climate warming effects on grape and grapevine moth (*Lobesia botrana*) in the Palearctic region. *Agricultural and Forest Entomology*, *20*(2), 255-271. <https://doi.org/10.1111/afe.12256>
- Hadfield, J. (2012, avril 28). How do SPRI beads work? *Enseqllopedia*. <https://enseqllopedia.com/2012/04/how-do-spri-beads-work/>
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., & De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, *12*(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Herrera, J. M., Silva, B., Jiménez-Navarro, G., Barreiro, S., Melguizo-Ruiz, N., Moreira, F., Vasconcelos, S., Morgado, R., & Rodríguez-Pérez, J. (2021). A food web approach reveals the

vulnerability of biocontrol services by birds and bats to landscape modification at regional scale. *Scientific Reports*, 11(1), 23662. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02768-0>

Illumina, Inc. (2017). *An Introduction to Next-Generation Sequencing Technology*.

Indical BioScience. (2018, octobre). *IndiSpin Pathogen Kit Quick Start Protocol*.

Indical BioScience. (2019a, janvier). *Prétraitement F2 Pour l'isolation d'ADN bactérien et viral dans les matières fécales*.

Indical BioScience. (2019b, janvier). *Prétraitement F-MAP Pour l'isolation d'ADN de MAP dans les matières fécales*.

Indical BioScience. (2019c, janvier). *Prétraitement F-MAP Pour l'isolation d'ADN de MAP dans les matières fécales*.

INRA. (2014, janvier 17). *Tipula oleracea et Tipula paludosa (INRAe)*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/16610/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats>

INRA. (2019, août 1). *Empoasca vitis—Caractéristiques du ravageur et de ses dégâts*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/16480/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats>

IPPC Secretariat. (2021). *Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems*. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. <https://doi.org/10.4060/cb4769en>

Jedlicka, J. A., Greenberg, R., & Letourneau, D. K. (2011). Avian Conservation Practices Strengthen Ecosystem Services in California Vineyards. *PLOS ONE*, 6(11), e27347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027347>

Jedlicka, J., & Cornelisse, T. (2014). Establishing songbird nest boxes increased avian insectivores and reduced herbivorous arthropods in a Californian vineyard, USA. *Conservation Evidence*, 11, 34-38.

Karp, D. S., Mendenhall, C. D., Sandí, R. F., Chaumont, N., Ehrlich, P. R., Hadly, E. A., & Daily, G. C. (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters*, 16(11), 1339-1347. <https://doi.org/10.1111/ele.12173>

Kenis, M., Nacambo, S., Leithardt, F., Domenico, F., & Haye, T. (2013). The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe : Horticultural pest or environmental disaster? *Aliens*, 33, 38-41.

Kirwan, G. M., Sly, N. D., Gosler, A., Clement, P., Christie, D., Moura, N., & Pyle, P. (2024). Great Tit (*Parus major*). In S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Éds.), *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.gretit1.02>

- Knutie, S. A., & Gotanda, K. M. (2018). A Non-invasive Method to Collect Fecal Samples from Wild Birds for Microbiome Studies. *Microbial Ecology*, 76(4), 851-855. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1182-4>
- Korine, C., Cohen, Y., & Kahnonitch, I. (2022). Insect Pest Pheromone Lures May Enhance the Activity of Insectivorous Bats in Mediterranean Vineyards and Apple Orchards. *Sustainability*, 14(24), 16566. <https://doi.org/10.3390/su142416566>
- Kunz, T. H., Braun De Torrez, E., Bauer, D., Lobo, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 1-38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
- Leboulanger, A. (2014). *Lutte alternative contre le balanin de la châtaigne (Curculio elephas Gyllenhal) en Corse*. [https://areflec.weebly.com/uploads/7/8/9/1/78919592/crbal2013\\_fam.pdf](https://areflec.weebly.com/uploads/7/8/9/1/78919592/crbal2013_fam.pdf)
- Maas, B., Clough, Y., & Tschardt, T. (2013). Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology Letters*, 16(12), 1480-1487. <https://doi.org/10.1111/ele.12194>
- Marchadour, B., & Guillou, E. (2017). *Guide technique biodiversité dans les vignes*. LPO.
- Martínez-de la Puente, J., Figuerola, J., & Soriguer, R. (2015). Fur or feather? Feeding preferences of species of *Culicoides* biting midges in Europe. *Trends in Parasitology*, 31(1), 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2014.11.002>
- Mohekar, P., Osborne, J., & Tomasino, E. (2018). Effects of Fining Agents, Reverse Osmosis and Wine Age on Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) Taint in Wine. *Beverages*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/beverages4010017>
- OIV. (2023). *Statistiques mondiales | OIV*. <https://www.oiv.int/fr/what-we-do/global-report?oiv>
- Ortiz-Burgos, S. (2016). Shannon-Weaver Diversity Index. In M. J. Kennish (Éd.), *Encyclopedia of Estuaries* (p. 572-573). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4\\_233](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_233)
- PAC 2023-2027—Commission européenne. (2024, mai 30). [https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27\\_fr](https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_fr)
- Pétremand, G., Fleury, D., Castella, E., & Delabays, N. (2016). Influence de l'enherbement viticole sur les Carabidae (Coleoptera) et intérêt potentiel pour le contrôle de certains ravageurs de la vigne. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 20, 375-385. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13047>
- Pilatus, F., Sergent, P., Laine, P., Correard, B., Lorcet, M., Bur, G., & Naizot, F. (2021). *Analyse des effets du changement climatique en Corse : Approche globale et indices pertinents*. Collectivité de Corse et Cerema.

- Polyakov, A. Y., Weller, T. J., & Tietje, W. D. (2019). Remnant trees increase bat activity and facilitate the use of vineyards by edge-space bats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 281, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.008>
- Puig-Montserrat, X., Mas, M., Flaquer, C., Tuneu-Corral, C., & López-Baucells, A. (2021). Benefits of organic olive farming for the conservation of gleaning bats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 313, 107361. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107361>
- Puig-Montserrat, X., Stefanescu, C., Torre, I., Palet, J., Fàbregas, E., Dantart, J., Arrizabalaga, A., & Flaquer, C. (2017). Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.005>
- Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M. M., Ràfols-García, R., Ferrer, X., Gisbert, D., & Flaquer, C. (2015). Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies : Linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology*, 80(3), 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.008>
- QIAGEN. (2020, février). *QIAamp® Fast DNA Stool Mini Handbook*. QIAamp® Fast DNA Stool Mini Handbook QIAGEN <https://www.qiagen.com › resources › download>
- Rainho, A., & Palmeirim, J. M. (2011). The Importance of Distance to Resources in the Spatial Modelling of Bat Foraging Habitat. *PLoS ONE*, 6(4), e19227. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019227>
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Reddy, G. V. P., & Guerrero, A. (2010). New Pheromones and Insect Control Strategies. In *Vitamins & Hormones* (Vol. 83, p. 493-519). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(10\)83020-1](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(10)83020-1)
- Reineke, A., & Thiery, D. (2016). Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming. *Journal of Pest Science*, 89. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0761-8>
- Ridgway, R. L., King, E. G., & Carrillo, J. L. (1977). Augmentation of Natural Enemies for Control of Plant Pests in the Western Hemisphere. In R. L. Ridgway & S. B. Vinson (Éds.), *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies: Insect and Mite Control with Parasites and Predators* (p. 379-416). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2871-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2871-1_13)

- Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniņš, A., Benkő, Z., Brotons, L., Chodkiewicz, T., Chylarecki, P., de Carli, E., del Moral, J. C., Domşa, C., Escandell, V., Fontaine, B., Foppen, R., Gregory, R., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Ieronymidou, C., ... Devictor, V. (2023). Farmland practices are driving bird population decline across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*(21), e2216573120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>
- Rochon, K., Hogsette, J. A., Kaufman, P. E., Olafson, P. U., Swiger, S. L., & Taylor, D. B. (2021). Stable Fly (Diptera : Muscidae)—Biology, Management, and Research Needs. *Journal of Integrated Pest Management*, *12*(1), 38. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab029>
- Rollan, À., Hernández-Matías, A., & Real, J. (2019). Organic farming favours bird communities and their resilience to climate change in Mediterranean vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *269*, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.029>
- Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*, *130*(3), 321-338. <https://doi.org/10.1111/oik.07202>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. *Biological Conservation*, *232*, 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Schulz, R., Bub, S., Petschick, L. L., Stehle, S., & Wolfram, J. (2021). Applied pesticide toxicity shifts toward plants and invertebrates, even in GM crops. *Science*, *372*(6537), 81-84. <https://doi.org/10.1126/science.abe1148>
- Schwegler Natur. (2014). *Nest Box 1B*. [https://www.schwegler-natur.de/portfolio\\_1408366639/nisthoehle-1b/?lang=en](https://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/nisthoehle-1b/?lang=en)
- Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J. C., Linsenmair, K. E., Naus, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S., & Weisser, W. W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, *574*(7780), 671-674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>
- Sellers, R. (2016). Would you Pay a Price Premium for a Sustainable Wine? The Voice of the Spanish Consumer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *8*, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.003>
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, *485*(7397), Article 7397. <https://doi.org/10.1038/nature11069>

- Small, E. (2011). The new Noah's Ark : Beautiful and useful species only. Part 1. Biodiversity conservation issues and priorities. *Biodiversity*, 12(4), 232-247. <https://doi.org/10.1080/14888386.2011.642663>
- Smart, L. E., Aradottir, G. I., & Bruce, T. J. A. (2014). Role of Semiochemicals in Integrated Pest Management. In *Integrated Pest Management* (p. 93-109). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00007-5>
- Stauss, M. J., Burkhardt, J. F., & Tomiuk, J. (2005). Foraging flight distances as a measure of parental effort in blue tits *Parus caeruleus* differ with environmental conditions. *Journal of Avian Biology*, 36(1), 47-56. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2005.02855.x>
- Stef, C. (2022, mars 18). *Dans les vignes, la confusion sans diffuseurs est prometteuse contre l'eudémis*. <https://www.vitisphere.com//actualite-96280--dans-les-vignes-la-confusion-sans-diffuseurs-est-prometteuse-contre-leudemis.html>
- Stein-Bachinger, K., Gottwald, F., Haub, A., & Schmidt, E. (2021). To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. *Organic Agriculture*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00279-2>
- STOC - LPO (*Ligue pour la Protection des Oiseaux*). (2023, avril 5). <https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/connaissance-des-especes-sauvages/suivis-ornithologiques/oiseaux-communs/stoc>
- Sugai, L. S. M., Silva, T. S. F., Ribeiro, J. W., Jr, & Llusia, D. (2019). Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: Review and Perspectives. *BioScience*, 69(1), 15-25. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy147>
- Symes, L., Sugai, L. S., Gottesman, B., Pitzrick, M., & Wood, C. (2023). *Acoustic analysis with BirdNET and (almost) no coding : Practical instructions*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8357176>
- Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D., & Greenstone, M. H. (2002). Can Generalist Predators be Effective Biocontrol Agents? *Annual Review of Entomology*, 47(1), 561-594. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240>
- Szulkin, M. (2022, mars). *Sampling nestling faeces*. CEFE Tit Project. <https://mesangecefe1.wixsite.com/mesangecefe/sampling-nestling-faeces>
- Taylor, D. B., Moon, R. D., & Mark, D. R. (2012). Economic impact of stable flies (Diptera : Muscidae) on dairy and beef cattle production. *Journal of Medical Entomology*, 49(1), 198-209. <https://doi.org/10.1603/me10050>

- Thiéry, D., Louâpre, P., Muneret, L., Rusch, A., Sentenac, G., Vogelweith, F., Iltis, C., & Moreau, J. (2018). Biological protection against grape berry moths. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2), 15. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0493-7>
- Tobin, P. C., Bai, B. B., Eggen, D. A., & Leonard, D. S. (2012). The ecology, geopolitics, and economics of managing *Lymantria dispar* in the United States. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 195-210. <https://doi.org/10.1080/09670874.2011.647836>
- Van der Meij, T., Van Strien, A. J., Haysom, K. A., Dekker, J., Russ, J., Biala, K., Bihari, Z., Jansen, E., Langton, S., Kurali, A., Limpens, H., Meschede, A., Petersons, G., Presetnik, P., Prüger, J., Reiter, G., Rodrigues, L., Schorcht, W., Uhrin, M., & Vintulis, V. (2015). Return of the bats? A prototype indicator of trends in European bat populations in underground hibernacula. *Mammalian Biology*, 80(3), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.09.004>
- Vescera, C., Vyve, C. V., Smits, Q., & Michaux, J. R. (2024). All-you-can-eat buffet: A spider-specialized bat species (*Myotis emarginatus*) turns into a pest fly eater around cattle. *PLOS ONE*, 19(5), e0302028. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302028>
- VigieNature. (2023, février). *Instructions pour le programme STOC-EPS*. [https://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/atoms/files/protocolestoc\\_eps\\_complet\\_0323.pdf](https://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/atoms/files/protocolestoc_eps_complet_0323.pdf)
- Wenny, D. G., Devault, T. L., Johnson, M. D., Kelly, D., Sekercioglu, C. H., Tomback, D. F., & Whelan, C. J. (2011). The Need to Quantify Ecosystem Services Provided By Birds. *The Auk*, 128(1), 1-14. <https://doi.org/10.1525/auk.2011.10248>
- Wild bird populations in the UK, 1970 to 2022*. (2023, novembre 7). GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/statistics/wild-bird-populations-in-the-uk/wild-bird-populations-in-the-uk-1970-to-2021>
- Wildlife Acoustics. (s. d.-a). *Kaleidoscope Pro Analysis Software*. Wildlife Acoustics. Consulté 22 juillet 2024, à l'adresse <https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope-pro>
- Wildlife Acoustics. (s. d.-b). *Song Meter Micro Wildlife Recorder*. Wildlife Acoustics. Consulté 2 juillet 2024, à l'adresse <https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-micro>
- Wildlife Acoustics. (s. d.-c). *Song Meter Mini Bat 2 Li-ion*. Wildlife Acoustics. Consulté 22 juillet 2024, à l'adresse <https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-mini-bat-2-li-ion>
- Wildlife Acoustics. (s. d.-d). *Song Meter SM4BAT-FS Ultrasonic Bat Detector & Recorder*. Wildlife Acoustics. Consulté 3 juillet 2024, à l'adresse <https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-sm4bat>

Willer, H., Trávníček, J., & Schlatter, B. (Éds.). (2024). *The World of Organic Agriculture—Statistics and Emerging Trends 2024* (Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, et IFOAM – Organics International, Bonn).

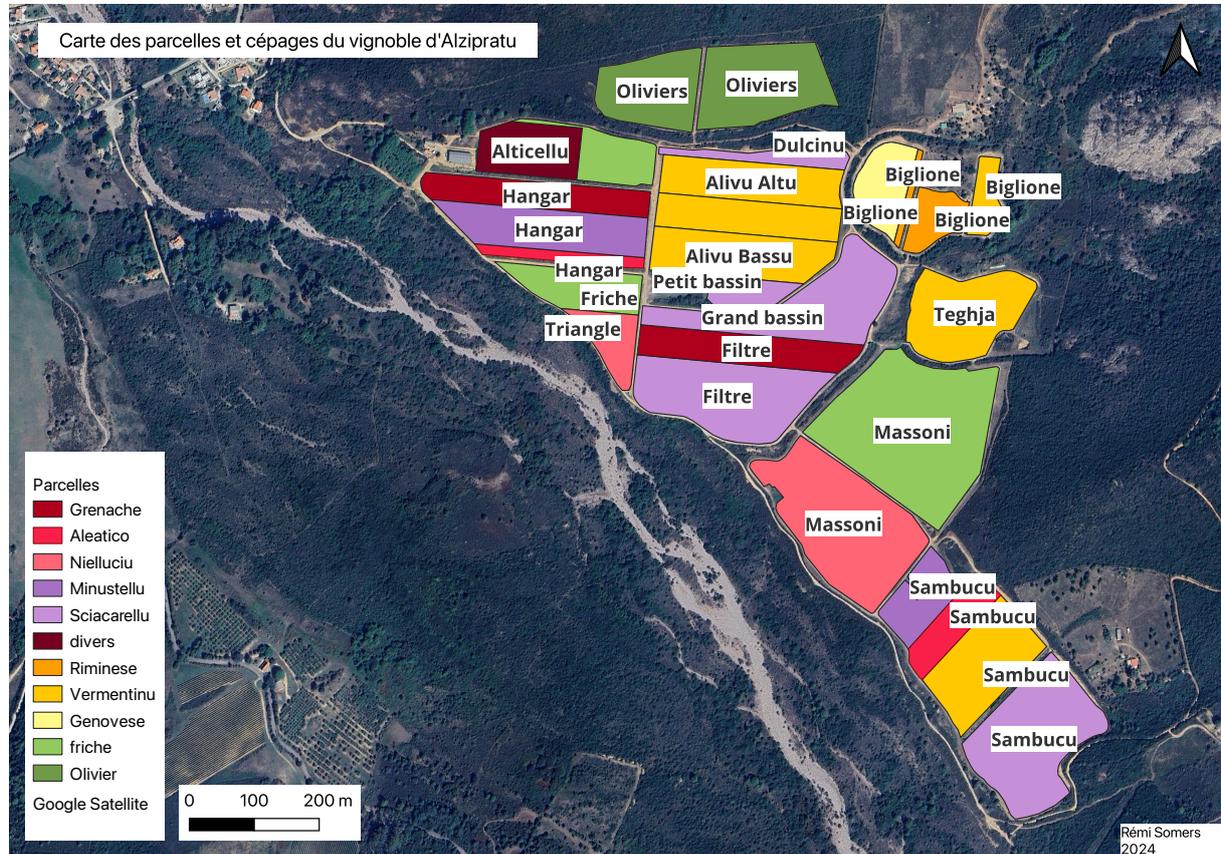
Winqvist, C., Ahnström, J., & Bengtsson, J. (2012). Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services : Taking landscape complexity into account. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249(1), 191-203. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06413.x>

Zeale, M. R. K., Davidson-Watts, I., & Jones, G. (2012). Home range use and habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*): Implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 93(4), 1110-1118. <https://doi.org/10.1644/11-MAMM-A-366.1>

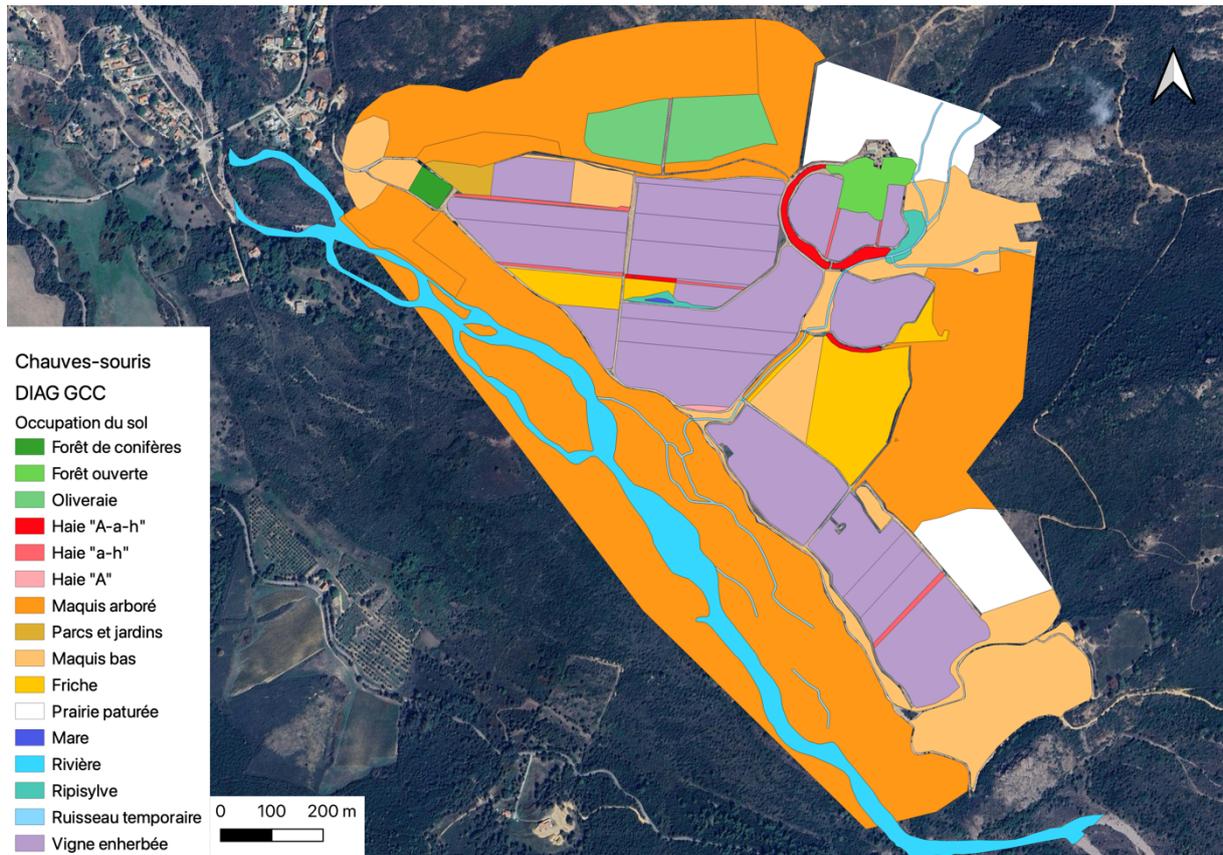
## 7. ANNEXES

### ANNEXE 1 : CARTES

#### ANNEXE 1.1 : DIFFÉRENTES PARCELLES ET CÉPAGES DU VIGNOBLE D'ALZIPRATU



ANNEXE 1.2 : OCCUPATION DU SOL DANS LES PRINCIPALES ZONES ADJACENTES AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU



Afin de décrire l'occupation du sol dans et en périphérie du vignoble, les différentes zones ont été également été regroupées en catégories descriptives (voir carte en annexe 1.2) :

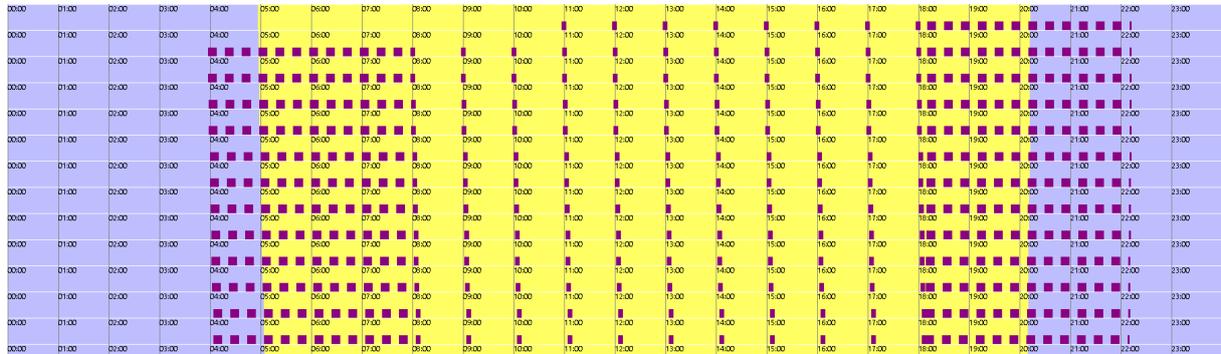
- Catégories forestières : Forêt de conifères, forêt ouverte, Oliveraie
- Différents types de haies (A = Arbre de plus de 2 mètres ; a = arbustes ; h = herbacées) :
  - o Haie « A-a-h »
  - o Haie « a-h »
  - o Haie « A »
- Maquis : Maquis arboré, maquis bas
- Parcs et jardin
- Milieux ouverts : Friche, prairie pâturée
- Milieu humide : Mare, rivière, ripisylve, ruisseau temporaire
- Vigne enherbée

Annexe 1.3 : Disposition des filets lors des différentes sessions de capture d'oiseaux



## ANNEXE 2 : ILLUSTRATIONS

### ANNEXE 2.1 : PROTOCOLE D'ENREGISTREMENT ACOUSTIQUE DE L'AVIFAUNE (FIGURE ISSUE DU RAPPORT DE BIOPHONIA, JUIN 2024)



### ANNEXE 2.2 : MODÈLES DE PIÈGES COLLANTS UTILISÉS POUR LE SUIVI DE : (A) *LOBESIA BOTRANA*, *EUPOECILIA AMBIGUELLA* ET *CRYPTOBLABES GNIDIELLA* À L'AIDE DE CAPSULES À PHÉROMONES ; ET (B) DU PIÈGE CHROMATIQUE POUR LE SUIVI DE *EMPOASCA VITIS*



Description : (A) Piège collant à phéromones pour le suivi de *Lobesia botrana* (Eudémis), *Eupoecilia ambiguella* (Cochylis) et *Cryptoblabes gnidiella* (Pyrale de l'agrume) ; et (B) Piège chromatique pour le suivi de *Empoasca vitis* (Cicadelle verte de la vigne)

ANNEXE 2.3 : MODÈLES DE NICHOURS INSTALLÉS AU SEIN DU VIGNOBLE D'ALZIPRATU



Description : (A) : Modèle 1B de marque Schwegler ; Modèles béton de bois (B) et en bois (C) de marque Vivara

ANNEXE 2.4 : ILLUSTRATIONS DE LA RÉCOLTE DE FIENTES PAR CAPTURE :



Description : (A) matériel utilisé pour fabriquer le dispositif ; (B) prototype monté et découpé à des fins d'illustration ; (C) filet japonais déployé ; (D) fauvette mélanocéphale capturée ; (E) pochon de transport pour les oiseaux capturés ; (F) poste de travail mobile ; (G) prise de mesure morphométrique ; (H) chardonneret élégant dans le dispositif de récupération de fiente

## ANNEXE 3 : DÉTAILS SUR LES ANALYSES GÉNÉTIQUES

### A. EXTRACTION D'ADN

Toutes les manipulations ci-dessous ont été réalisées dans des salles adaptées dites « ADN rare » afin de limiter les risques de contamination (croisée). Dans le même objectif, plusieurs blancs d'extraction ont été systématiquement utilisés.

L'ADN contenu dans les échantillons de guano de chauves-souris récoltés a été extrait à l'aide du QIAmp Fast DNA Stool Mini Kit, suivant un protocole adapté pour l'extraction d'ADN de guano (QIAGEN, 2020). Après la préparation initiale des échantillons, où le guano est mélangé avec le tampon InhibitEX pour la lyse et la séparation des inhibiteurs, le surnageant obtenu est automatiquement traité par le robot QIAcube au sein du laboratoire GecoLab. Ce dernier a pris en charge les étapes suivantes : l'ajout de protéinase K et de Buffer AL pour la digestion des protéines, l'ajout d'éthanol pour préparer l'ADN à se lier à la membrane de silice des colonnes de spin, et plusieurs cycles de lavage avec les tampons AW1 et AW2 pour éliminer les impuretés. Finalement, l'ADN purifié a été élué dans un tampon de type ATE.

Pour l'extraction d'ADN à partir de fientes d'oiseaux, le protocole suivant a été utilisé avec le kit IndiSpin Pathogen Kit (Indical BioScience, 2018). Initialement, un prétraitement a été effectué selon différents protocoles proposés par Indical Bioscience (Indical BioScience, 2019a, 2019b, 2019c). Des bead tubes type-B sont chargées de microbilles de silices de 0,1 et 0,5 mm selon certaines proportions et de 600 µl de tampon ASL avant d'y ajouter nos échantillons. Notons que nous avons effectué une dissection des sac fécaux des poussins afin de récupérer principalement la partie foncée de la fiente, et limiter ainsi les désagréments liés au caractère inhibiteur de la partie blanche du sac fécal riche en acide urique (Davies et al., 2022). Les tubes ont ensuite été congelés pendant une heure, suivi d'un traitement à 95°C pendant 5 minutes et refroidis sur glace. Après trois cycles de vortex de 20 secondes avec des périodes de refroidissement entre les cycles, une série d'étapes de centrifugation et d'ajouts de réactifs de lyse et de rinçage, dont la Protéinase K et divers tampons (VXL, ACB, AW1, AW2), ont été réalisées pour fixer et purifier l'ADN. Enfin, l'ADN a été récupéré dans un tube d'élution de 1,5ml après l'ajout de tampon d'élution AVE et incubation, suivi par une dernière centrifugation.

L'intégralité des extraits d'ADN a ensuite été mis sur plaque afin de pouvoir lancer les PCRs.

### B. PCRS

Afin de pouvoir préciser les espèces de nos auxiliaires ainsi que les espèces d'insectes consommées, le marqueur CO1 développé par Galan et al. a été sélectionné (Galan et al., 2018). Ce fragment de 133 paires des bases est reconnu pour son efficacité dans le barcoding ADN, particulièrement chez

les mammifères et les insectes (Andriollo et al., 2019; Vescera et al., 2024). En effet ce gène mitochondrial codant pour la Cytochrome Oxydase 1 (CO1) est désigné de par son évolution rapide comme le « code barre de la vie » (Galan et al., 2018). Ainsi une première réaction en chaîne par polymérase (PCR) est réalisée à l'aide d'amorces (primers en anglais) adaptées afin de répliquer les quelques fragments d'ADN correspondant à notre gène d'intérêt (COI). Une première étape de purification a été effectuée avec des billes magnétiques MagBIO afin d'éliminer les impuretés telles que des primers-dimers et des fragments de tailles non désirées (Hadfield, 2012). Une seconde PCR dite d'indexation a ensuite été réalisée afin d'ajouter des tags (index « forward » et « reverse »), essentiels pour le pooling final des échantillons, permettant leur identification post-séquençage grâce à l'adaptateur de séquençage fixé sur les fragments. Une seconde purification similaire à la précédente a ensuite été réalisée dans le même objectif. Les extraits amplifiés ont ensuite été quantifiés afin de pouvoir calculer les dilutions nécessaires pour atteindre une équimolarité entre les différents échantillons. Cette quantification est réalisée à l'aide du fluorochrome PicoGreen qui, en se liant à l'ADN double brin, émet un rayonnement fluorescent dont l'intensité, mesurée par un lecteur spécifique (FilterMax F3 Multi-Mode Microplate Reader), permet de déterminer la concentration de chaque échantillon en ADN. Les échantillons une fois dilués et ayant ainsi atteint une équimolarité ont ensuite été rassemblés un seul échantillon prêt pour le séquençage. Des blancs de PCR ont également été réalisés pour chacune des plaques afin de détecter de potentielles contaminations.

### C. SÉQUENÇAGE HAUT DÉBIT NOVASEQ ILLUMINA

Le séquençage NovaSeq d'Illumina utilise une technologie avancée appelée séquençage par synthèse (Sequencing by Synthesis - SBS), une méthode innovante qui permet de lire l'ADN de manière rapide et précise (Illumina, 2017). Chaque fragment contenu dans l'échantillon poolé est équipé d'adaptateurs et est ensuite fixé sur une lame de flux spécialement conçue pour le NovaSeq. Une fois attaché à la lame de flux, chaque fragment d'ADN est amplifié localement pour former des clusters distincts, chaque cluster générant des copies de l'ADN d'origine. Cette amplification permet de fournir à la machine un signal suffisamment important pour pouvoir séquencer des millions de fragments simultanément, permettant un séquençage dit à haut débit. Durant le séquençage, des nucléotides marqués par fluorescence sont ajoutés un par un et incorporés dans les brins d'ADN si ils correspondent à la base complémentaire sur le brin modèle. Chaque incorporation provoque l'émission d'un signal fluorescent capturé par les caméras du NovaSeq, permettant grâce à de puissants algorithmes la lecture simultanée des millions de séquences.

#### D. TRAITEMENTS BIO-INFORMATIQUES

Différentes étapes de traitement bio-informatique sont essentielles pour retrouver les informations utiles et fiables à partir des séquences brutes fournies par le séquenceur. Étant donné les ressources nécessaires pour faire ces traitements, ceux-ci sont effectués par les clusters informatiques de l'Université de Liège selon un script BASH. Après avoir réassemblé les brins « forward » et « reverse » des différentes séquences, un premier tri est effectué afin d'éviter les artefacts. Dans notre cas, les séquences trop courtes (moins de 125 pb) et trop longues (plus de 150 pb) sont supprimées. Les amorces sont ensuite soustraites des séquences et les séquences considérées comme étant de qualité insuffisante (indice de qualité moyen <90%) selon un indice de certitude d'identification de chaque base donné par Illumina (Q30) dans le format FASTQ sont également supprimées. Les séquences identiques issues des nombreuses lectures effectuées par le séquenceur sont ensuite rassemblées par séquence type, nous donnant ainsi le nombre de lectures (reads en anglais) par séquence et donc une estimation du succès d'amplification et de séquençage pour l'espèce séquencée. Ces séquences sont ensuite comparées à des banques génomiques publiques (GenBank ou BOLD par exemple) ou privées (GeCoLab) afin d'attribuer ces séquences à leur taxonomie.

#### E. INTERPRÉTATION DES DONNÉES

Suite aux différents traitements bio-informatique, une liste d'identification d'espèces est obtenue. Deux informations importantes sont également données dans les résultats : le pourcentage de correspondance (match) avec les séquences de référence provenant des bases de données et le nombre de lectures. Ces deux informations sont essentielles afin d'interpréter correctement les résultats et de ne garder que les meilleures identifications. Ainsi on considère qu'au-delà de 98% de correspondance avec les bases de données de référence, l'identification à l'espèce est correcte. Entre 96 et 97%, on obtient une idée du genre et à partir de 95%, on obtient une idée de la famille. En dessous de ce seuil, aucune certitude n'est possible concernant une bonne identification. Le nombre de lectures nous informe quant à lui, sur le succès d'amplification et de séquençage pour l'espèce séquencée et donc sur la robustesse du résultat obtenu. Ainsi, un nombre de lectures insuffisant met en question la fiabilité de l'identification, signalant potentiellement une contamination externe ou une quantité d'ADN trop faible pour une analyse concluante. Ce seuil est un choix arbitraire qui peut demander plus ou moins de flexibilité et d'interprétation en fonction de l'origine de nos échantillons, il n'est par exemple pas étonnant de retrouver des faibles quantités d'ADN lorsque l'on analyse des échantillons dégradés ou contenant peu de matière organique. Vérifier la plausibilité d'occurrence de cette espèce dans le contexte d'échantillonnage comme la

région ou le prédateur qui l'a consommé est également une étape permettant de confirmer ou pas l'identification proposée.

Dans notre cas, deux filtres ont été appliqués sur Excel afin de ne garder que les identifications dont le pourcentage de correspondance était d'au moins 98% et le nombre de lectures d'au moins 10. Dans les cas où plusieurs identifications étaient proposées par le traitement bioinformatique du laboratoire, une vérification a été effectuée en confrontant la séquence correspondante à la banque de donnée de NCBI (fonction BLASTn) et/ou en vérifiant la distribution spatiale des espèces proposées.

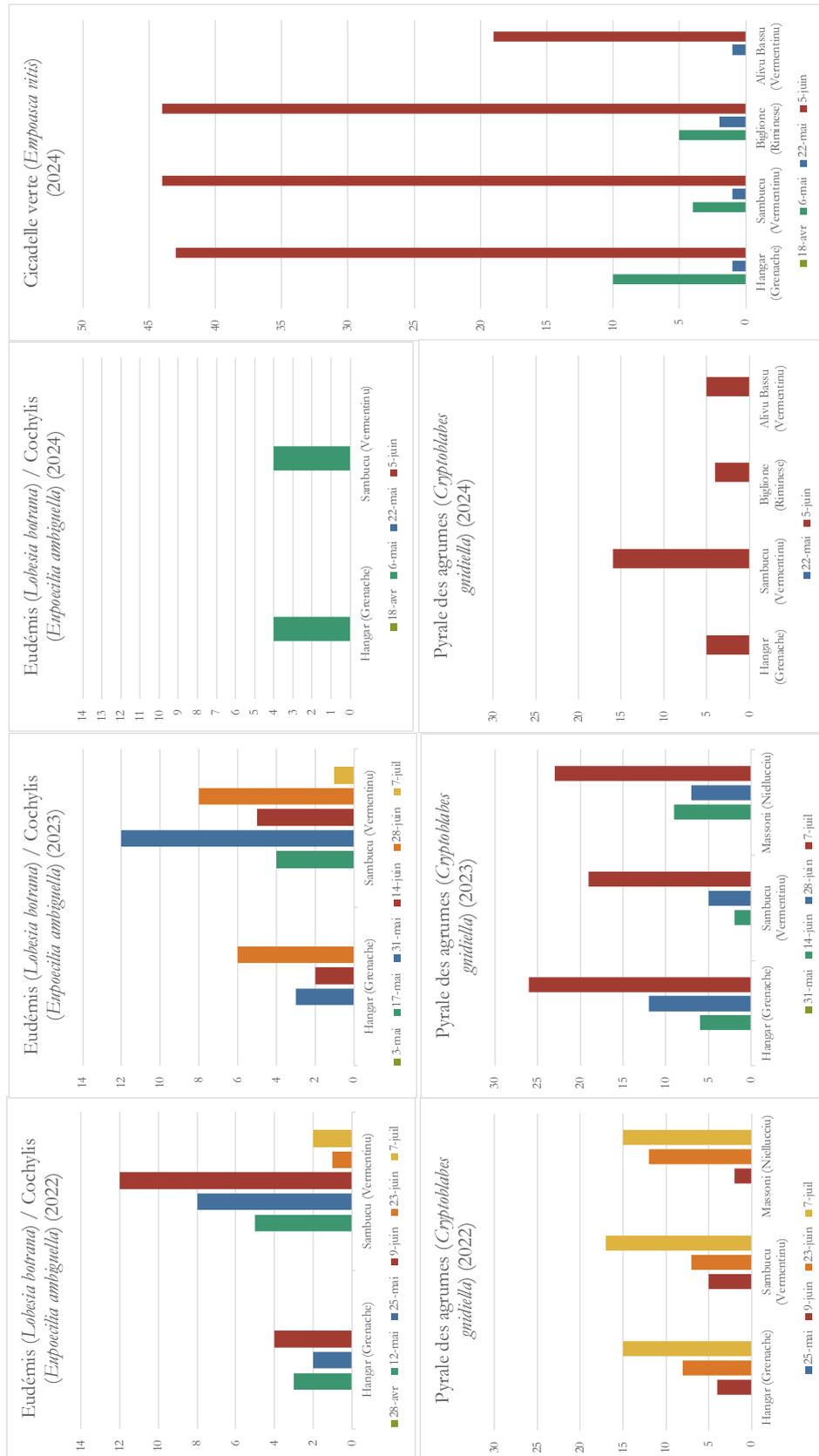
Une fois ce tri effectué et les doublons supprimés pour chaque échantillon, nous disposons d'une liste d'espèces par échantillon qui servira de base de données pour les analyses statistiques.

## ANNEXE 4 : OCCUPATION DES DIFFÉRENTES ZONES D'HABITAT PAR LES PRINCIPAUX OISEAUX OBSERVÉS AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU

Espèce / Habitat	Milieu arboré				Milieu arboré humide			Milieu semi-ouvert			Milieu ouvert		
	Forêt de conifères	Maquis arboré	Maquis bas	Hale "A-a-h"	Mare	Ripsylve	Hale "a-h"	Forêt ouverte	Parcs et Jardins	Vigne enherbée	Prairie pâturée	Friche	
<i>Lullula arborea</i>	0,0	2,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,3	1,1	1,1	
<i>Carduelis carduelis</i>	1,0	13,4	11,3	8,2	2,1	3,1	3,1	8,2	3,1	42,3	1,0	3,1	
<i>Carduelis corsicana</i>	0,0	5,1	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,2	2,6	0,0	
<i>Emberiza cirlus</i>	0,0	7,5	19,4	7,5	0,0	7,5	3,0	10,4	1,5	28,4	10,4	4,5	
<i>Anthus campestris</i>	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,8	0,0	0,0	
<i>Saxicola rubicola</i>	0,0	18,8	15,6	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	40,6	3,1	15,6	
<i>Emberiza calandra</i>	0,0	17,6	23,1	8,3	0,0	2,8	2,8	0,9	0,0	11,1	6,5	26,9	
<i>Columba palumbus</i>	0,0	15,4	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	46,2	7,7	7,7	
<i>Currucula melanocephala</i>	3,0	4,0	26,7	26,7	0,0	5,0	17,8	1,0	0,0	5,9	5,0	5,0	
<i>Turdus merula</i>	1,9	20,8	20,8	13,2	3,8	15,1	3,8	3,8	0,0	11,3	3,8	1,9	
<i>Serinus serinus</i>	10,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	30,0	0,0	
<i>Chloris chloris</i>	0,0	23,5	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	23,5	0,0	
<i>Lanius collurio</i>	0,0	25,0	8,3	22,2	0,0	2,8	5,6	5,6	0,0	11,1	16,7	2,8	
<i>Alectoris rufa</i>	0,0	0,0	30,8	0,0	0,0	0,0	15,4	23,1	0,0	23,1	0,0	7,7	
<i>Sylvia atricapilla</i>	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	
<i>Fringilla coelebs</i>	15,4	15,4	7,7	15,4	0,0	0,0	0,0	15,4	15,4	7,7	7,7	0,0	
<i>Aegithalos caudatus</i>	9,5	4,8	33,3	14,3	0,0	19,0	9,5	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Cettia cetti</i>	0,0	61,9	4,8	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Currucula subalpina</i>	0,0	49,0	10,2	30,6	4,1	2,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Cyanistes caeruleus</i>	0,0	4,3	17,4	17,4	0,0	17,4	26,1	4,3	13,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Erithacus rubecula</i>	0,0	21,1	26,3	0,0	0,0	0,0	10,5	21,1	5,3	0,0	0,0	15,8	
<i>Parus major</i>	5,2	13,8	12,1	32,8	0,0	5,2	0,0	13,8	12,1	0,0	5,2	0,0	
<i>Streptopelia turtur</i>	0,0	50,0	28,6	0,0	0,0	7,1	0,0	7,1	0,0	0,0	7,1	0,0	

Ce tableau présente la répartition des principales espèces d'oiseaux observées au sein des différents habitats. Ces résultats sont issus d'une jointure attributaire entre la carte d'occupation du sol présentée dans l'annexe 2 et les observations ornithologiques.

ANNEXE 5 : SUIVI DES INSECTES RAVAGEURS AU VIGNOBLE D'ALZIPRATU ENTRE 2022 ET 2024



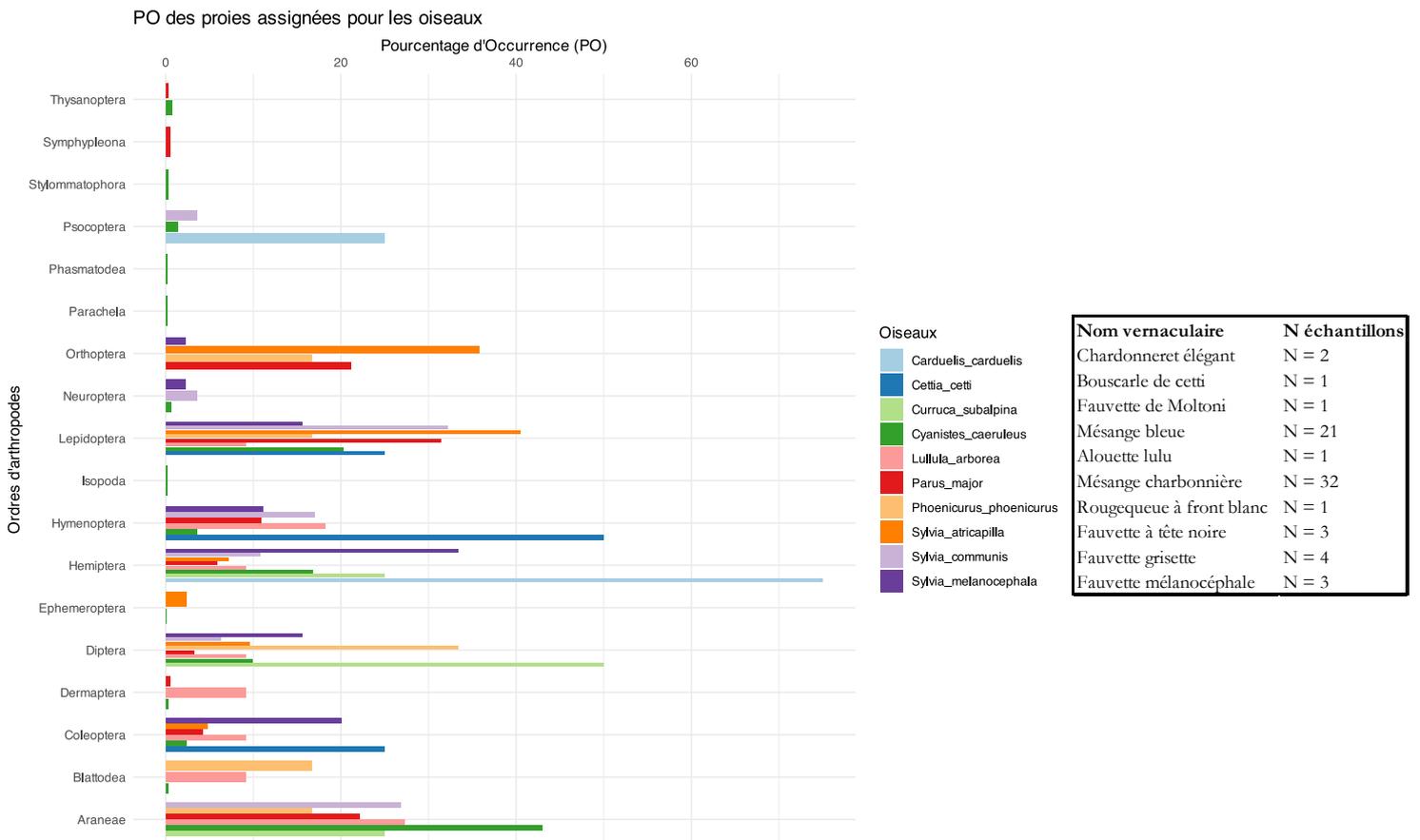
ANNEXE 6 : NOMBRE D'ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS PAR ESPÈCE D'OISEAUX ET DE CHIROPTÈRES

<b>Chauves-souris</b>		<b>Oiseaux</b>	
Espèce	Nombre d'échantillon	Espèce	Nombre d'échantillon
Rhinolophus_ferrumequinum	50	Parus_major	32
Rhinolophus_hipposideros	37	Cyanistes_caeruleus	21
Myotis_punicus	15	Sylvia_communis	4
Myotis_emarginatus	9	Sylvia_atricapilla	3
Myotis_emarginatus+Rhinolophus_ferrumequinum	7	Sylvia_melanocephala	3
Pipistrellus_pipistrellus	2	Carduelis_carduelis	2
Barbastella_barbastellus	1	Cettia_cetti	1
Pipistrellus_kuhlii	1	Curruca_subalpina	1
Rhinolophus_ferrumequinum+_Rhinolophus_hipposideros	1	Lullula_arborea	1
		Phoenicurus_phoenicu	1

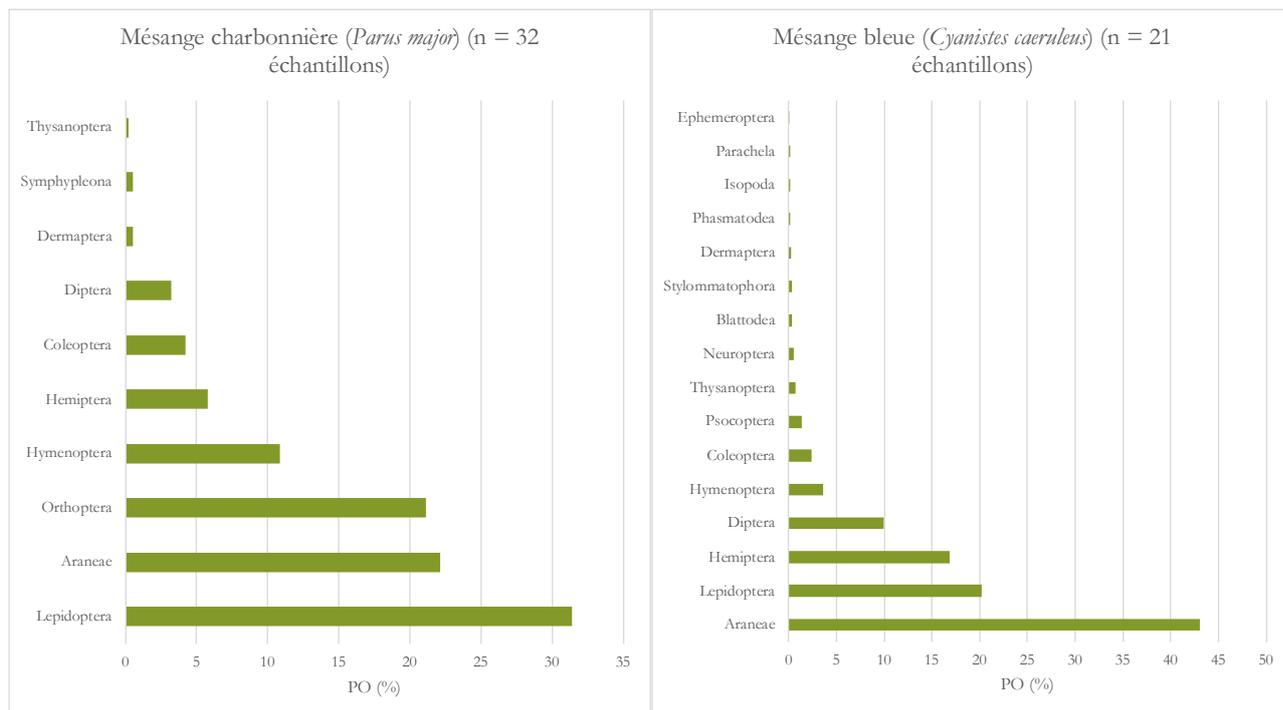
## ANNEXE 7 : POURCENTAGE D'OCCURRENCE DES ORDRES D'ARTHROPODES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DES OISEAUX ET CHIROPTÈRES (PAR ESPÈCE)

NB : L'épaisseur des batônnets n'a aucune signification spécifique.

### ANNEXE 7.1 : PO DES ORDRES D'ARTHROPODES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DES OISEAUX ÉCHANTILLONNÉS



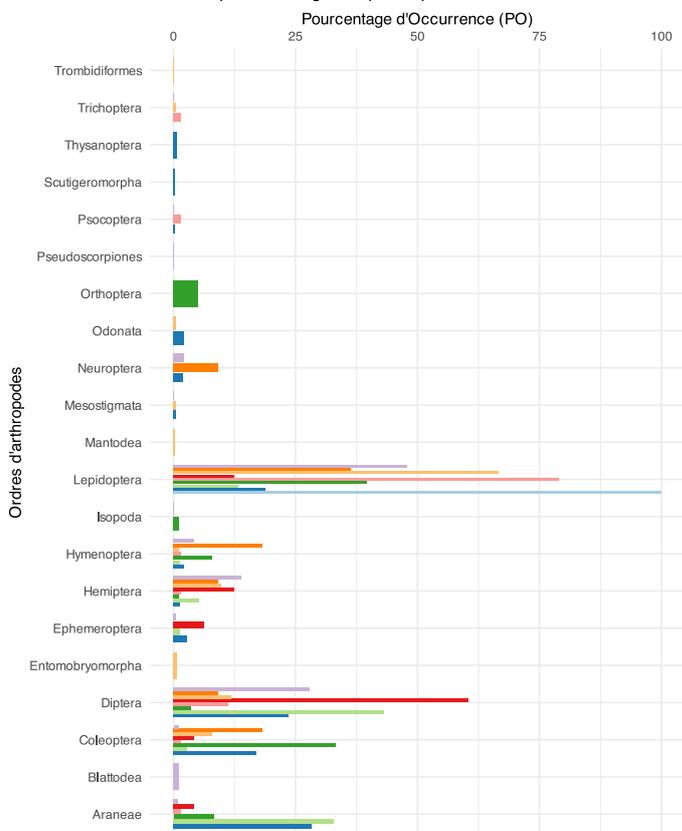
ANNEXE 7.2 : FOCUS SUR PO DES ORDRES D'ARTHROPODES CONSOMMÉS PAR *PARUS MAJOR*  
ET *CYANISTES CAERULEUS*



**Description : Pourcentage d'occurrence (PO) des différents ordres d'arthropodes identifiés dans les fientes de poussins de mésanges au sein du vignoble d'Alzipratu**

ANNEXE 7.3 : PO DES ORDRES D'ARTHROPODE DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DES CHIROPTÈRES ÉCHANTILLONNÉS

PO des proies assignées par espèce de chauve-souris



Espèce de chauve-souris

- Barbastella barbastellus
- Myotis emarginatus
- Myotis emarginatus+Rhinolophus ferrumequinum
- Myotis punicus
- Pipistrellus kuhlii
- Pipistrellus pipistrellus
- Rhinolophus ferrumequinum
- Rhinolophus ferrumequinum+\_Rhinolophus hipposideros
- Rhinolophus hipposideros

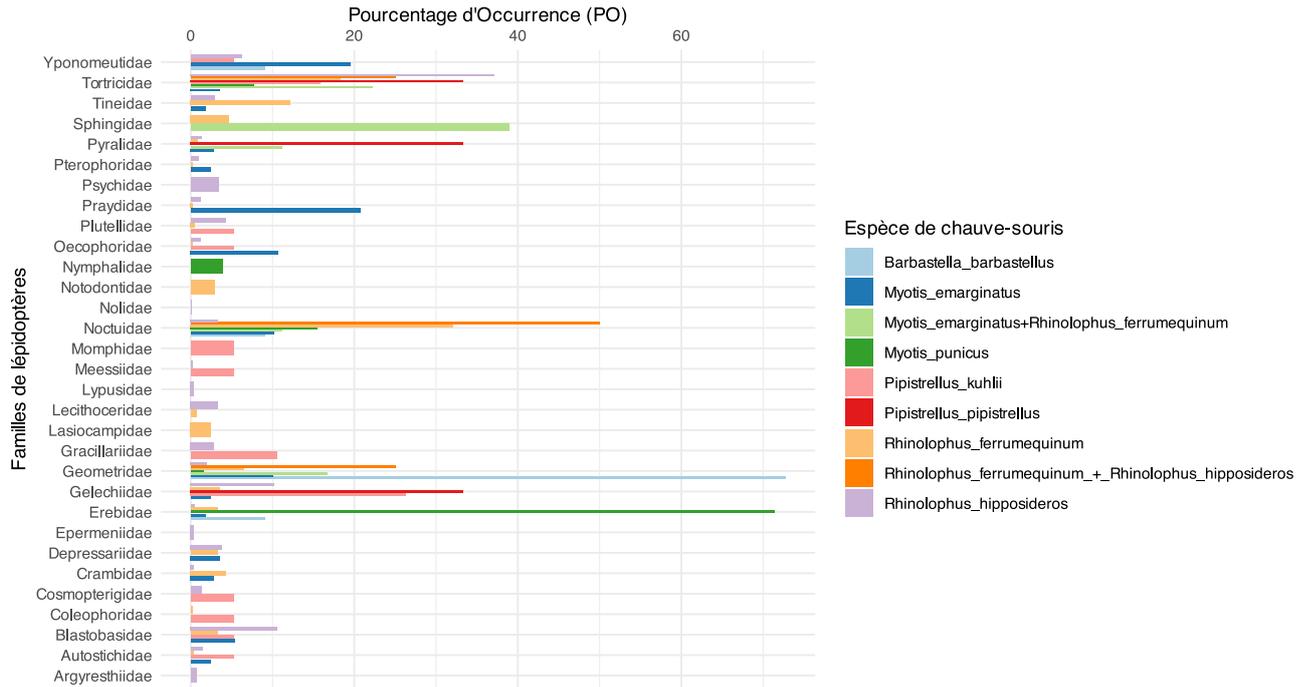
Nom vernaculaire	N échantillons
Barbastelle	N = 1
Murin à oreilles échancrées	N = 9
Murin à oreilles échancrées + petit rhinolophe	N = 7
Murin du Maghreb	N = 15
Pipistrelle de Kuhli	N = 1
Pipistrelle commune	N = 2
Grand rhinolphe	N = 50
Grand et petit rhinolpbes	N = 1
Petit rhinolophe	N = 37

## ANNEXE 8 : POURCENTAGE D'OCCURRENCE DES FAMILLES D'HÉMIPTÈRES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DES OISEAUX ET CHAUVE-SOURIS (PAR ESPÈCE)

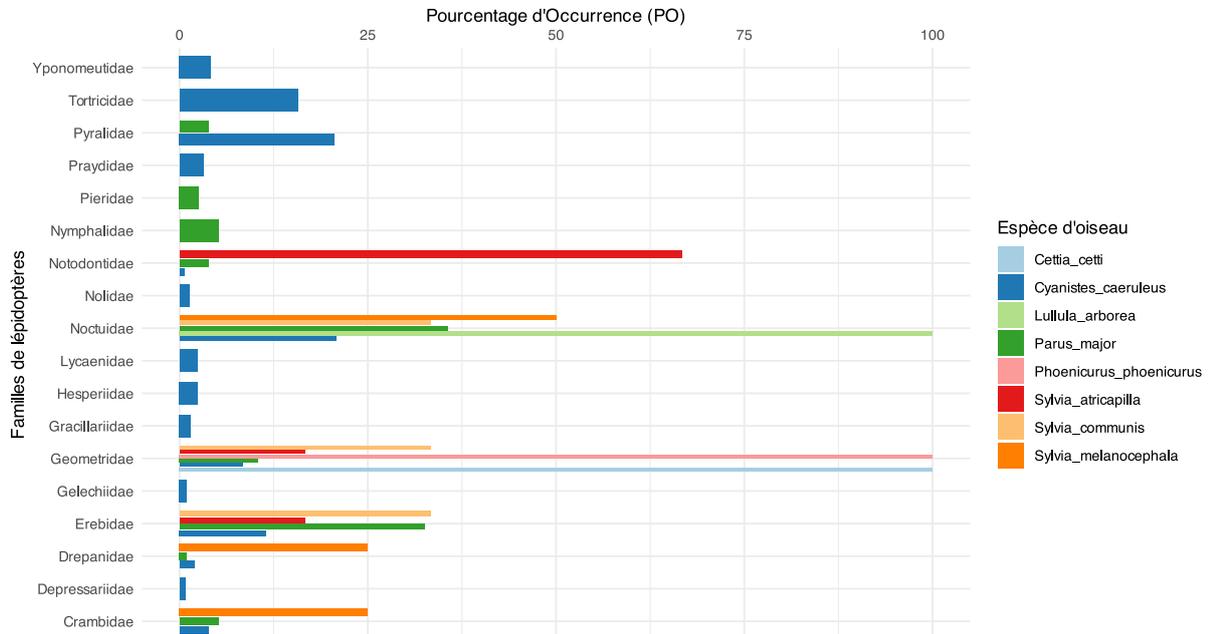
Ces PO ne sont représentatifs que des échantillons positifs pour au moins une espèce proie appartenant à ces ordres.



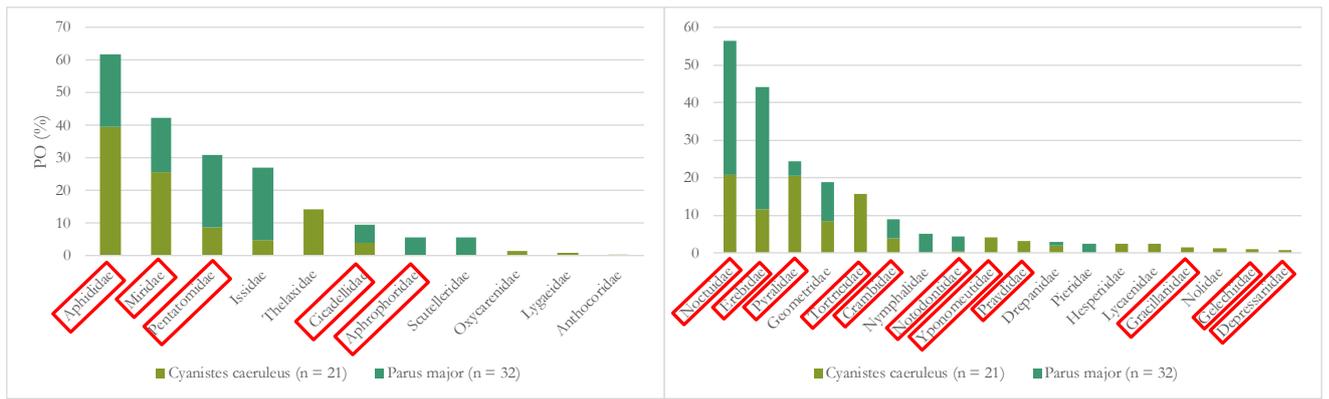
PO des familles de lépidoptères assignées par espèce de chauve-souris



PO des familles de lépidoptères assignées par espèce d'oiseau

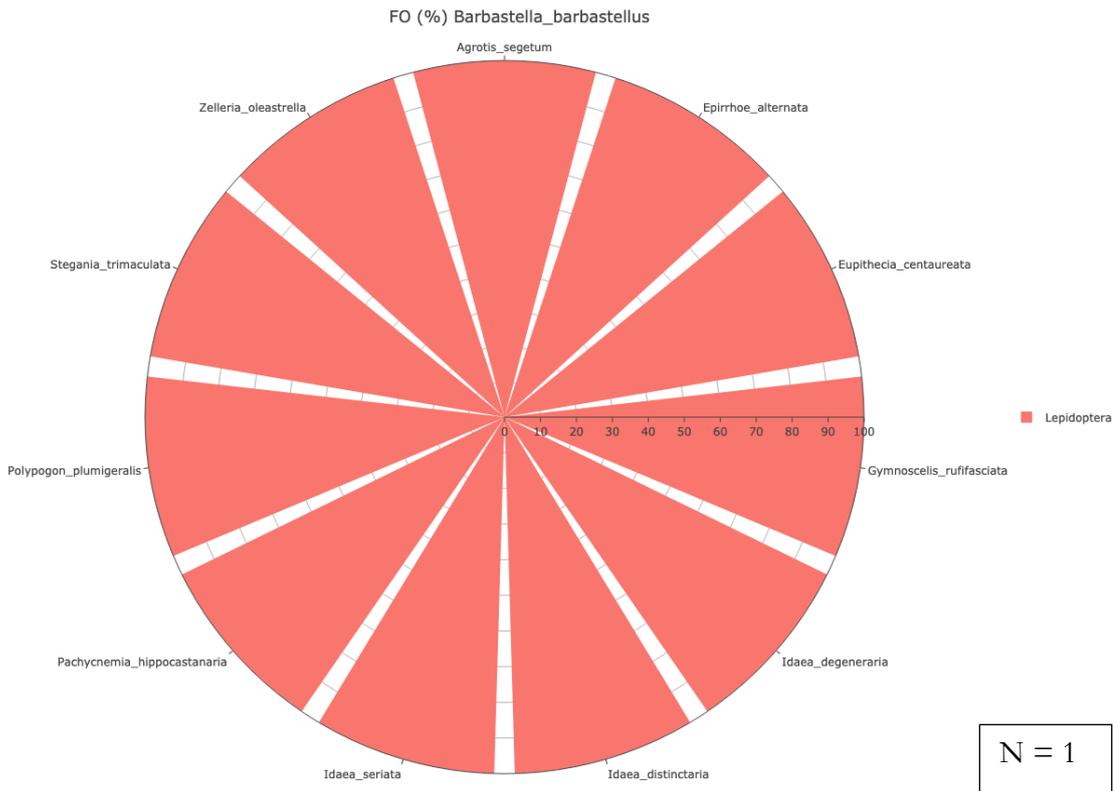
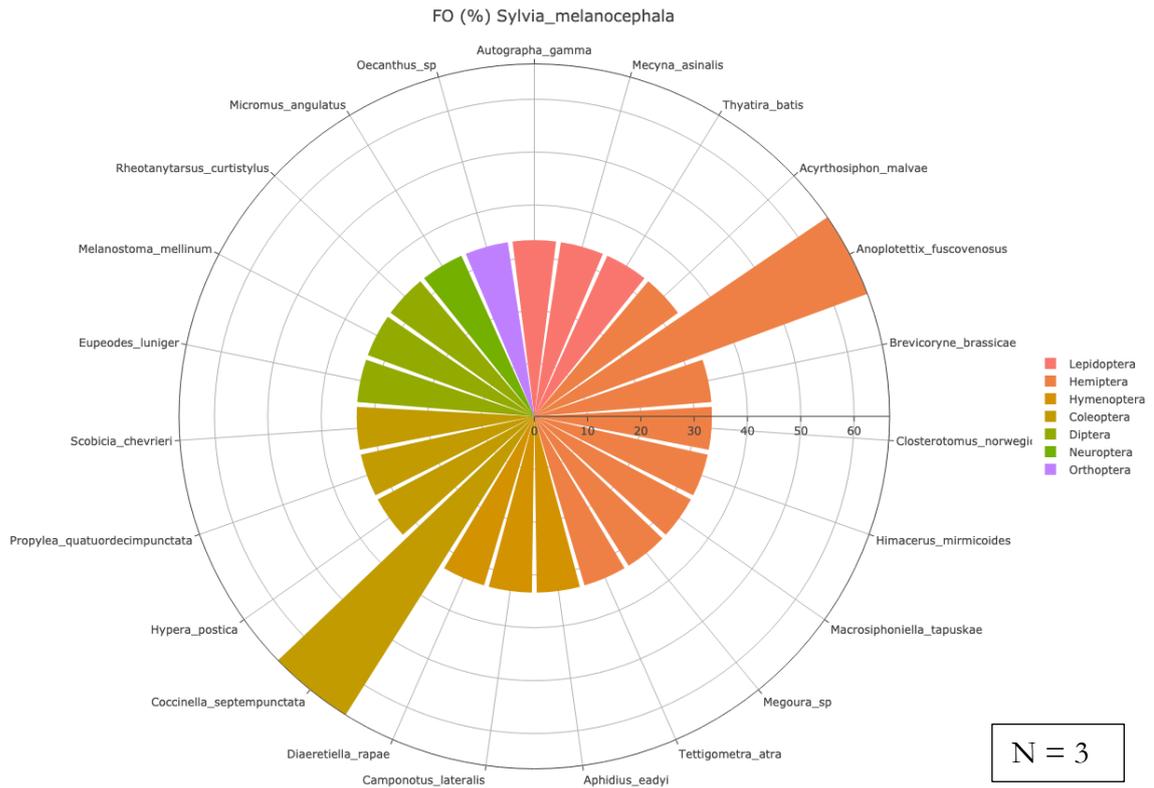


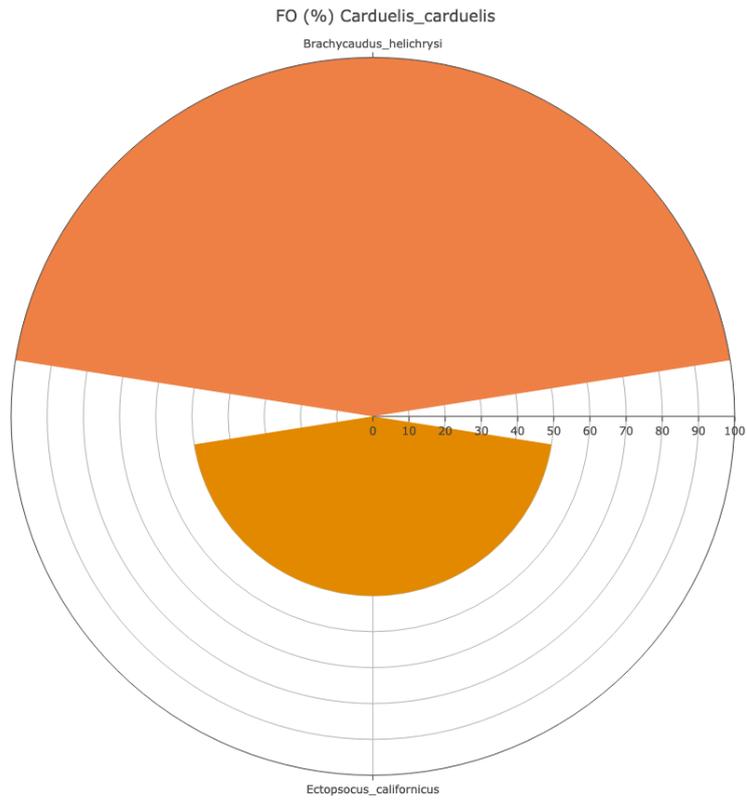
*Pourcentage d'occurrence (PO) des différentes familles d'hémiptères (à gauche) lépidoptères (à droite) identifiées dans les fientes de poussins de mésanges au sein du vignoble d'Alzipratu.*



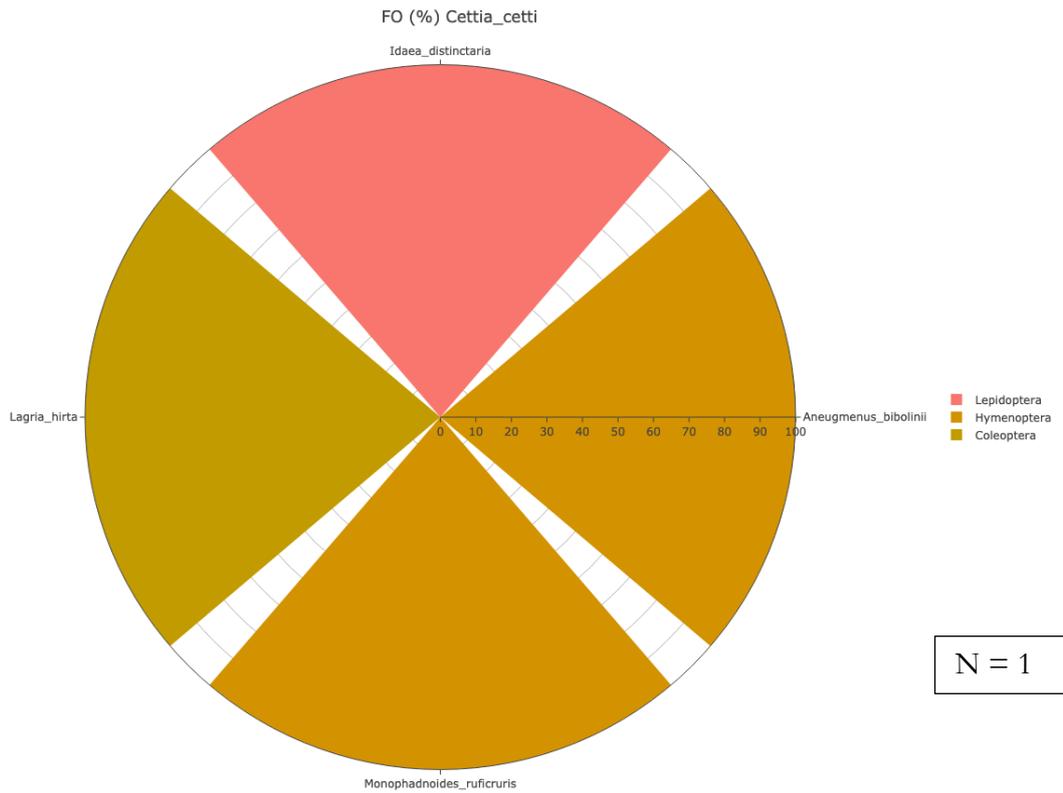
Les familles au sein desquelles des ravageurs de culture ont été retrouvés sont encadrées en rouge.

ANNEXE 9 : FRÉQUENCE D'OCCURRENCE DES ESPÈCES D'INVERTÉBRÉS  
IDENTIFIÉES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE DE CHACUNE DES ESPÈCES DE  
CHIROPTÈRES ET D'OISEAUX ANALYSÉES.

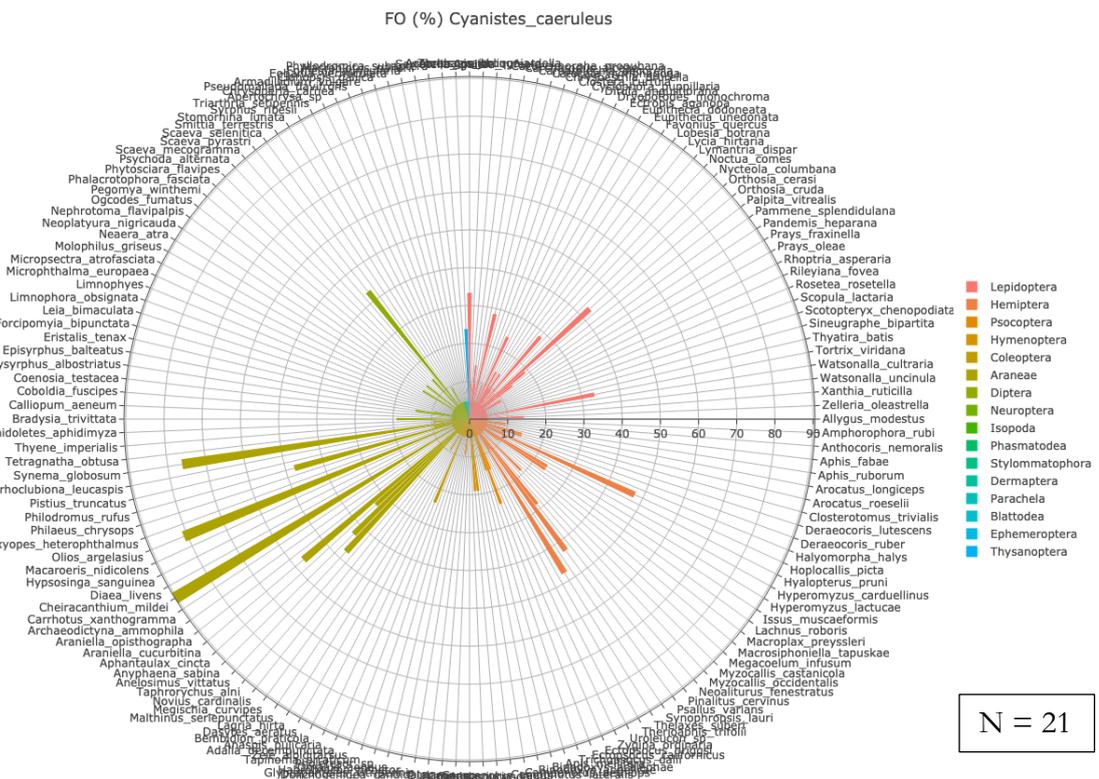
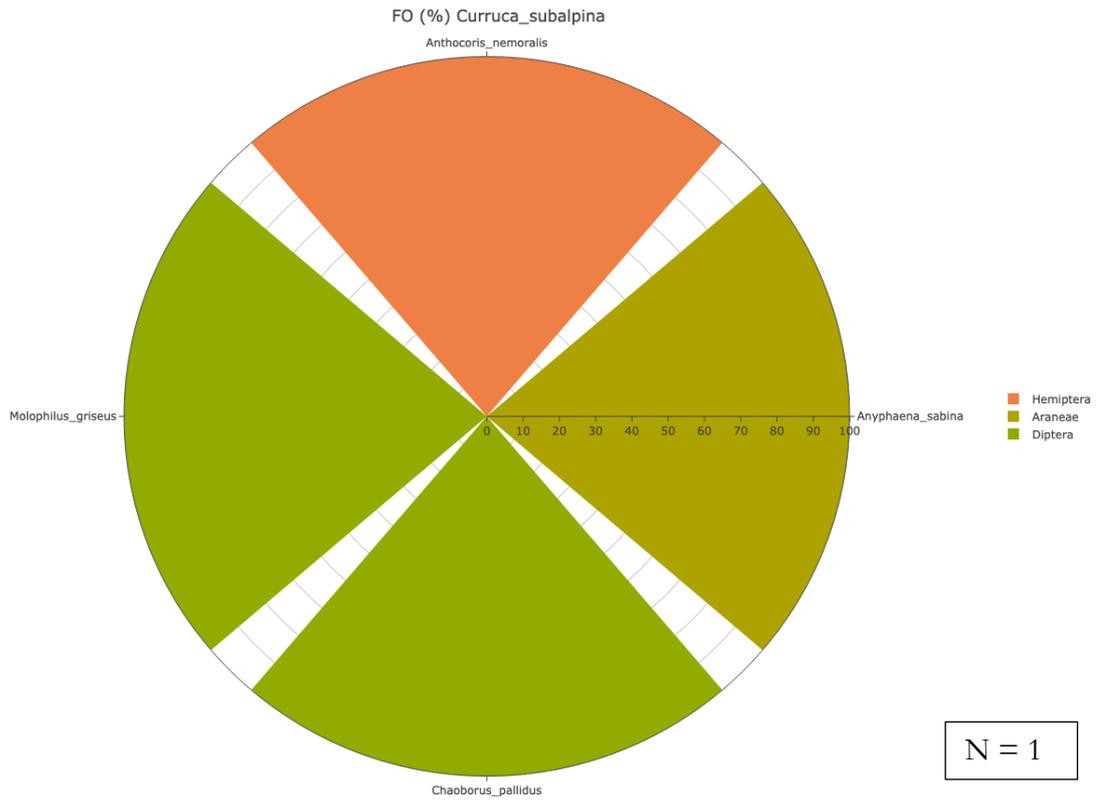




N = 2

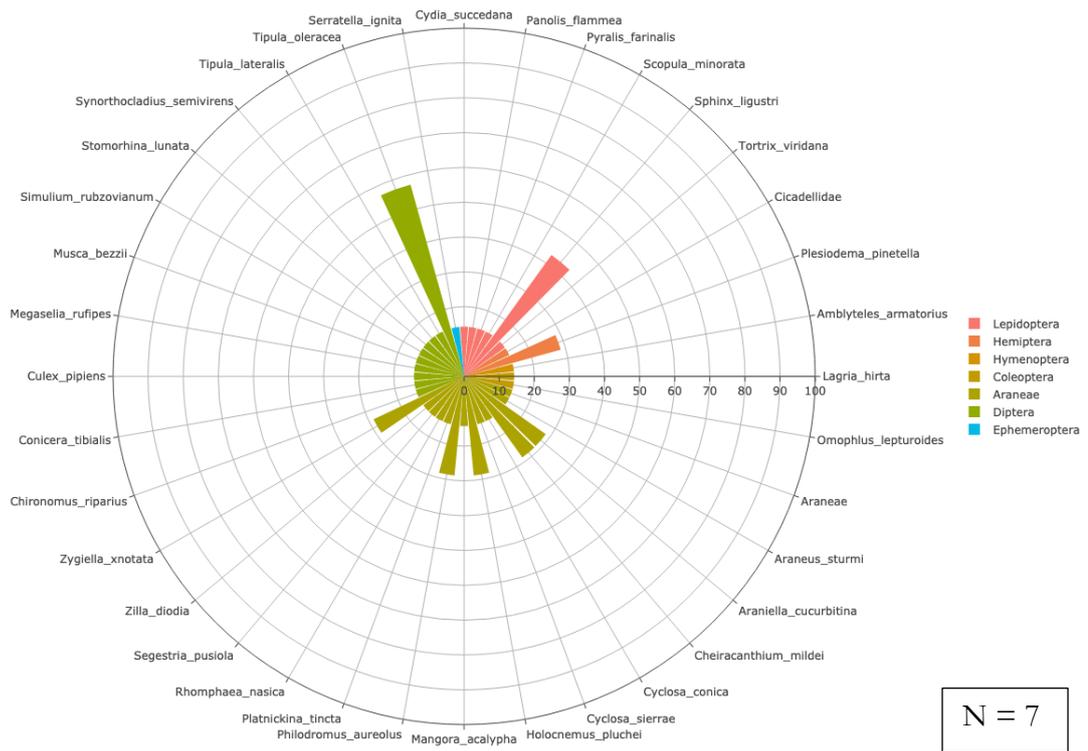


N = 1

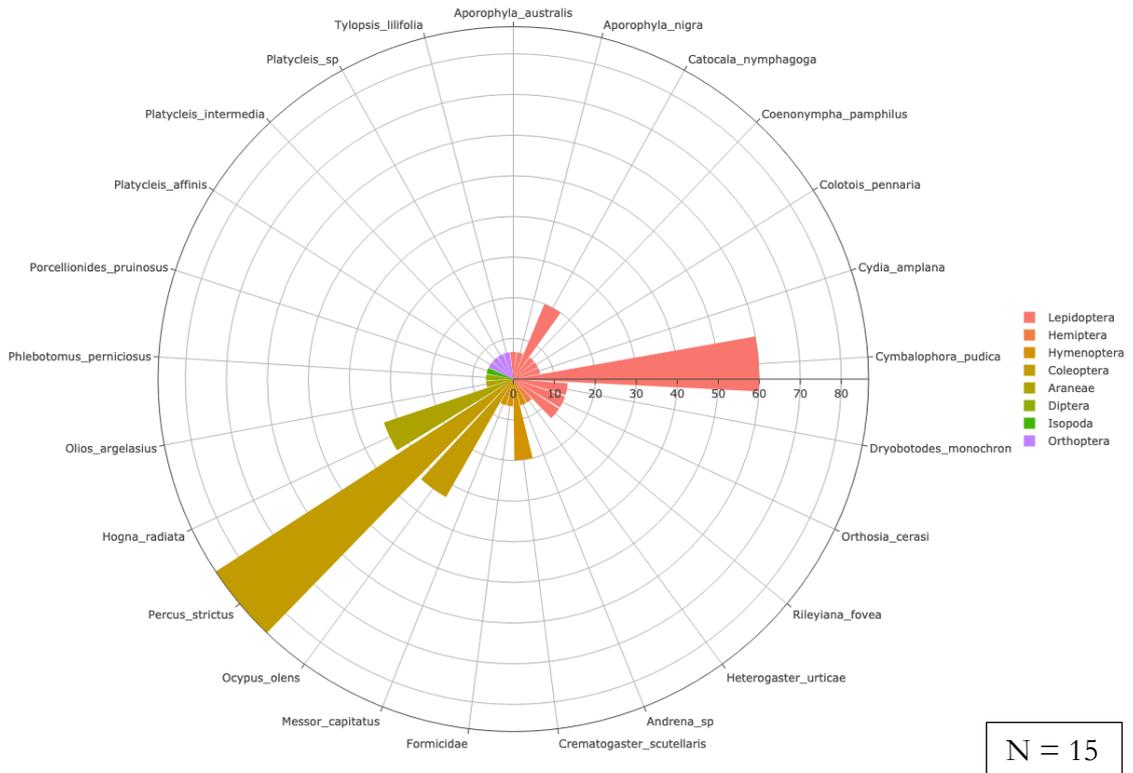




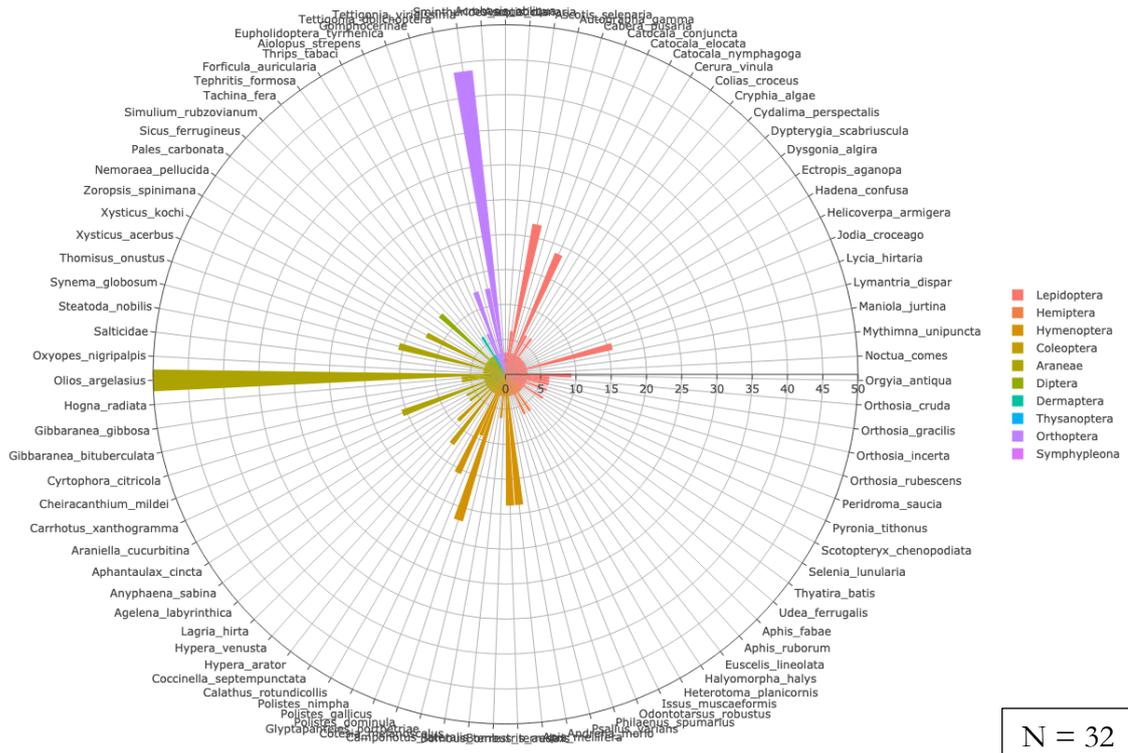
FO (%) *Myotis\_emarginatus*+*Rhinolophus\_ferrumequinum*



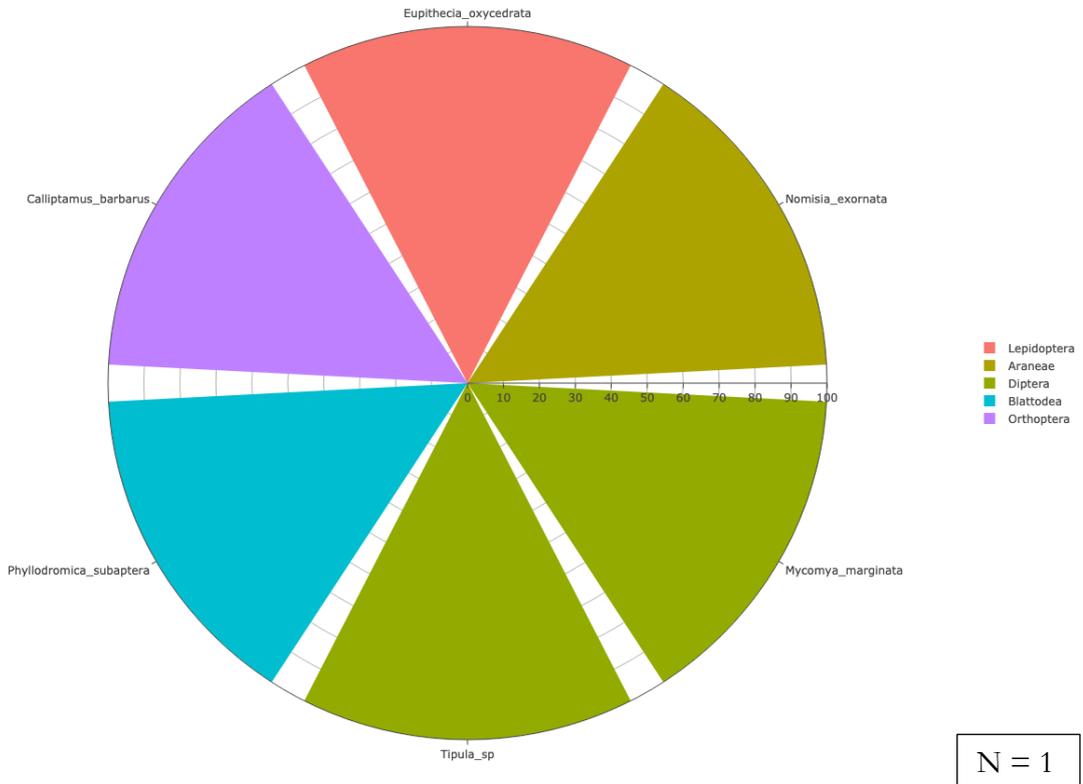
FO (%) *Myotis\_punicus*

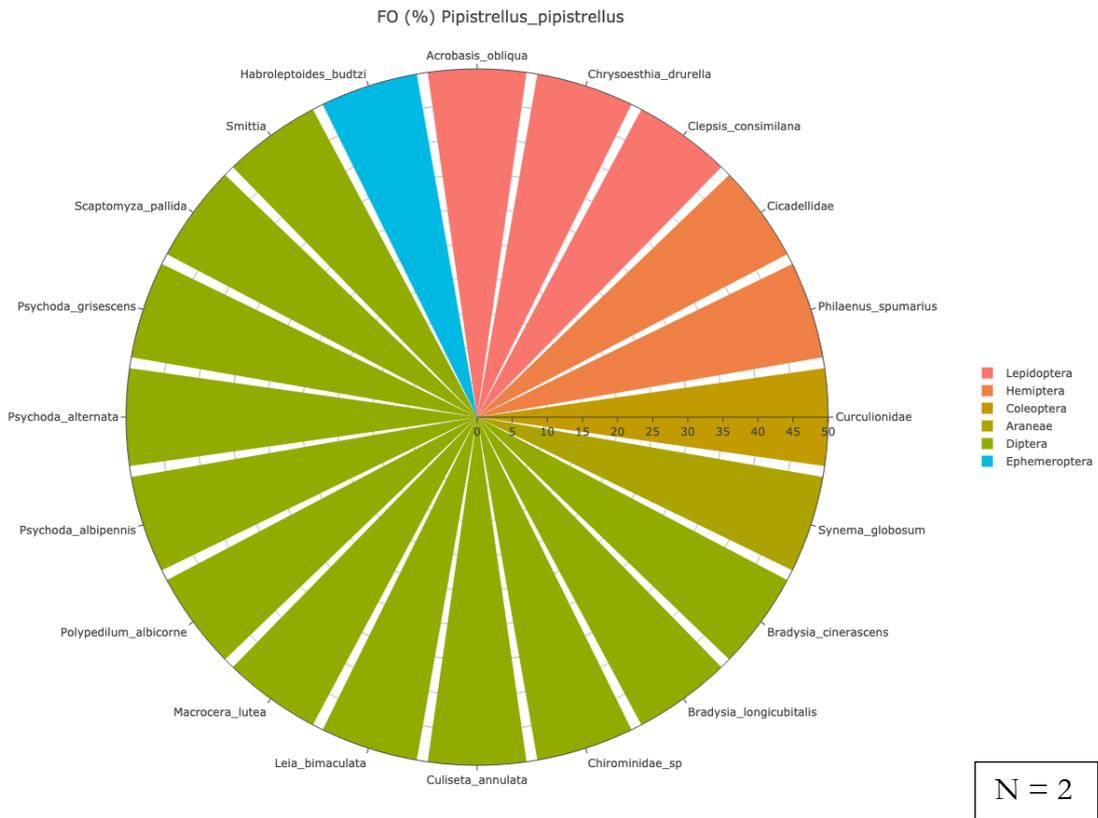
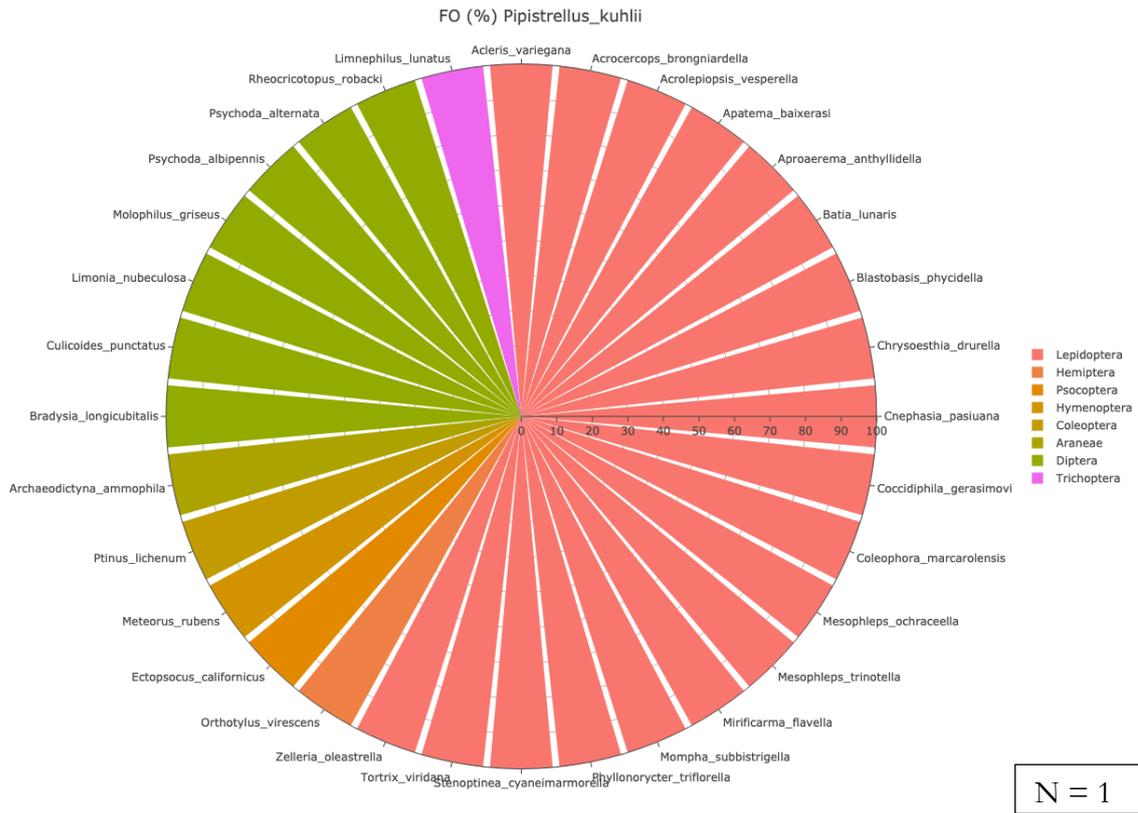


FO (%) *Parus\_major*



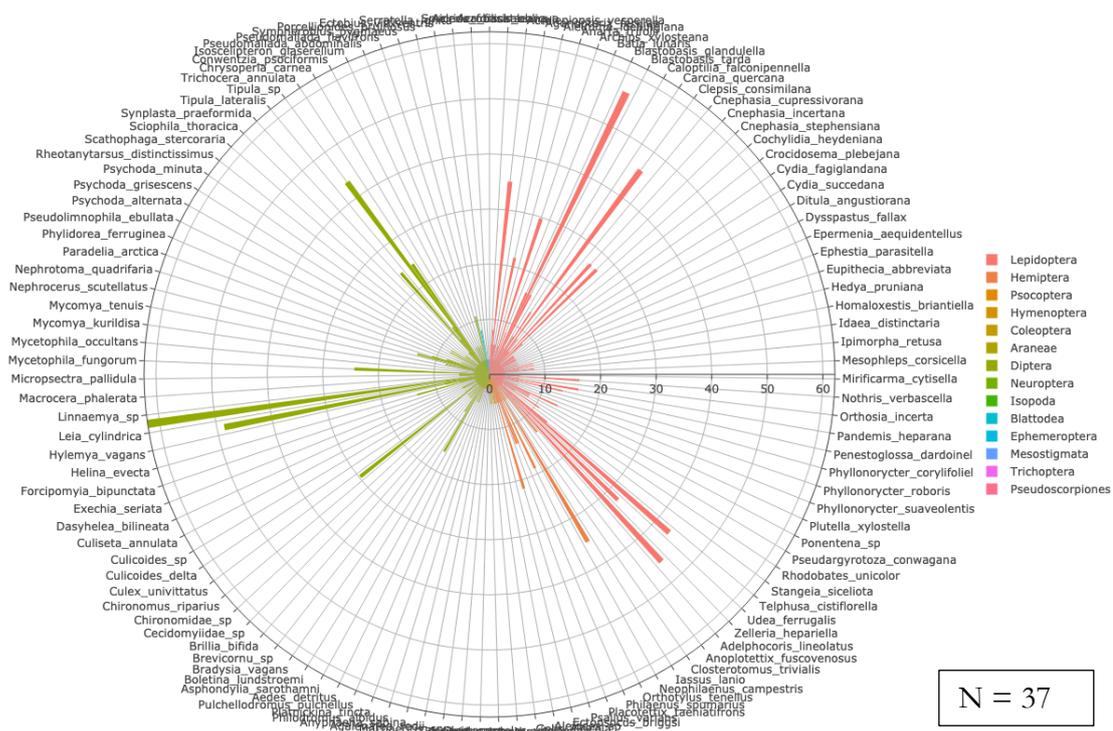
FO (%) *Phoenicurus\_phoenicurus*



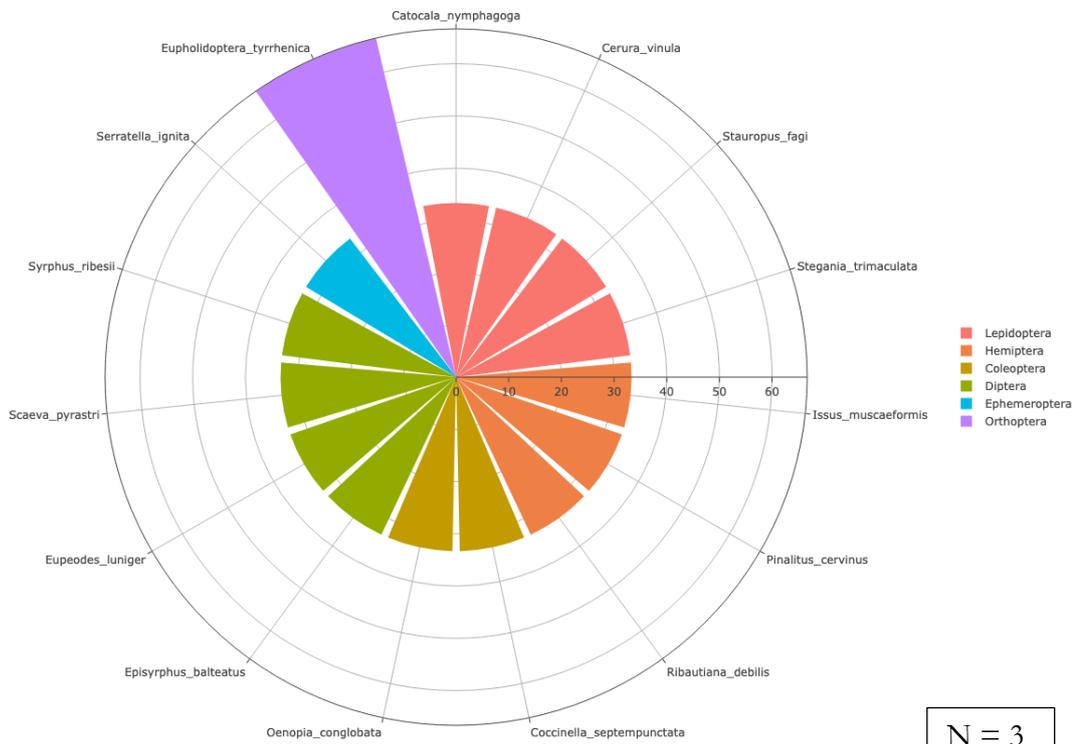


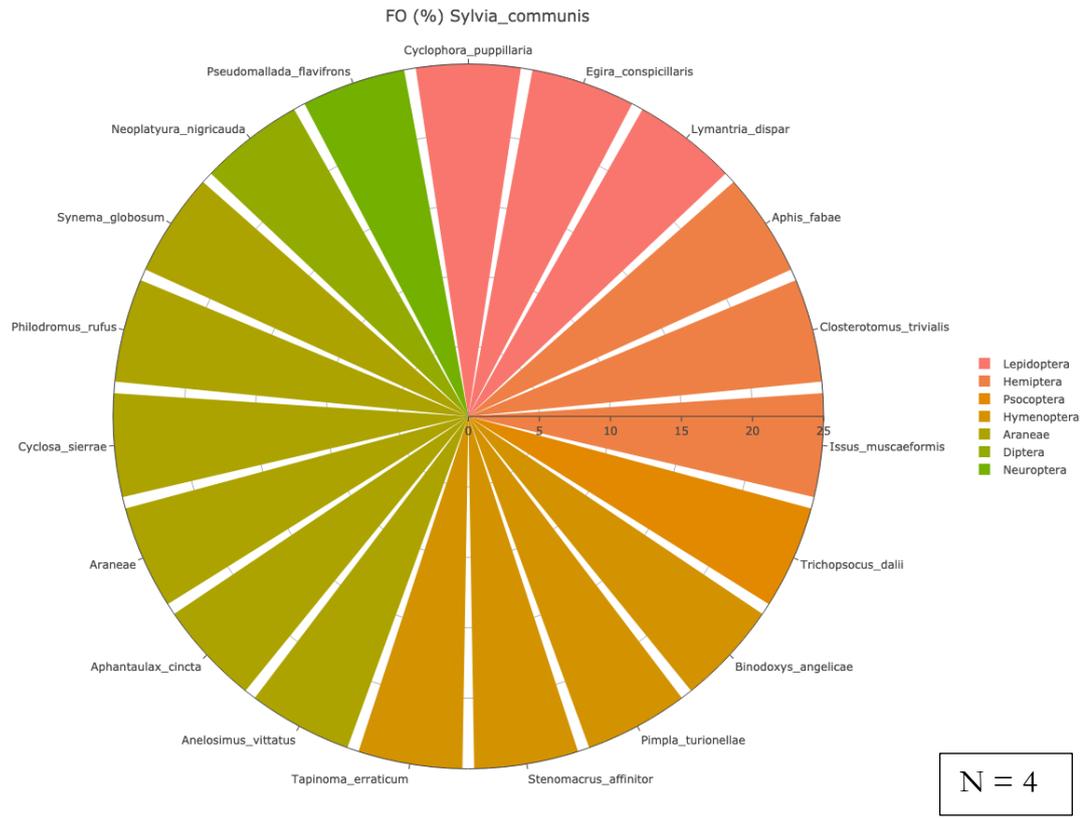


FO (%) *Rhinolophus\_hipposideros*



FO (%) *Sylvia\_atricapilla*





Ce travail a bénéficié du soutien financier du Fonds Vert pour la Transition Ecologique, de l'Association de Valorisation des Vins de Calvi, & du Domaine d'Alzipratu



Ainsi que de l'intervention et des conseils des associations et experts d'A Pichjarina, du Groupe Chiroptères Corse, de BioPhonia, du Laboratoire de Génétique de la Conservation (Uliège) & du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive du CNRS

