ISARA
23 rue Jean Baldassini
69364 LYON CEDEX 07

GR CIVAM PACA
MIN 13
84953 Cavaillon Cedex

BIODIVERSITE AUXILIAIRE EN AGROFORESTERIE CEREALIERE EN PROVENCE

Etude de communautés d'araignées, de carabes et de staphylins dans de jeunes parcelles en agroforesterie céréalière en contexte méditerranéen

Joséphine DUMONT SAINT PRIEST, 2022

Mémoire de fin d'études

50ème promotion (2021-2022)

Soutenu le 15 septembre 2022

Joséphine DUMONT SAINT PRIEST,

Élève Ingénieure ISARA-Lyon

Tuteur Pédagogique :
Anthony ROUME

Directeur du mémoire :
Florian CARLET,
Animateur Coordinateur du réseau Agricultures durables en méditerranée

Stage soutenu par la DRAAF PACA

Ce document ayant été réalisé par une Élève-Ingénieure de l'ISARA dans le cadre d'une convention avec le GR CIVAM PACA, toute mention, communication ou diffusion devra faire état de l'origine Isara.

SOMMAIRE

Remerciements ……2
Acronymes……3
Tables des figures……4
Glossaire……5
1. Introduction……6
2. Etat de l'art……11
- Agroforesterie : interactions entre arbres et cultures dans les parcellesagricoles ……11
- Lutte biologique par conservation : définition……12
- Rôle de la biodiversité et choix des auxiliaires étudies……12
- Impact de l'agroforesterie dans la lutte biologique par conservation……15
- Impact des lineaires agroforestiers sur les araignees, les staphylins etles carabes……17
- Impact des lineaires d'arbres sur les ravageurs……17
3. Problematique et hypotheses……18
4. Materiels et methodes……19
5. Resultats……25
7. DISCUSSION……45
- Discussion du protocole……45
- Discussion des resultats……49
8. Qualite de vie au travail……54
9. Conclusion……55
10. Bibliographie……57
11. Annexes……66

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier d'abord, Florian Carlet, mon maître de stage, pour sa gentillesse, sa bienveillance, son soutien au cours de ce stage et ses différentes relectures m'ont permis d'avancer efficacement.

Je voudrais dire aussi un merci particulier à Anthony ROUME, pour sa patience, sa disponibilité, la constance de son aide et de son accompagnement pendant ces 6 mois. Merci aussi à Vincent Tolon pour son aide avisée en statistiques ! Leurs conseils m'ont été très précieux.

Merci aux cinq agriculteurs chez qui cette étude a été menée : Guillaume Joubert, Hugues Massuco, Michel Nevière, Christian Rastello, et Pierre Sauvat. Merci pour leur réactivité et pour le temps qu'ils ont passé à répondre à mes questions.

Merci beaucoup à Ambroise Martin-Chave d'avoir toujours répondu à mes appels ou mes mails malgré l'abondance de ceux-ci. Ses retours m'ont beaucoup aidée.

Merci aussi à Gwladys Fontanieu, Coralie Triquet, Jean Michel Ricard d'avoir pris le temps de me conseiller.

Merci à tous les collègues du GR CIVAM, d'Agribio 84, de l'AFOCG 84, de l'ADEAR 84, de la Confédération Paysanne 84 et de l'ARDEAR qui ont rendu l'assemblage de tôles qu'est le MIN de Cavaillon, chaleureux et sympathique (bravo).

Merci à ma chère Theiler pour son accueil à Aix, retrouver sa douce bouille après de longues et harassantes journées de terrain m'a rempli de joie chaque mois. Merci Joseph, Ginel, Thomas et Idris d'avoir assuré la logistique durant les derniers jours de rédaction de mémoire. Merci à Fausta d'avoir survécu.

Et merci aussi à tous mes amis.es et colocs qui ont rendu ces 6 mois plus joyeux et doux et intéressants

Merci enfin à mes parents de m'avoir encourager à faire les études qui me plaisaient, et .

ACRONYMES

CIVAM : Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural

PACA : Provence Alpes Côte-d'Azur

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

GR CIVAM PACA : Groupement Régional des Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural de Provence Alpes Côte d'Azur

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GIEE : Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental

APAM : Association « Agroforesteries Provence Alpes Méditerranée »

SAM : Systèmes Agroforestiers Méditerranéens

la : modalité « ligne d'arbres »

10m : modalité « à 10m de la ligne d'arbres »

mil : modalité « en milieu d'inter-rang »

Iae : infrastructure agroécologique en bordure de parcelle

AD : Activité Densité

S : Richesse spécifique

J : indice de Piélou

TABLES DES FIGURES

Figure 1 : Photographie prise par Joséphine DUMONT SAINT PRIEST, 2022 1
Figure 2: Classification des auxiliaires étudiés..... 11
Figure 3: Notiophilus rufipes. Photo de G. Bouger -O. Jambon (CNRS-Ecobio) et J.L. Roger (INRA-Sad Paysage)..... 12
Figure 4 : Lycosidae. Photo de Alain Canard et Christine Rollard., 2022..... 13
Figure 5 : S taphylin. Photo de Lech Borowiec (Iconographia Coleopterorum Poloniae). 13
Figure 6 : Localisation des différentes araignées en fonction de leur stratégie de chasses dans un verger de pommiers. (Marc et Canard 1997) 15
Figure 7 : Localisation et caractéristiques des parcelles étudiées..... 18
Figure 8 : Parcelle Ste Baume -C : La parcelle et la ligne d'arbres..... 19
Figure 9: Parcelle de Valensole-P, la ligne d'arbres, la ripisylve et le petit épeautre..... 19
Figure 10: Parcelle de Vinon-G : La ligne d'arbres et la féverole..... 19
Figure 11 : Parcelle de Forcalquier-H : la parcelle, la bordure arborée et le blé..... 19
Figure 12: Parcelle de Beaurecueil-M : Le verger, la luzerne, la parcelle et une ligne d'arbres..... 19
Figure 13 : Schéma d'un piège barber installé dans une parcelle 20
Figure 14 : Schéma de l'emplacement des pièges en fonction des modalités dans une parcelle type.20
Figure 15 : tableau récapitulatif du nombre de pièges posés par modalité dans chaque parcelle 21
Figure 16 : Nombre d'arthropode piégés par parcelle en fonction des modalité s..... 24
Figure 17: Tableau récapitulatif des p-value des ANOVA * de l'AD des carabes en fonction des modalités 25
Figure 18 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle H..... 26
Figure 19 : AD des araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle C..... 26
Figure 20: Tableau récapitulatif des p-value des ANOVA * de l'AD des carabes en fonction des modalités..... 27
Figure 21 : AD des carabes en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle H 28
Figure 22 : AD des carabes en fonction des modalités et de l'année pour toutes les parcelles confondues..... 28
Figure 23 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle P 28
Figure 24 : Tableau récapitulatif des p-value des ANOVA * de l'AD des carabes en fonction des modalités..... 29
Figure 25: AD des Araignées en fonction des modalité s et d e l'année pour la parcelle H..... 30
Figure 26 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle C 30
Figure 27 : AFC* des données des familles d'araignées sur 2 ans..... 32

Figure 28 : Graphiques de l'AFC* araignées pour l'année 2022 33
Figure 29 : Résultats de l'AFC* des carabes étude des axes 1 et 2 35
Figure 30 : Résultats de l'AFC* des carabes étude des axe s 3 et 4..... 36
Figure 31 : Activité densité (AD) et richesse spécifique (S) par parcelle sur deux ans. 37
Figure 32 : :Richesse spécifique des carabes par parcelle, par an et par modalité (moyennes et écarts types)..... 37
Figure 33 : espèces dominantes dans la parcelle P en 2021 et en 2022 38
Figure 34 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalité entre années dans la parcelle P..... 38
Figure 35 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalité entre années dans la parcelle H 39
Figure 36 : espèces dominantes dans la parcelle C en 2021 et en 2022 39
Figure 37 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalité entre année dans la parcelle C 40
Figure 38 : espèces dominantes dans la parcelle G en 2021 et en 2022..... 40
Figure 39 : Comparaison de l'indice de Pièlou par modalité entre année dans la parcelle G..... 41
Figure 40 : espèces dominantes dans la parcelle M en 2021 et en 2022..... 41
Figure 41 : Espèces spécifiques à chacune des parcelles. 42

GLOSSAIRE

Anova * : Il s'agit d'un procédé statistique qui teste la quantité de variance entre différents facteurs d'un échantillon. Cela permet de constater si les différences observées sont significatives. (nzcoops 2011)

Significativité : Indice de fiabilité du résultat ou probabilité que le résultat soit faux. Il est noté *p-value* ou α et est comparé avec le seuil fixé préalablement. Si α =0.05 c'est qu'il y a 5% de chance que le résultat observé soit dû au hasard.

Test de tukey : test statistique effectué après une Anova *. Il effectue une comparaison multiple entre les modalités du facteur. Il permet d'observer les facteurs qui se distinguent des autres.

AFC : L'Analyse Factorielle des Correspondances permet de comparer la réparation de variables en fonction d'axes explicatif, avec différents facteurs.

1. INTRODUCTION

Au-delà de toutes les fonctions que l'on prête à l'agriculture, la principale reste celle de nourrir l'homme. Au XX^{ème} siècle, la population augmente continuellement, en 2022 nous nous apprêtons à dépasser les 8 milliards de personnes soit plus de 5 milliards de plus qu'en 1950 (Guillaume Delacroix 2022). Pour faire face à cette croissance, l'homme a commencé par augmenter les surfaces cultivées, puis à partir des années 50, la croissance de la production mondiale est passée par une amélioration des rendements par hectare grâce aux engrais de synthèse et aux produits phytosanitaires. Malgré ces évolutions, selon la FAO (Food and agriculture Organization), il faudra augmenter de 70% la production alimentaire mondiale pour nourrir l'humanité en 2050. (FAO 2009)

Aujourd'hui, la nocivité des intrants sur les écosystèmes et la santé humaine est avérée (Saadane 2018). Par ailleurs, les prix de ces produits explosent et il devient de moins en moins rentable pour les agriculteurs de les utiliser (Borget 2021). D'autre part, il serait préférable de ne pas continuer à empiéter sur les espaces naturels et sensibles dont les services écosystémiques sont essentiels (Smith, Pearce, Wolfe 2013). En se focalisant sur les surfaces agricoles (prairies et cultures), Goldewijk (2001) constate qu'elles ont été multipliées par 7 entre 1700 et 1990 et continuent augmenter. Les paysages se sont uniformisés, et les liens entre les différents éléments des écosystèmes ont disparu. A partir de 1950, la révolution verte a bouleversé les systèmes agricoles : intensification et spécialisation des pratiques, plus grande utilisation d'intrants (Celette 2021).

Dans leur revue bibliographique, Sánchez-Bayo et Wyckhuys (2019) identifient la fragmentation des habitats comme la première cause de déclin des espèces. Au niveau agricole, la déforestation est un problèmemajeur. Si bien qu'aujourd'hui près d'un tiers des espèces d'insectes seraient menacées selon l'UICN. Parmi les plus menacées, on retrouve beaucoup d'espèces spécifiques de certains écosystèmes et donc plus vulnérables à leurs changements (Benhabri 2021).

Si les accords de Paris de 2015 avaient pour objectif de limiter le réchauffement planétaire entre +1,5°C et 2°C, d'après les modèles présentés par le GIEC (Giec 2018), les émissions constatées depuis, rendent inévitables un réchauffement supérieur à 1,5°C. De plus, en commençant à mettre en place des politiques de diminution des émissions seulement à partir de 2030, il sera compliqué de ne pas dépasser les 2°C. (IPCC 2022).

Dans le bassin méditerranéen, l'augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes a déjà un impact observable sur la structure des écosystèmes terrestres, la distribution géographique et le cycle de vie des espèces (Cramer et al. 2018 Giannakopoulos et al. 2009). Si les impacts du réchauffement climatique varient suivant les régions, la production alimentaire est globalement perturbée. Les pertes

de récolte dues aux sécheresses et aux chaleurs extrêmes ont triplé dans les 50 dernières années en Europe et devraient encore s'accentuer (SPMB 13 IPCC 2022) de 200 à 500 % dans tout le Sud-Est de la France (Diffenbaugh et al. 2007).

Par ailleurs, les scientifiques du GIEC, Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat estiment que l'agriculture, conjointement à des changements de consommation, serait l'un des potentiels d'atténuation du changement climatique les plus intéressants du panel de secteurs étudiés (IPCC 2022).

L'enjeu est donc de produire suffisamment, en limitant l'apport d'intrants de synthèse et en évitant d'étendre encore la SAU mondiale. L'agroforesterie présente de nombreux intérêts et semble pouvoir être l'un des leviers à mobiliser. Très répandue dans le monde, cette pratique est en particulier très étudiée en contexte tropical.. En France ces systèmes ont peu à peu disparu en raison de la mécanisation et de la spécialisation de l'agriculture occidentale ainsi que la baisse d'utilisation du bois de chauffage (Capillon dans Faucherre 2021). Aujourd'hui, l'agroforesterie ne représente qu'une faible part du territoire Français, environ 1% de la SAU soit 157 000 ha en 2008 (Faucherre 2021). Depuis une vingtaine d'années, elle est à nouveau étudiée car elle est considérée comme une pratique agroécologique (Marsden et al. 2020).

Installer des arbres au milieux des cultures peut permettre d'augmenter la production à l'hectare et d'optimiser l'espace agricole (Dupraz, Liagre 2011). En outre, diversifier ses productions rend l'agriculteur moins vulnérable aux aléas économiques et climatiques (Dupraz, Liagre 2011). D'autre part, la présence d'arbres diversifie les habitats sur les parcelles favorisant potentiellement l'installation de faune dans les agroécosystèmes. Les arbres alignés jouent aussi le rôle de corridor. (Smith, Pearce, Wolfe 2013).
Dans ce contexte, le GR CIVAM PACA a décidé de compléter les références sur la biodiversité en auxiliaires dans les parcelles agroforestières en région PACA. La question d'étude choisie est la suivante :

Observe-t-on un effet des jeunes lignes d'arbres et de leurs lignes sous arborées sur la diversité et l'activité-densité des carabes, staphylins et araignées dans les systèmes agroforestiers céréaliers méditerranéens ?

Pour y répondre, après une synthèse des références bibliographiques existantes, les résultats de l'étude seront présentés et illustrés par différents indices de biodiversités. Par la suite, les résultats et la méthode seront discutés.

COMMANDITAIRE ET CONTEXTE DE L'ETUDE

Commanditaire

Les CIVAM (Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural) sont des groupements d'agriculteur.trices qui prônent une agriculture durable, résiliente et autonome. Le réseau est constitué de 140 associations thématiques, départementales, régionales ou national. Le GR CIVAM PACA, ou Groupement Régionale des CIVAM de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été créé en 1979. Il fédère actuellement plusieurs groupes CIVAM également adhérents du réseau BIO (Agribio 04, 05, 06, 13 et 84) ainsi que trois groupements oléicoles, un groupement apicole, ainsi qu'une récente association régionale sur l'agroforesterie. Au-delà de la coordination régionale du réseau d'associations adhérentes, les six salariés du GR CIVAM PACA assurent un rôle d'animation, de conseil et de formationsur différentes thématiques :

- l'accueil social à la ferme via le réseau « Racines »
- l'accueil du grand public à la ferme via l'évènement « De ferme en ferme »
- la fertilité des sols et la gestion de la matière organique sur le territoire
- l'agroforesterie

Florian Carlet, mon maître de stage, anime et participe à plusieurs projets autour de l'agroforesterie (notamment intra parcellaire) dans la région. Depuis 2018, et dans le cadre du réseau « Agricultures Durables en Méditerranée », il coordonne le projet SAM 'Systèmes Agroforestiers Méditerranéens', dont l'un des objectifs est d'accompagner une dynamique naissante sur l'agroforesterie céréalière et de produire des références en PACA sur ces systèmes. Au cours du projet SAM, les agriculteurs avaient été interrogés sur leurs freins et attentes par rapport à l'agroforesterie. Le manque de connaissances et d'exemples pour les porteurs de projets avait été mis en avant, et c'est entre autres l'impact de l'agroforesterie sur la biodiversité auxiliaire qui avait été pointé. De façon sous-jacente, ils questionnaient le rôle des lignes d'arbres et de leurs bandes enherbées sur la lutte biologique par conservation et la régulation des ravageurs de céréales.

Pour répondre à cette problématique, en 2020 et en 2021, des suivis de biodiversités dans les parcelles agroforestières ont été mis en place sur 5 parcelles de la région par deux stagiaires successifs.

Le projet SAM s'est terminé courant 2022. Pour accompagner et renforcer la Thématique de l'agroforesterie sur le territoire régional, une association adhérente du GR CIVAM PACA a été créée début 2021, l'APAM (Agroforesteries Provence Alpes Méditerranée). Cette association a été labellisée courant 2021 « Groupement d'intérêt économique et environnemental » (GIEE) afin notamment de bénéficier de fonds pour poursuivre les suivis biodiversités initiées dans le projet SAM. En 2022, 2023 et 2024, 3 stagiaires ont donc été prévu pour assurer ce travail.

Précédents MFE effectués sur le sujet

En 2020, Thomas Fayet a étudié deux axes :

- les bénéfices et les contraintes de l'agroforesterie à court et moyen terme sur les systèmes de production céréaliers en PACA
- l'impact des lignes d'arbres jeunes sur les populations d'auxiliaires de cultures.

Pour répondre à cette seconde question, 2 relevés en juin et juillet dans 5 parcelles ont été réalisés, en comparant la ligne d'arbres avec une parcelle témoin sans arbres. Les populations de carabes, les *staphylins*, les araignées, et les forficules avaient été observées.

Une importante hétérogénéité de pratiques, contextes et système entre les 5 parcelles de l'échantillon avait été mise en évidence. Par ailleurs, aucune tendance quant à l'influence des linéaires d'arbres sur l'abondance des auxiliaires étudiés n'a été observée. Les résultats des différentes parcelles n'étaient pas comparables, car le nombre restreint de relevés rendait l'interprétation des résultats obtenus difficile et peu significative.

Lorsque l'étude a été reconduite en 2021, un nouveau protocole a été conçu par Roxane Assous. Sur les 5 parcelles identifiées, 5 suivis mensuels ont été réalisés d'avril à août, période supposée d'activité des auxiliaires étudiés mais aussi période sur laquelle un stagiaire de niveau Master 2 était mobilisable. 5 modalités avaient été testées : la ligne d'arbres, à 10m de la ligne d'arbres, au milieu de l'inter-rang, sur une parcelle témoin sans arbres, et dans une infrastructure agroécologique en bordure immédiate de parcelle (forêt, ripisylve, etc).

Le stage de Roxane s'est axé autour de trois interrogations :

- observe-t 'on une variabilité spatiale de l'activité-densité des auxiliaires et de la diversité de carabes dans la parcelle ?
- évolue-elle durant la saison ?
- l'activité-densité des auxiliaires et la diversité de carabes sont-elles impactées par les pratiques agricoles et l'environnement paysager des parcelles étudiées ?

Malgré l'hétérogénéité des résultats entre les parcelles, une saisonnalité a été observée : l'activité-densité des carabes augmente au printemps, diminue en juin et juillet avant de ré-augmenter légèrement en août. Pour les araignées, l'activité-densité était plus importante entre la fin du printemps et le début de l'été en fonction des parcelles. Dans toutes les parcelles, il semblait y avoir plus de carabes dans les modalités arborées (ligne d'arbres et la bordure). Pour les araignées, les distinctions entres les modalités n'étaient pas les mêmes en fonction des parcelles. La quantité de staphylins était trop faible pour pouvoir conclure.

La méthodologie ne permettait ni d'isoler ni de pondérer les facteurs impactant la biodiversité.

LA PRODUCTION DE CEREALES EN PROVENCE

Le climat méditerranéen

La Provence a un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux sans froids intenses et prolongés, une concentration des précipitations entre novembre et avril avec de forts épisodes de pluies, ainsi que des étés chauds et secs (Aschmann 1984). L'Ouest de la région est sous d'influence du couloir rhodanien et subit de ce fait de forts épisodes de mistral (Chanzy et al. 2017). Larégion est sensible aux risques de feux, d'inondation et de glissements de terrain (Russo 2014).

Production de céréales

La production de céréales représentait 71 100 ha sur la région en 2020 contre 105 500 ha en 2010. Les grandes cultures ont progressivement été remplacées par des prairies, du lavandin ou des légumes de plein champ (Agreste 2020). Mathieu Marguerie, ingénieur à ARVALIS, explique ce phénomène par la multiplication des aléas climatiques rendant la conduite de la culture compliquée et sa rentabilité incertaine.

Risques liés au réchauffement climatique sur les céréales

Les modèles de simulation du climat indiquent une augmentation importante des risques de sécheresse dans les années à venir, avec une prolongation des périodes de canicules, ainsi qu'une augmentation de l'intensité de celles-ci - augmentation de la température (Diffenbaugh et al. 2007). Olesen (2011) identifie la sécheresse comme la perturbation la plus impactante sur les systèmes céréaliers européens. La hausse de la température et le sec augmentent l'évapotranspiration des plantes et par conséquent, leurs besoins en eau.

La gestion de l'eau est, et continuera donc à être un enjeu agricole majeur (Olesen et al. 2011). Aujourd'hui, la Durance et le Verdon – principales rivières de Provence - sont alimentées par la fonte des neiges alpines. Les modèles prévoient une nette diminution du manteau neigeux. Les débits des cours d'eau seront donc beaucoup plus dépendants des précipitations (Russo 2014; Giannakopoulos et al.2009), et pourraient ainsi perturber l'agriculture irriguée de la région

D'autre part, dans leur 6ème rapport, les auteurs du GIEC considèrent qu'un réchauffement global d'au moins +1,5°C par rapport à l'aire préindustrielle est maintenant inévitable à moyen terme (Giec 2018; IPCC 2022). Les différents scénarios situent cette échéance autour de 2030 (IPCC 2022). Les conséquences d'un tel réchauffement sont nombreuses. S'agissant des systèmes agricoles, les modèles estiment qu'à +1,5°C, 6 % des insectes, 8 % des plantes et 4 % des vertébrés perdraient leur habitat. D'autre part, les rendements et la valeur nutritionnelle des céréales majoritairement cultivées diminueraient (Cramer et al. 2018).

2. ETAT DE L'ART

AGROFORESTERIE : INTERACTIONS ENTRE ARBRES ET CULTURES DANS LES PARCELLESAGRICOLES

L'ensemble des opérateurs travaillant sur l'agroforesterie proposent de définir cette pratique comme « l'association de plants ligneux et de cultures et/ou d'animaux dans ou en bordure d'une même parcelle agricole » (Faucherre 2021). L'arbre peut être présent sous de nombreuses formes : en haie, en bosquet, isolé ou en lignes intra-parcellaires. Les objectifs de fonctionnalité et de valorisation sont tout aussi variés et donnent lieu à de nombreux systèmes tant sur la conception que sur les cultures associées (Martin-Chave 2018). Cet état de l'art se concentre sur les linéaires intra-parcellaires comme cela a été fait pour le choix de l'échantillon de parcelles étudiées. Dans ce cas, les arbres sont accompagnés d'une ligne sous arborée souvent enherbée qui participe aux modifications que l'agroforesterie apporte dans les parcelles (Boinot et al. 2019; Clem, Harmon-Threatt 2021).

Les arbres matures peuvent avoir un impact important sur le climat local. Une étude menée en Bretagne de l'INRA a mis en avant une diminution de 30 à 50% de la vitesse du vent derrière les haies brise-vent dans un paysage bocager par rapport à des zones ouvertes (Guyot, Seguin 1978). Le ralentissement de la masse d'air peut entraîner une augmentation des précipitations dans la zone (Guyot, Seguin 1978). A plus petite échelle, limiter la vitesse du vent réduit l'érosion aérienne, la volatilisation de la fertilisation et des produits pulvérisés mais aussi l'assèchement des sols. A l'échelle de la parcelle toujours, les arbres par leur transpiration et l'ombre qu'ils procurent augmentent l'humidité ambiante et minimisent l'amplitude thermique entre le jour et la nuit dans les parcelles agroforestières matures (Dupraz, Liagre 2011). Cela diminue l'évapotranspiration : la demande en eau des cultures est moins importante (Guyot 1990; Inurreta Aguirre 2015). Les effets microclimatiques observés sont dépendants de la densité de la canopée sur la parcelle (Martin-Chave 2018) et du paysage (Guyot, Seguin 1978).

Les bénéfices de l'agroforesterie sont constatés à une échelle plus globale. L'intégration d'arbres et de lignes sous arborées limitent l'érosion et réduisent la lixiviation par l'action des racines dans le sol (Smith, Pearce, Wolfe 2013; Boinot 2019; Jose 2009). Cela limite là aussi l'émission de CO_2 via l' augmentation de la séquestration de carbone dans les sols par les arbres et la bande d'herbe (Jose 2009; Cardinael 2015).

En outre, dans les associations agroforestières, la différenciation de niche est jugée importante : les arbres et les cultures utilisent des ressources de différents endroits (Smith, Pearce, Wolfe 2013). Ainsi, Christian Dupraz et Fabien Liagre (2008) observent une augmentation de biomasse totale (Land Equivalent Ratio) de 30% lorsque le peuplier et les céréales sont associés par rapport à des parcelles où ils sont cultivés en monoculture. Au-delà de la productivité, la diversification des revenus pour l'agriculteur pourrait le rendre moins vulnérable aux aléas financiers, même si les revenus des arbres sont souvent perçus à long terme. (Faucherre 2021)

L'implantation de projets agroforestiers est aussi motivée par la volonté des agriculteurs de diversifier les agroécosystèmes pour favoriser une faune auxiliaire utile à la lutte biologique.

LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION : DEFINITION

Les arthropodes autochtones des parcelles arables peuvent fournir de nombreux services écosystémiques : pollinisation, prédation, dégradation de la matière organique, structuration du sol , etc…La lutte biologique consiste à utiliser des phénomènes de prédation ou de parasitisme pour réguler les ravageurs des cultures sans avoir recours à des produits phytosanitaires. Cela regroupe l'ensemble des pratiques visant à maintenir et favoriser la reproduction, la survie et l'efficacité des ennemis naturels des bioagresseurs dans les paysages agricoles (Ferrer 2021). L'aménagement des parcelles pour que ces auxiliaires y trouvent une continuité d'habitats et de ressources via la mise en place d'éléments semi-naturels est une pratique centrale (Masquin, Lauri, Cassagne 2022). Ainsi, pour faire face à l'augmentation de la résistance des ravageurs aux pesticides, l'organisme international de lutte biologique préconise de convertir 5% de la surface des fermes en éléments semi-naturels. Les lignes d'arbres et leurs bandes enherbées peuvent être une réponse (Dupraz, Liagre 2011). En favorisant la biodiversité pour diminuer l'utilisation phytosanitaire, la lutte biologique présente un double intérêt écologique et économique.

ROLE DE LA BIODIVERSITE ET CHOIX DES AUXILIAIRES ETUDIES

Tableau 2: Classification des auxiliaires étudiés

Règne	Animalia				
Embranchement	Arthropoda				
s\ embranchement	Chelicereta			Hexapode	
Classe	Arachnida			Insecta	
Ordre	Aranea			Coleoptera	
Sous ordre	Mygalomorphae	Araneomorphae		Adephaga	Polyphaga
Clade		Haplogynes	Entélégynes		
Famille				Carabidae	Staphylinidae

Les auxiliaires de culture sont tous les organismes qui participent à maintenir la densité de bioagresseurs en dessous d'un seuil de nuisibilité économiquement et écologiquement acceptable (Vandermeer 1995 dans Béral 2011). Parmi les auxiliaires, il a été choisi d'étudier les carabes, araignées et staphylins, dont la taxonomie est présentée dans la figure 2. Ils sont présents dans presque tous les milieux, arables ou non, et sont faciles à capturer. Ces arthropodes ont été souvent étudiés dans les milieux agricoles et de nombreuses références existent sur ces familles (Auximore 2014). Par ailleurs, ce sont des auxiliaires souvent généralistes, donc potentiellement intéressants dans la lutte biologique (Gallé et al. 2020). Les prédateurs spécifiques se nourrissent d'un seul type de proie. A l'inverse, les prédateurs généralistes sont opportunistes : ils consomment les proies qu'ils capturent sans distinction. A ce titre, ils sont utiles dans les cultures, car ils peuvent faire pression sur une grande

diversité de ravageurs des cultures (Irmler, Klimaszewski, Betz 2018; Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011; Penney 2013). Par ailleurs, du fait de leur sensibilité aux variations de leurs habitats, ils sont considérés comme des bio-indicateurs de l'état du milieu (Kromp 1999; Maelfait 1988; Bohac 1999).

Les carabes

Les carabes font pour la plus part une génération par an. Tous ont une période de dormance, en été ou en hiver, à laquelle sont liées les périodes de reproduction et l'émergence.L'émergence est le passage du stade de larve à celui d'insecte adulte (Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011). Une période de diapause peut avoir lieu en été si l'espèce est au stade larvaire à ce moment-là (Lövei, Magura 2017; Allain 2004; Kromp 1999; Holland 2002;
Diwo-Allain, Bout 2004).

Figure 3: Notiophilus rufipes. Photo de G. Bouger -O. Jambon (CNRS-Ecobio,2016) et J.L. Roger (INRA-Sad Paysage)

Larochelles (1990 dans Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011) estime que 70% des carabes sont carnivores généralistes. Ils jouent un rôle dans la prédation des limaces, pucerons, collemboles, larves et autres tant au stade adulte que larvaire (Allain 2004; Kromp 1999). La taille des proies est corrélée avec celle du prédateur (Wheater 2008 dans (Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011)). Le régime alimentaire des carabes varie en fonction de leur stade de développement et de la disponibilité de ressources dans l'environnement (Lövei, Magura 2017). Un carabe mange l'équivalent de son poids par jour (Lövei, Magura 2017). Certaines espèces (*Amara)*, en partie phytophages ou granivores, peuvent participer à la régulation des adventices. En effet, seules les espèces phytophagesstricts sont considérées comme des ravageurs de cultures (Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011).

L'aptitude des carabes à se déplacer et à coloniser de nouveaux milieux est largement influencée par la forme de leurs ailes et leur capacité à les utiliser. Ainsi, parmi les carabes macroptères, qui ont des ailes permettant de voler, seulement autour 20% des espèces sont en mesure de s'en servir (d'après dires d'expert : Anthony ROUME 2022) et (Lövei, Magura 2017).

Les araignées

Actuellement, 50 000 espèces d'araignées sont répertoriées dans le monde dont 1750 vivent en Rollard 2022). Les araignées sont présentes danspresque tous les écosystèmes. Elles occupent des nich différentes en fonction des familles, au niveau spatial, temporel et alimentaire (Marc, Canard1997; I capacité de colonisation des araignées est nettement liée à leur mode de vie : les sédentaires se dépla lors de la dispersion (lorsque les juvéniles se séparent de leur mère)tandis que les araignées errantes de letoute leur vie pour se nourrir (Marc, Canard, Ysnel 1999).

Dans le Sud de l'Europe, le cycle de la plus part des espèces d'araignées dure un an. Les différentes phases du cycle des araignées sont influencées par la photopériode et la température, particulièrement pour la ponte, le développement des œufs et la dispersion. En fonction des espèces, la dispersion a lieu au printemps, en automne ou au début de l'hiver. Ces périodes sont souvent synchronisées avec les périodes de présence potentielle de proies (Marc, Canard, Ysnel 1999; Maelfait 1988).

*Figure 4 : Lycosidae. Photo de Alain Canard et Christine Rollard., 2022*f

Les araignées européennes sont quasiment toutes prédatrices opportunistes et donc généralistes (Penney 2013; Marc, Canard, Ysnel 1999; Michalko, Pekár, Entling 2019). Elles sont parmi les ennemis naturels les plus abondants et les plus diversifiés dans les agroécosystèmes (Michalko, Pekár, Entling 2019). En fonction des familles, elles ne chassent pas de la même façon et n'occupent donc pas les mêmes niches écologiques, c'est un avantage certain dans la lutte biologique. Les araignées sédentaires utilisent des toiles pièges, tandis que les espèces errantes se divisent en trois groupes : les espèces diurnes, les espèces nocturnes vagabondes et celles qui chassent à l'affût (Marc, Canard, Ysnel 1999; Canard, Rollard 2022; Cardoso et al. 2011).

Les staphylins

Environ 63 600 espèces de staphylins ont été décrites dans le monde dont 1200 en Europe (Herman, 2001 in Irmler, Klimaszewski, Betz 2018). Cette famille est l'une des plus variées parmi les insectes, ils sont présents dans tous les écosystèmes terrestres (Irmler 2018). Les staphylins vivent sur ou dans le sol. Si quelques espèces ont des exigences de milieux particulières, beaucoup sonteurytopiques c'est-à-dire adaptables à de nombreuses conditions demilieux (Irmler 2018). Ils apprécient une humidité moyenne, et sont désavantagés par une trop grande humidité du sol, qui les pousse à quitter leur habitat (Holland et al.2007 dans (Irmler, Lipkow 2018).

Figure 5 : S taphylin. Photo de Lech Borowiec(Iconographia Coleopterorum Poloniae).

La majorité des staphylins a un régime alimentaire non-spécifique, certains sont aussi fongivore ou détritivore, d'a, leurs proies sont des invertébrés tels que des nématodes, des acariens ou même d'autres coléoptères, adultes ou larves (Bohac 1999; Irmler, Lipkow 2018; Massaloux 2020). Les espèces de grandes tailles consomment principalement leurs proies au niveau du sol et les plus petits attaquent les acariens phytophages (Masson 2018). Dansles milieux agricoles, seules certaines petites espèces parviennent à faire leur cycle complet dans les parcelles, beaucoup hivernent dans les infrastructures avoisinant les champs (Irmler, Lipkow 2018). Les ailes leur confèrent une grande capacité de migration (Bohac 1999).

IMPACT DE L'AGROFORESTERIE DANS LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION

Plusieurs auteurs s'accordent à dire qu'augmenter la biodiversité cultivée dans les agroécosystèmes permettrait d'accroître la biodiversité auxiliaire présente dans ceux-ci (Malézieux et al. 2009; Tscharntke et al. 2007). A titre d'illustration, l'étude de (Fahrig et al. 2011) est parlante. Deux couverts - par ailleurs cultivés séparément- sont cultivés côte à côte. En dénombrant la biodiversité présente, l'étude montre des espèces spécifiques à chaque couvert, mais aussi des espèces présentes uniquement lorsque les couverts sont réunis. Elle propose la notion de complémentarité des habitats : ce n'est pas l'infrastructure agroécologique en soit qui attire la biodiversité, mais l'hétérogénéité des éléments présents dans l'écosystème.

L'agroforesterie crée des zones avec des conditions différentes au seins des parcelles. Le sol est impacté : la vie microbienne est différente (Guillot et al. 2019), la teneur en éléments dont le carboneest plus importante (Cardinael 2015), et la structure est aussi améliorée grâce aux racines des arbres et de la bande enherbée (Udawatta et al. 2008). D'autre part, les arbres amènent de l'ombre et de l'humidité sur une surface plus ou moins importante en fonction de leur houppier (Martin-Chave 2018). Enfin, les arbres augmentent l'hétérogénéité de l'écosystème : horizontalement par l'alternance de lignes d'arbres et de cultures dans le paysage, et verticalement en ajoutant des strates à l'écosystème (Malézieux et al. 2009). Ainsi les lignes d'arbres apportent à la fois de nouveaux habitatset des conditions de température et d'humidité multiples à l'échelle de la parcelle pouvant favoriser des organismes peu ou pas adaptés aux conditions de plein champ. Souvent, un effet lisière peut êtreconstaté autour des lignes d'arbres (Marrec et al. 2015).

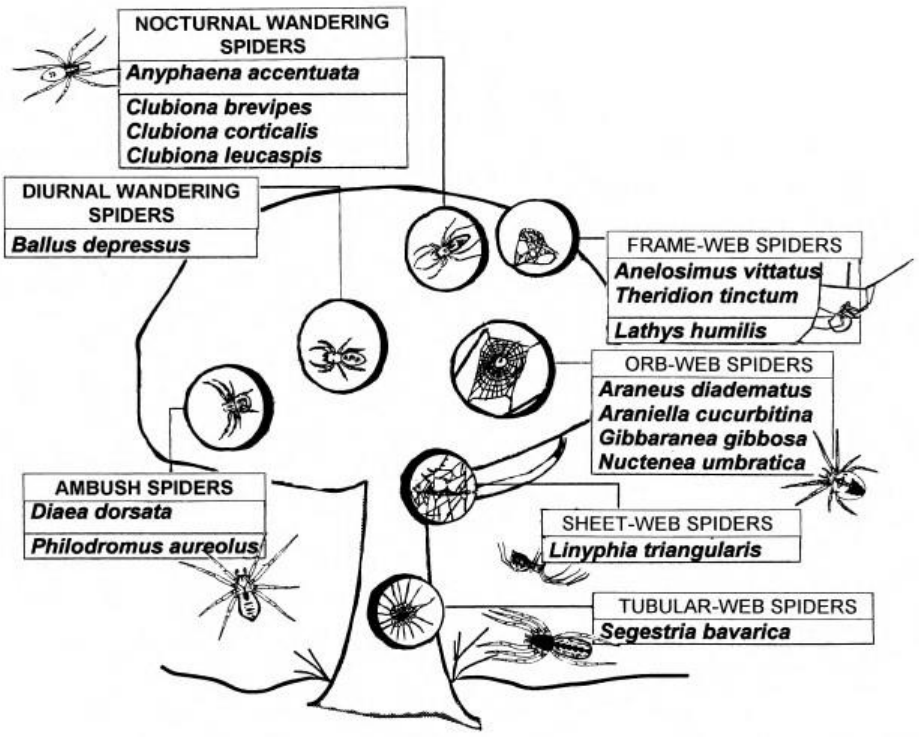


Figure 6 : Localisation des différentes araignées en fonction de leur stratégie de chasse dans un verger de pommiers. (Marc et Canard 1997)

Par ailleurs, la connectivité entre éléments des écosystèmes est un point majeur en écologie du paysage. Les lignes d'arbres intra et extra parcellaires peuvent créer des liens entre les différentes structures agroécologiques du paysage (Jose 2009; Clem, Harmon-Threatt 2021; Beer et al. 2003).

Ce peut être aussi des habitats temporaires pour des communautés vivant dans les parcelles. Les interventions agricoles sur la parcelle (récolte, travail du sol, désherbage,…) perturbent les arthropodes (Irmler, Lipkow 2018; Marc, Canard 1997; Diwo-Allain, Bout 2004). Afin d'éviter qu'une grande partie de la communauté ne disparaisse ou ne migre, il est important d'avoir des zones refuges dans ou autour des parcelles (Clem, Harmon-Threatt 2021; Birkhofer, Entling, Lubin 2013). Les lignes arborées font office de réservoirs à prédateurs à partir desquels les auxiliaires peuvent recoloniser ensuite la parcelle (Birkhofer, Entling, Lubin 2013; Karp et al. 2018). C'est le même phénomène avec le sol nu en hiver : certains coléoptères dont des staphylins et des carabes hivernent dans des bordures de parcelles (Boinot 2019; Clem, Harmon-Threatt 2021; Irmler, Lipkow 2018).

Plusieurs méta analyses s'accordent à dire que l'agroforesterie tempérée a un effet positif sur la présence d'auxiliaires dans les parcelles en comparaison aux systèmes de plein champ, le tout, sans pénaliser a priori la productivité des parcelles (Beer et al. 2003; Marsden et al. 2020; Torralba et al. 2016). Néanmoins, les systèmes agroforestiers sont divers, et les conclusions des études au cas par cas ne sont doncpas toujours les mêmes (Pardon et al. 2019; Boinot 2011) .

Impact des lineaires agroforestiers sur les araignees, les staphylins etles carabes

Les araignées sont très sensibles aux perturbations du milieu, elles sont défavorisées par le travail du sol et les produits phytosanitaires en particulier (Cardoso et al. 2011). Les zones refuges sont essentielles pour qu'elles puissent recoloniser les parcelles (Tanaka, Baba 2016). Les araignées à toiles sont plus particulièrement touchées puisqu'elles sont très sédentaires, ces dernières préféreront les milieux stables comme les bandes enherbées ou les arbres. Intégrer des éléments permanents dans les parcelles favorise la diversité d'araignées (Marc, Canard 1997).

Pour les staphylins, (Irmler, Lipkow 2018) met en avant que la richesse spécifique et l'abondance sont corrélés négativement à la distance aux infrastructures écologiques, ils seront donc plutôt présents dans les zones cultivées, mais hivernent en bordure de parcelles.

Pour les carabes, plusieurs études mettent en avant la préférence de certaines espèces pour l'une ou l'autre des parties de la parcelle. Ainsi par exemple*, Anchomenus dorsalis* préférerait les zones cultivées tandis que *Nebria brevicollis* aurait tendance à rester plus proche des arbres (Richard et al. 2020).

Une étude des traits fonctionnels des carabes observés dans des parcelles agroforestières et dans des parcelles sans arbres a montré que dans les modalités agroforestières avec un houppier dense, ce sont plutôt les espèces à affinités forestières ou tolérantes aux variations d'humidités qui sont observées. Les espèces macroptères à forte capacité de déplacement ont majoritairement été observées dans la parcelle, ce quel'auteur explique par les perturbations du milieu engendré par l'agriculture. (Martin-Chave 2018)

Boinot (2019) avait constaté que dans les zones agricoles des parcelles, les carabes étaient plus petits et majoritairement carnivores. C'est un constat qui n'est pas fait par Ambroise Martin-Chave (2018) qui lie principalement la taille des carabes à l'avancement dans la saison.

Impact des lineaires d'arbres sur les ravageurs

L'agroforesterie impacte aussi le cycle et la dispersion des ravageurs. Les lignes d'arbres peuvent avoir un effet barrière qui gênerait visuellement ou olfactivement les ravageurs pour trouver les cultures (Smith, Pearce, Wolfe 2013). Des effets allopathiques de plantes présents dans la ligne d'arbres ou la ligne sous arborée, pourraient aussi limiter leur dissémination (Therond, Duru 2019).

Cependant, les arbres peuvent aussi favoriser les ravageurs : dans des parcelles sylvo-arables du Yorkshire ou dans les parcelles de maraîchage agroforestières de Vézénobres, les dommages causés par les limaces sont plus importants que dans les modalités sans arbres (Griffiths et al. 1998; Martin-Chave 2018). De même, dans des parcelles associant des fruitiers en agroforesterie, le carpocapse semble désavantagé par l'agroforesterie, alors que les pucerons sont plutôt favorisés (Masquin, Lauri, Cassagne 2022).

3. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

La bibliographie ne tranche pas sur l'influence des arbres sur l'activité-densité et sur la diversité des carabes, araignées, et staphylins dans le contexte méditerranéen qui est celui de l'étude. Dans le cadre du projet SAM « Systèmes Agroforestiers Méditerranéens » initié en 2018, des céréaliers en agroforesterie avaient évoqué le manque de références sur l'impact de l'agroforesterie sur la biodiversité auxiliaire dans la région.

L'ambition de ce stage – dans la continuité de 2 autres stages en 2020 et 2021 – est d'étudier l'impact d'une infrastructure agroécologique, les lignes d'arbres intra-parcellaires, sur les populations d'auxiliaires en contexte méditerranéen

Ce mémoire a été construit autour de la question suivante :

> Observe-t-on un effet des jeunes lignes d'arbres et de leurs lignes sous arborées sur la diversité et l'activité-densité des carabes, staphylins et araignées dans les systèmes agroforestiers céréaliers méditerranéens ?

Sous question 1 : Des différences d'activité-densité entre les modalités ont- elles été observées ? Sont-elles variables d'une année à l'autre ?

Hypothèse : L'activité densité des auxiliaires étudiés est plus importante dans la ligne arborée.

Sous question 2 : Observe-t-on des différences de communauté entre les différentes modalités ? Quels facteurs influencent le plus la diversité ?

Hypothèse : Les communautés de carabes et d'araignées sont plus diversifiées dans les modalités arborées.

Sous question 3 : La répartition entre les modalités est-elle semblable à celle observé en 2021 ? Les familles ou espèces piégées sont-elles les mêmes ? Les espèces dominantes sont-elles similaires ?

Hypothèse : Les espèces observées et les espèces dominantes sont différentes entre 2021 et 2022.

4. MATERIELS ET METHODES

LES PARCELLES

Figure 7 : Localisation et caractéristiques des parcelles étudiées

Les parcelles étudiées appartiennent à des agriculteurs en lien depuis longtemps avec le réseau CIVAM. Une partie d'entre eux se sont formés à l'agroforesterie via des formations organisées par le GR CIVAM PACA, par les réseaux CIVAM locaux et/ou souhaitaient suivre leur plantation sur la durée. Les cinq agriculteurs ont participé au programme SAM et trois d'entre eux sont adhérents de l'APAM. Au-delà de ce lien, la localisation des fermes permet de faire l'ensemble des suivis en une journée. Toutes les parcelles présentent des lignes d'arbres intra parcellaires jeunes implantées entre 2017 et 2021. Elles se sont donc imposées comme parcelles expérimentales pour l'étude lors de la création du protocole en 2020. Depuis, l'échantillon est resté le même.

Cependant, ce sont des parcelles très différentes (cf Annexe 1). L'enjeu n'est donc pas de comparer les parcelles entre elles mais plutôt de compléter les références méditerranéennes sur l'impact de jeunes arbres sur la biodiversité fonctionnelle. Ces données pourront être complétées sur le long terme afin d'avoir une vision de l'évolution de la biodiversité dans ces parcelles sur le long terme, à l'image d'autres parcelles expérimentales comme celle de Vézénobres (30) ou de Restinclières (34). D'autre part, ces données sont une base de discussion intéressante avec les porteurs de projets agroforestiers avec lesquels travaille le GR CIVAM PACA. Pendant la saison de suivis, un contact régulier est maintenu avec les agriculteurs afin de suivre les différentes interventions sur les parcelles. Cela permet de choisir des semaines de piégeages où rien ne pourra endommager les pots, mais aussi d'avoir connaissance des opérations qui pourraient impacter la biodiversité.

Figure 9: Parcelle de Valensole-P, la ligne d'arbres, la ripisylve et le petit épeautre

Figure 10: Parcelle de Vinon-G : La ligne d'arbres et la féverole

Figure 11 : Parcelle de Forcalquier-H : la parcelle, la bordure arborée et le blé

Figure 12: Parcelle de Beaurecueil-M : Le verger, la luzerne, la parcelle et une ligne d'arbres

Figure 8 : Parcelle Ste Baume -C : La parcelle et la ligne d'arbres

PIEGEAGES AU POT BARBER

La méthode du « pot Barber » permet de piéger les arthropodes épigés mobiles dont les araignées, les carabes, et les staphylins. Il s'agit d'un piège passif, aléatoire et destructif, très utilisé pour ce type de suivis (Auximore 2014). Cette méthode de piégeage, simple d'installation et d'utilisation, présente l'avantage d'aboutir à des insectes identifiables jusqu'à l'espèce (Martin 2014).

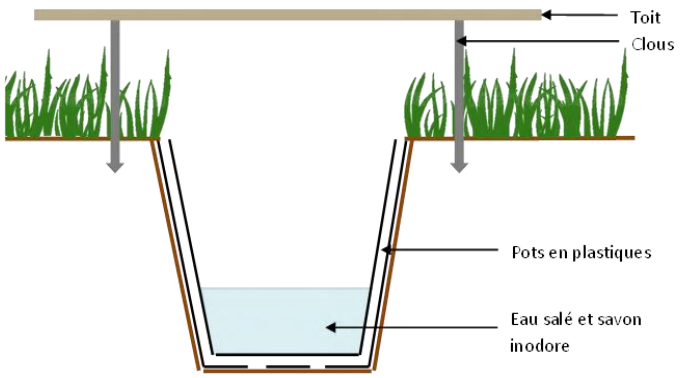


Schéma de piège barber.

La contrainte principale de cette méthode est le temps d'identification important. De plus, les pots sont susceptibles de capturer de la faune prédatrice des espèces ciblées ou de se faire détruire par dugibier ce qui fausse l'interprétation (Martin 2014). D'autres limites de cette méthode seront détailléesen discussion. En 2022, 5 suivis ont été réalisés, du 6 au 13 avril, du 5 au 12 mai, du 9 au 16 juin, du 5 au 12 juillet et entre le 28 juillet et le 4 août.

PLAN D'ECHANTILLONNAGE

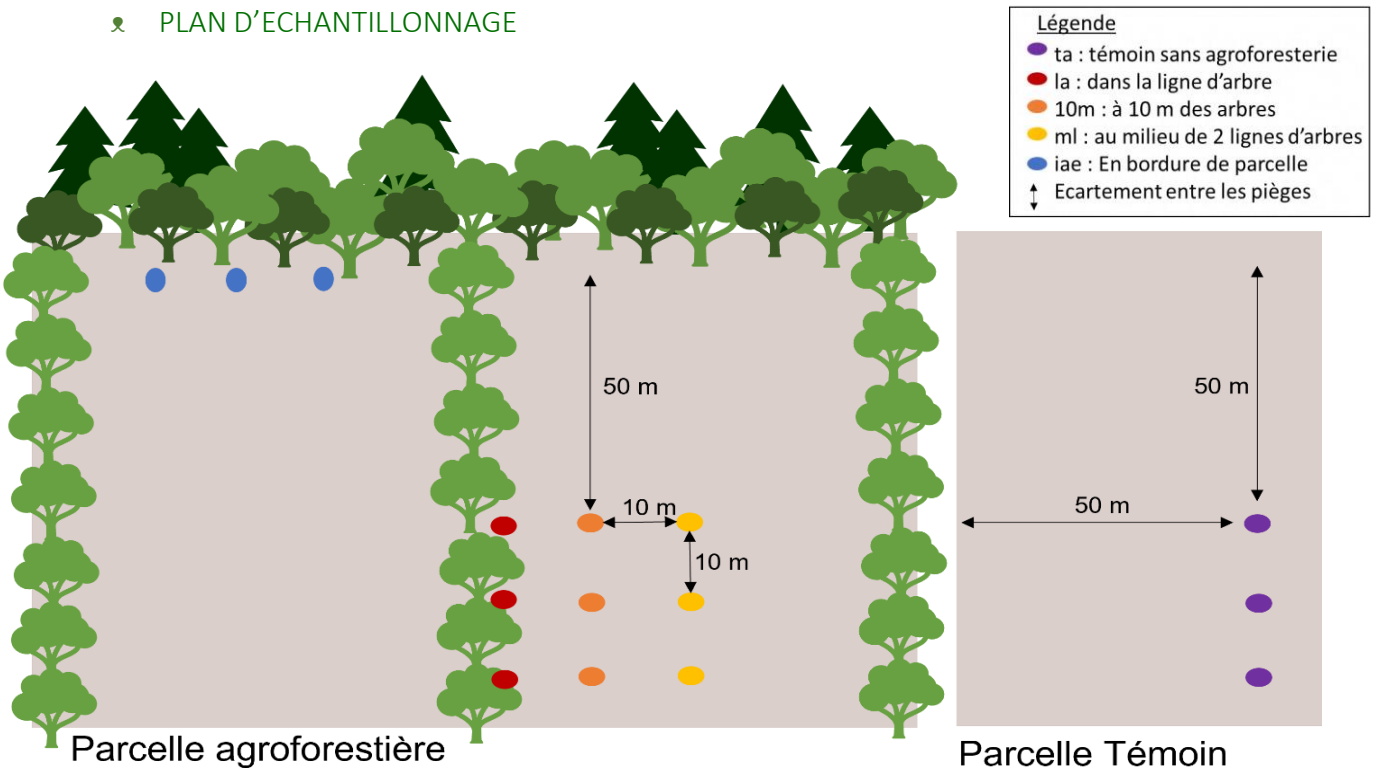


Figure 14 : Schéma de l'emplacement des pièges en fonction des modalités dans une parcelle type.

Pour appréhender la dynamique des auxiliaires dans les parcelles, cinq habitats ont été étudiés : sous la ligne d'arbres dans la bande enherbée, dans la zone cultivée à 10m de la ligne d'arbres, dans la zone cultivée à équidistance de deux lignes d'arbres, dans un témoin cultivé sans arbre avec le même itinéraire technique que la parcelle agroforestière, et dans une infrastructure agroécologique bordant le champ. Dans chaque modalité, 3 répétitions sont effectuées. Pour assurer une continuité dans

l'étude, et pouvoir comparer les années entre elles, le protocole utilisé en 2022 est le même que celui mis en place en 2021.

Pour éviter que les populations d'arthropodes des différents habitats ne soient influencées les unes par les autres et en prenant en compte que les carabes se déplacent pour les plus rapides de 40m/j selon Brouwer et Newton 2009 cités dans Ferrer 2021., les pots ont été placés à au moins 50m des limites de parcelle. Il faut aussi que les pièges soient écartés de 10m pour limiter les interactions entre les pots (Digweed 1995 cité dans Schirmel et al. 2010).

La modalité ligne d'arbres, notée « la » rend compte des populations présentes dans cet habitat semi-naturel constitué des arbres et de la bande enherbée.

Les relevés à 10 m de la ligne (« 10m ») et au milieu de l'inter-rang (« mil ») mesurent l'impact des lignes d'arbres sur les communautés de la zone cultivée. La modalité milieu d'inter-rang a été supprimée dans la parcelle Forcalquier-H : l'inter-rang de 9m ne permet pas une indépendance des pots entre eux. Pour compenser le faible nombre de pièges de cette parcelle, la modalité ligne d'arbres a été étudiée dans deux lignes d'arbres différentes. Pour la même raison, la modalité à 10m de la ligne d'arbres n'est possible que dans les parcelles où l'interligne est supérieur à 40m : les parcelles Valensole-P et Vinon-G. La modalité « iae » ou infrastructure agroécologique, est constituée d'éléments représentatifs du paysage qui entourent la parcelle. Cette « bordure » est différente pour chaque parcelle : A Valensole-P, il s'agit d'une ripisylve. A Forcalquier-H c'est une zone arborée et enherbée. A Ste-Baume-C, les pièges sont à la lisière de la forêt de la Sainte Baume. A Beaurecueil – M la parcelle est séparée en trois parties : des céréales pures, de l'agroforesterie céréales/amandiers et un verger d'amandiers où sont placés les pièges de la modalité « bordure ». La parcelle Vinon-G est située dans un paysage d'openfield où aucune bordure n'a pu être identifiée. En 2022, la parcelle Beaurecueil-M est la seule à pouvoir constituer un témoin agricole car le dispositif a été imaginé dès la conception pour pouvoir comparer les modes de culture. La figure 14 ci-dessous récapitule le nombre de pots installés par parcelle et par modalité lors de chaque suivi.

	Ligne d'arbre	10m de la ligne	Milieu inter-rang	Élément paysager proche	Témoin agricole	Total / parcelles
Ste Baume -c	3 Haie mélifère		3 (à 8m des arbres)	3 Lisière de la forêt de la Sainte Baume		9
Forcalquier -H	6 Bois d'œuvre			3 Bordure arborée		9
Vinon - G	3 Haies brises vent	3	3 (à 36 m)			9
Valensole-P	3 Bois d'œuvre	3	3 (à 22m)	3 Ripisylve de l'Asse		12
Beaurecueil - m	3 Amandiers		3 (à 12,5m)	3 verger d'amandier	3	12
Total / modalité	18	6	12	12	3	51

Figure 15 : tableau récapitulatif du nombre de pièges posés par modalité dans chaque parcelle

IDENTIFICATION

Les staphylins ont été catégorisés uniquement en fonction de leur taille qui semble corrélée aux différents groupes fonctionnels de la famille. (Bohac 1999 ; Masson 2018). En Europe, leur taille varie de 1 à 40 mm. Pour les classer, dans la continuité du stage de 2021, 3 classes ont été définies : inférieurs à 1cm, entre 1cm et 1,5cm et supérieurs à 1,5cm.

Pour les araignées, le choix a été fait d'identifier seulement jusqu'à la famille en se concentrant sur les familles majoritaires dans le milieu agricole, à savoir : Gnaphosidae, Lycosidae, Salticidae, Thomisidae et Linyphiidae et autres petites araignées. En 2021, seules les familles Lycosidae, Linyphiidae et Gnaphosidae avaient été retenues. Pour les identifier, la clé présentée dans le livre « A la découverte des araignées » (Canard, Rollard 2015) a principalement été utilisée. En cas de doute, la clé en ligne de Nentwig (2015) a permis de confirmer l'identification.

Pour les carabes il est commun d'identifier leur espèce. Pour cela, le choix s'est porté sur la clé en ligne CarabAgri.com développée par l'INRA de Toulouse sur la base de la clé Armorique de Jean-Luc Roger (INRA 2015). Pour la compléter, les clés (Trautner, Geigemüller 1987), (Hackston 2013) et parfois (Jeannel 1941; 1942) ont été utilisées.

STATISTIQUES

Afin d'avoir un maximum de résultats, les données de 2021 et de 2022 ont été étudiées ensemble. Les données d'activité densité ont été normalisées via un logarithme puis étudiées avec des ANOVA * et des tests de tukey. Pour ce qui est des données relatives aux espèces, elles ont été analysées grâce à un ensemble d'AFC*. L'ensemble des traitements a été réalisé sur le logiciel R studio.

Pour l'analyse statistique, la modalité témoin agricole a été écartée en raison du nombre trop faible de données sur la parcelle possédant un témoin: 40% des pots manquant sur les deux ans (cf Annexe 2). Par ailleurs, le mois d'août 2022 ne figurera pas dans cette analyse non plus car les résultats de l'identification n'ont été obtenus que deux semaines avant la fin du stage. Ce laps de temps a été jugé trop court pour les intégrer aux données.

ANALYSE DE LA BIODIVERSITE

Les indices de biodiversité ont été choisis dans la continuité de l'étude menée en 2021. A savoir :

-**L'activité-densité (AD**). Le terme abondance est plus communément utilisé et se définit comme le nombre d'individus par classe, famille, ou espèce dans un milieu donné. (Marsden et al. 2020). En l'occurrence, les arthropodes tombent dans les pièges Barber, non pas uniquement s'ils sont là, mais aussi s'ils sont en mouvement. Une espèce très présente mais en dormance ne se retrouvera pas dans les pièges. C'est pourquoi le terme d'**activité-densité** est préféré à l'abondance dans ce mémoire (Lebourgeois, De Montaigne, Robert 2014).

- **La richesse taxonomique (S)** ou richesse spécifique est le nombre d'espèces présentes dans un milieu. Il permet d'évaluer la diversité d'arthropodes présents.

Pour la mesure de la diversité, ce sont les indices de Shannon et de Piélou qui sont le plus communément étudiés (Marsden et al. 2020).

- L'**Indice de Shannon (H')** est un indice de diversité. Il prend en compte le nombre, mais aussi la distribution des espèces dans l'échantillon. Il permet d'exprimer la diversité spécifique. Plus il est proche de 0, plus l'échantillon est homogène. Si H'=0 c'est qu'il n'est composé que d'une espèce. Quand H' tend vers 0, l'espèce en question domine très largement (Grall,, Coïc 2003).

Ainsi :

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \log p_i$$

pi = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : pi = ni/N.

S = nombre total d'espèces.

ni = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

H' varie entre 0 et H 'max=log(S), la diversité maximale (où S=nombre d'espèces du peuplement) qui représente une répartition uniforme de toutes les espèces présentes (Lebourgeois, De Montaigne, Robert 2014).

- **Indice d'équitabilité de Piélou (J')** est un indice qui permet d'évaluer la répartition des individus dans les espèces en éliminant l'effet de la richesse spécifique. Il est défini par**J'= H'/H'max,** et varie entre 1 (répartition parfaitement équitable entre les individus des différentes espèces) et 0 (dominance d'une espèce). (Grall, Coïc 2003)

Ces deux derniers indices sont dépendants de la taille des échantillons et des habitats (Grall,, Coïc 2003).

5. RESULTATS

Dans cette partie et les suivantes, l'activité densité sera notée AD, la richesse spécifique S et l'indice de Pièlou J. Un tableau récapitulant ces indices par modalité, en fonction de l'année et des parcelles est présenté en Annexe 6 page 68

DESCRIPTION GENERALE DES RESULTATS

Sur deux ans, 540 pots barber ont été posés et 460 ont été récupérés, le détail des pièges détruits est consigné dans un tableau en Annexe 6.

4093 araignées, 577 staphylins et 1304 carabes ont été piégés. La répartition des captures entre 2021 et 2022 est exposée dans le tableau ci-dessous : plus d'arthropodes ont été capturés en 2022 qu'en 2023. Pour les carabes, 49 espèces ont été observées, dont 36 en 2021 et 44 en 2022 (cf : Annexe 11).

La parcelle P est celle dans laquelle le plus de carabes et d'araignées ont été piégés. A l'inverse, c'est dans la parcelle M que le moins d'arthropodes, particulièrement pour les carabes. Seul 11 staphylins ont été capturés dans la parcelle H.

		2021	2022	Total
Araignée	P	166	598	764
	H	96	252	348
	C	338	312	650
	G	345	289	634
	M	134	38	172
Staphylins	P	34	131	165
	H	11	0	11
	C	29	134	163
	G	16	115	131
	M	10	38	48
Carabes	P	166	338	504
	H	79	79	158
	C	117	106	223
	G	83	106	189
	M	48	19	67
Araignée		1079	1489	2568
Staphylins		100	418	518
Carabes		493	648	1141

Figure 16 : Somme des d'arthropodes piégés par parcelle en fonction desmodalités

SOUS QUESTION N°1 : DES DIFFERENCES D'ACTIVITE-DENSITE ENTRE LES MODALITES ONT-ELLES ETE OBSERVEES ? SONT-ELLES VARIABLES D'UNE ANNEE A L'AUTRE ?

Le seuil de significativité est fixé à 0,05.

Araignées

Rien ne permet de mettre en avant de différences significatives concernant l'AD des araignées sur toutes les parcelles ensembles (cf Annexe 10).

Pour la parcelle H, l'AD des araignées est très significativement supérieur dans la modalité « iae » en 2021 (α= 0.002747) et sur les 2 ans (α= 0.006136*). En 2022 la même tendance est observable mais sa significativité n'est pas prouvée (cf : Figure 18)

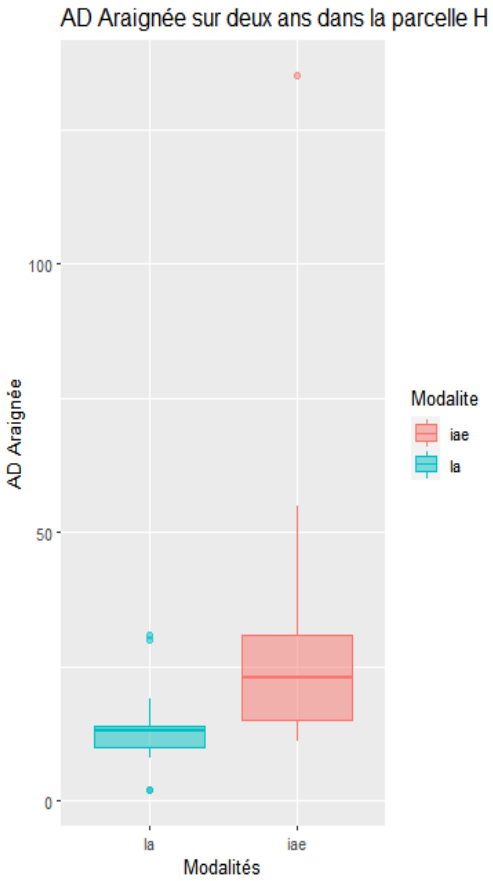
Dans la parcelle C, la seule nuance significative est en 2021 : dans la modalité « iae » l'AD des araignées est significativement inférieure. En revanche, sur les 2 ans et en 2022, rien n'est significatif. (cf Figure 19

Pour les autres parcelles, les Anova * ne permettent de mettre en évidence aucune différence significative. Cependant, dans les graphiques en Annexe 10, l'AD des araignées semble plus importante dans la modalité « la » en 2022 pour les parcelles P et G. Dans la parcelle M aucune tendance n'apparaît (cf Annexe 8).

Conclusion Araignées Il n'y a pas d'unité dans les résultats entre les parcelles. Dans la parcelle H, l'AD des araignées est supérieure dans la modalité « iae » tandis que l'inverse est observé dans la parcelle C. Dans les autres parcelles aucun résultat n'est significatif, mais les araignées ont tendance à avoir une AD supérieure dans les lignes d'arbres.

p-value des ANOVA	AD Carabes		
	Total	2021	2022
Toutes Parcelles	0.04535 *	0.2046	0.3174
Parcelle H	0.00819 **	0.06074 .	0.0952 .
Parcelle C	0.1002	0.6433	0.06751 .
Parcelle P	0.3695	0.5752	0.635
Parcelle G	0.98	0.1627	0.7623
Parcelle M	0.5628	0.9089	0.2044
Signif. codes: '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1			

Figure 17 : Tableau récapitulatif de l'ANOVA de l'activité densité des carabes en fonction de l'année et de la parcelle



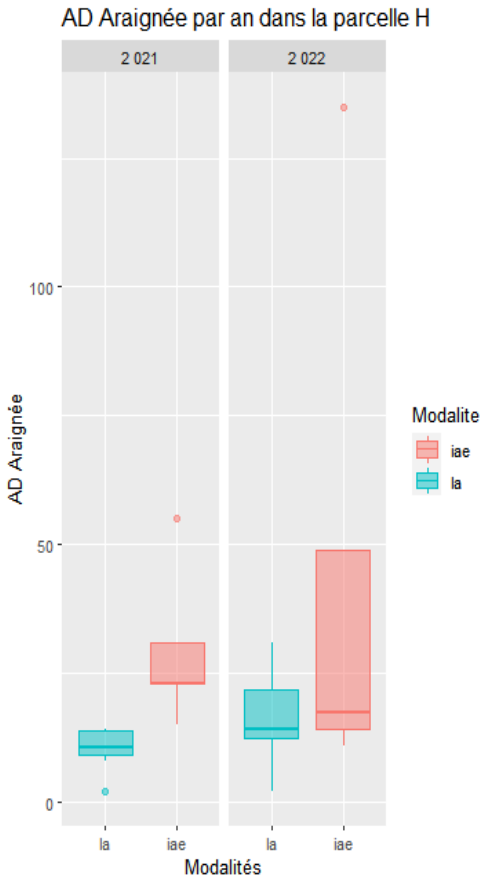


Figure 18 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle H).

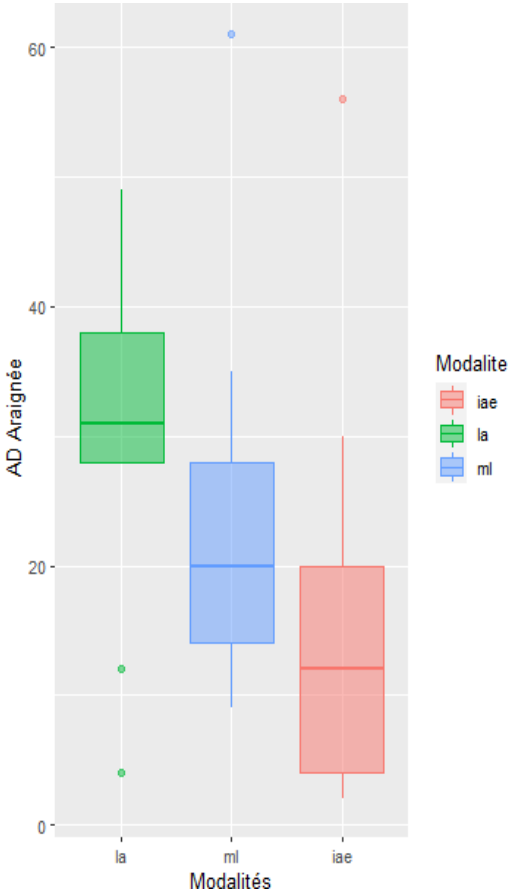
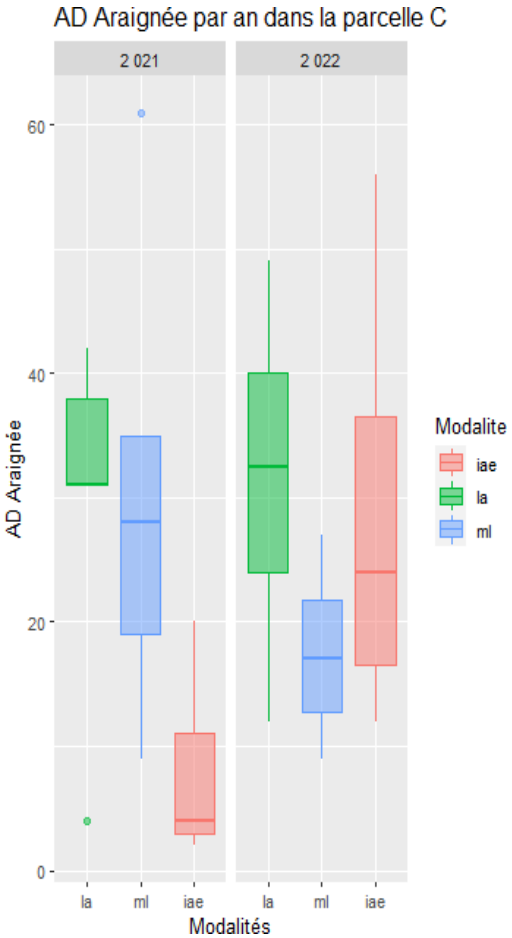


Figure 19 : AD des araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle C



Carabes

Toutes les parcelles : Dans un premier temps, les données ont été étudiées par modalité en combinant les résultats de toutes les parcelles. L'ANOVA * met en avant une différence significative de l'AD des carabes lorsque les années sont analysées ensemble (α=0,04535*, cf : Figure 22). Cependant, ni la lecture des graphiques ni les tests de Tukey *ne permettent d'identifier quelles modalités ont des AD différentes (Cf Annexe 7 : Résultats des tests de Tuckey pour AD des carabes dans la parcelle H.).

Parcelle H : L'activité densité des carabes est supérieure dans la modalité « la » très significativement sur deux ans (α=0,00819*). La différence est presque significative en 2021 (α=0.0674) et en 2022 (α=0.0952). Le graphique illustratif (Figure 21) et les tests de tukey *(Cf Annexe 7) confirment ce constat.

Parcelle C : l'ANOVA* met en avant des différences presque significatives pour l'année 2022 (α=0.06751). Les boxplots permettent d'identifier que l'AD dans la modalité « iae » est plus importante que les autres. Lorsque les deux années sont étudiées conjointement, dans la modalité « la » l'AD des carabes est plus haute que dans la modalité « milieu ». Cependant la p-value de l'ANOVA * est faible mais non significative (α=0.1002, Cf : Figure 20). Cette remarque est donc considérée comme une tendance (cf : Annexe 8).

Pour les trois autres parcelles, G, P et M, l'ANOVA* n'a pas permis d'isoler d'effet significatif des modalités sur l'AD des carabes. Cependant, des tendances peuvent être conjecturées sur la base des graphiques (cf Figure 23 et Annexe 8). Dans la parcelle P, l'AD des carabes dans la modalité « la » semble plus importante en 2022 et quand les deux années sont réunies (Figure 22). Dans la parcelle M, une tendance similaire est notable en 2021, en 2022 et lorsque les deux années sont réunies (Annexe 8). Dans la parcelle G, aucun effet des modalités sur l'AD des carabes n'est observé (Annexe 8)

Conclusion carabes

De manière globale, les carabes semblent plus présents dans les modalités arborées : dans la modalité « iae » dans la parcelle C et dans la ligne d'arbres des autres parcelles. L'AD dans la modalité « la » est statistiquement supérieure uniquement dans la parcelle H mais les parcelles M et P suivent la même tendance. L'AD dans la modalité « iae » est significativement plus importante dans la parcelle C et plus faible dans la parcelle H. Il n'y a pas de différence notable entre les modalités 10m et milieu.

*Figure 20: Tableau récapitulatif des p-value des ANOVA * de l'AD des carabes en fonction des modalités*

p-value des ANOVA	AD Carabes		
	Total	2021	2022
Toutes Parcelles	0.04535 *	0.2046	0.3174
Parcelle H	0.00819 **	0.06074 .	0.0952 .
Parcelle C	0.1002	0.6433	0.06751 .
Parcelle P	0.3695	0.5752	0.635
Parcelle G	0.98	0.1627	0.7623
Parcelle M	0.5628	0.9089	0.2044
Signif. codes: '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1			

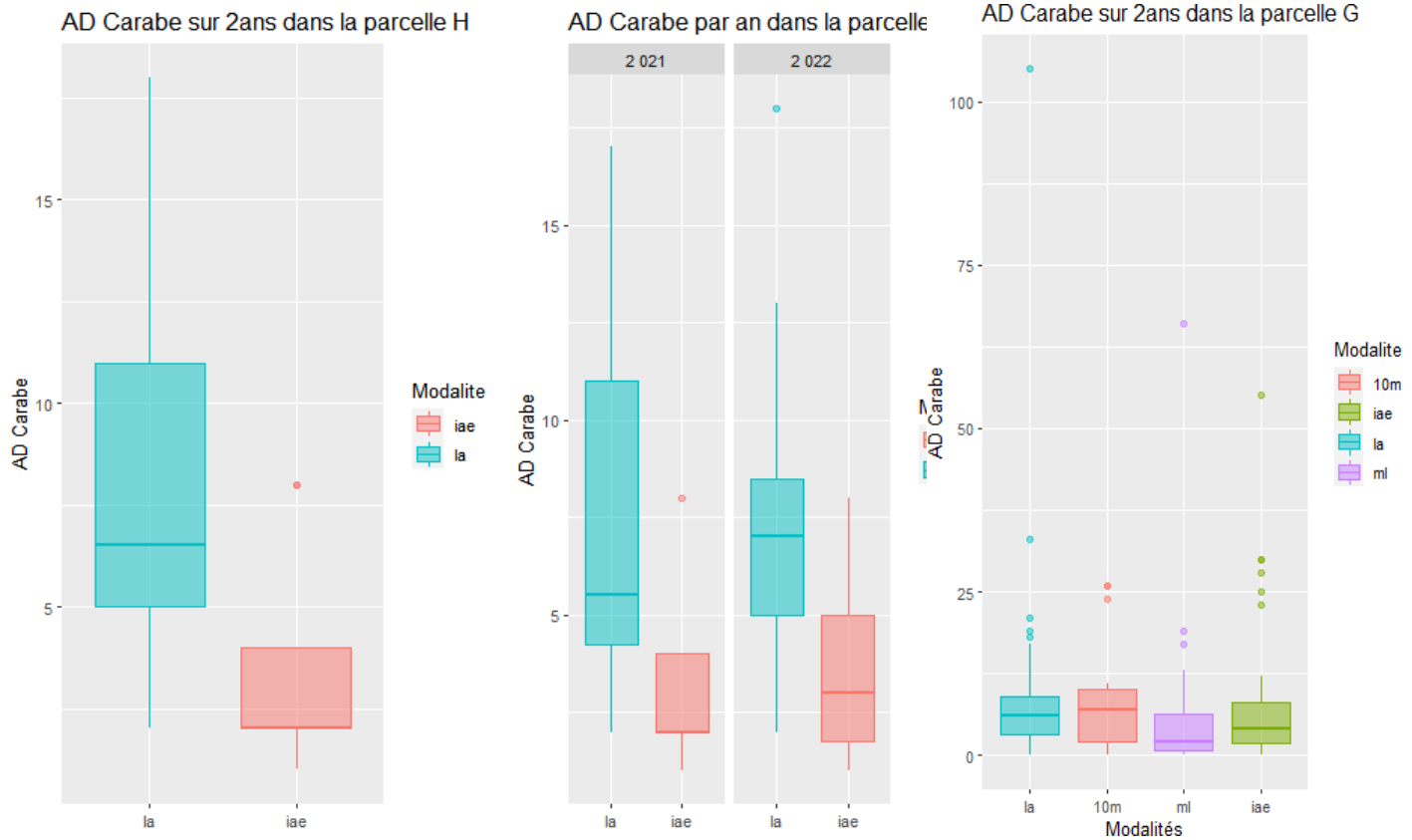


Figure 21 : AD des carabes en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle H

Figure 22 : AD des carabes en fonction des modalités set de l'année pour toutes les parcelles confondues

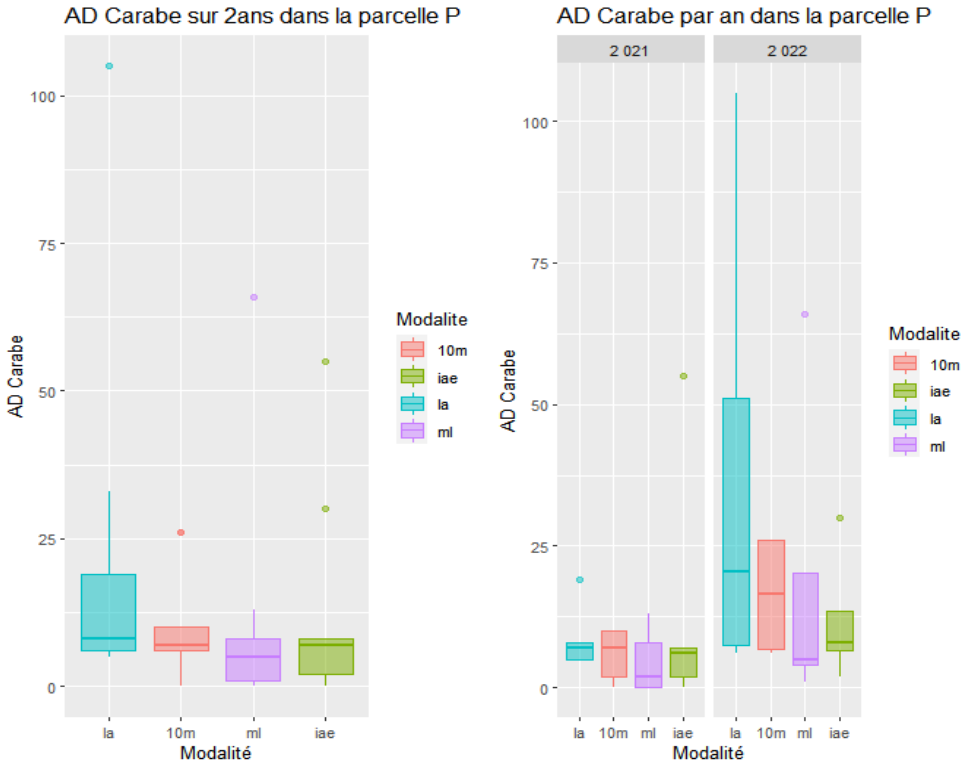


Figure 23 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle P.

Staphylins

Le nombre de staphylins capturés est faible. L'analyse statistique est donc moins pertinente. Pour cette raison, seule l'analyse de l'AD a été réalisée, l'analyse de la diversité n'a pas semblé pertinente. Par ailleurs, la parcelle H n'a pas été étudiée ici, car seuls 11 staphylins y ont été capturés en 2 ans. En étudiant toutes les parcelles confondues, aucune différence significative d'AD des staphylins n'est observable. Aucune tendance ne peut être pressentie non plus à l'aide du graphique.

p-value des ANOVA	AD Staphylins		
	Total	2021	2022
Toutes Parcelles	0.8513	0.5857	0.9906
Parcelle P	0.04531 *	0.1694	0.1772
Parcelle C	0.751	0.908	0.07196 .
Parcelle M	0.4201	0.2465	0.4791
Parcelle G	0.9216	0.9403	0.7902
Signif. codes: '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1			

*Figure 24 : Tableau récapitulatif des p-value des ANOVA * de l'AD des carabes en fonction des modalités ANOVA **

Parcelle P : l'AD des staphylins est significativement plus importante dans la modalité « la » lorsque les 2 années de suivi sont confondues (α=0.04531*). En 2021, et en 2022 malgré des tendances observables sur les graphiques, l'AD des staphylins n'est pas significativement supérieure dans la modalité « la » (respectivement α=0.1694 et α=0.1772) (Cf : Annexe 10).

Parcelle C : en 2022, l'AD des staphylins est significativement plus faible dans la modalité « ml » (α=0,07196). En revanche, rien ne peut être conclu en 2021 ni pour les 2 années confondues (cf Figure 26)

Parcelles G et M : aucune différence significative n'est mise en avant par l'ANOVA*, mais le graphique révèle une AD qui semble plus importante en 2022 dans la ligne d'arbres dans la parcelle M. (cf Figure 25 et Annexe 10)

Conclusion staphylin :

Les effectifs sont très faibles, ce qui rend les conclusions difficiles à interpréter. Néanmoins, les staphylins sont plus nombreux à avoir été capturés dans la modalité « la » de la parcelle P. L'AD des staphylins est plus faible dans la modalité « milieu d'inter-rang » de la parcelle C

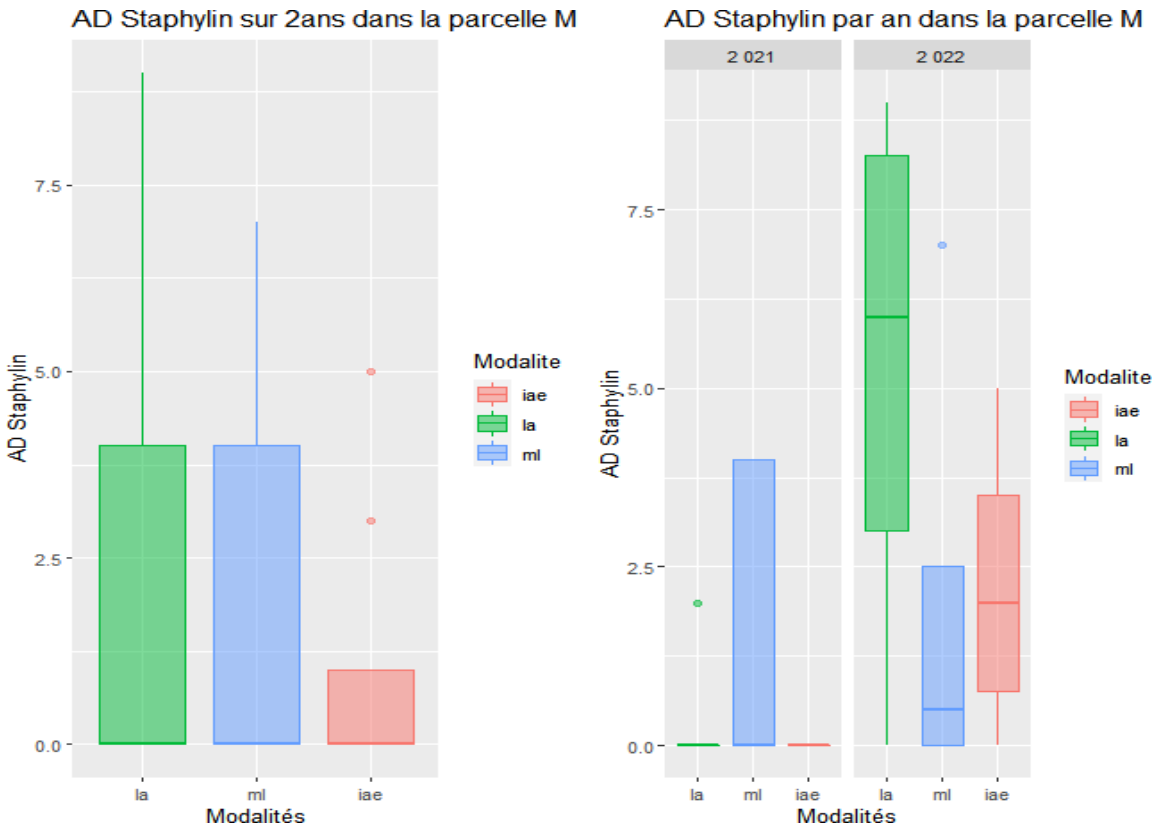


Figure 25: AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle H

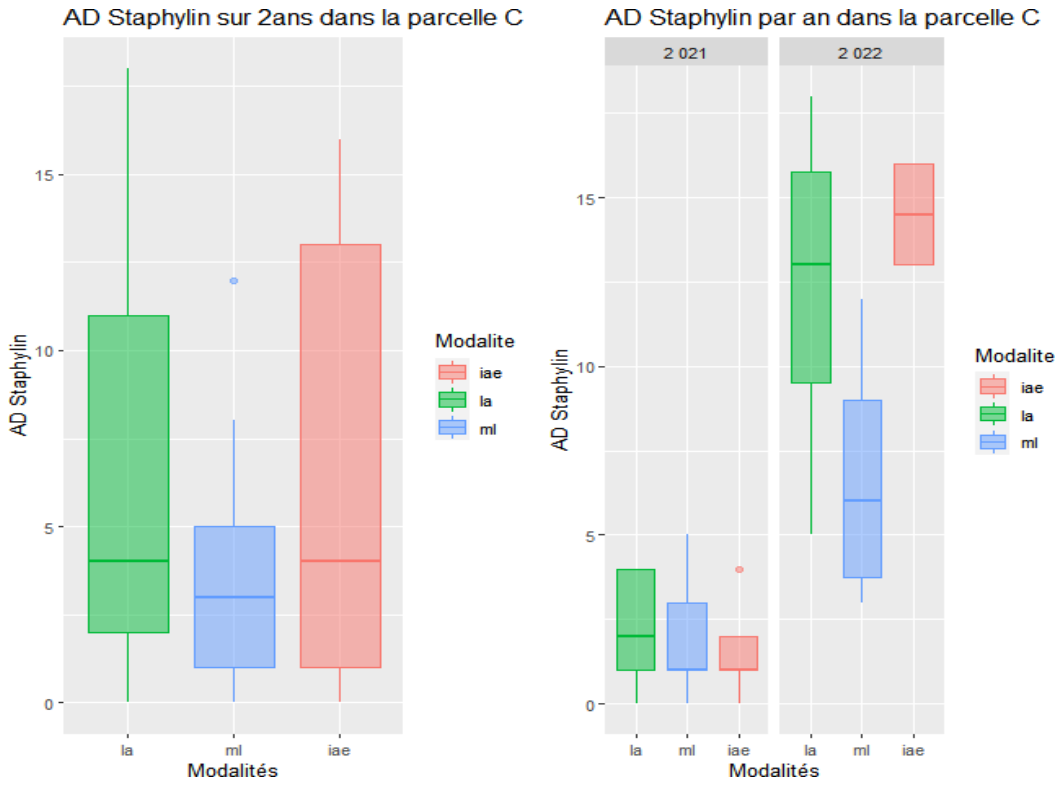


Figure 26 : AD des Araignées en fonction des modalités et de l'année pour la parcelle C

Conclusion de la sous question 1 : des différences d'Activité Densité entre les modalités ont-elles été observées ? Sont-elles variables d'une année à l'autre ?

Des différences sont observées entre modalités, mais elles ne sont pas systématiquement significatives, de même pour l'année.

Pour les araignées, aucune tendance n'apparaît lorsque les parcelles sont étudiées ensembles. Néanmoins :

- Dans la parcelle H, l'AD des araignées est très significativement plus importante dans la ligne d'arbres que dans la modalité « iae » (bordure arborée).
- Dans la parcelle C, l'AD des araignées est significativement inférieure dans la modalité «iae »
- Dans les parcelles P et G, il semble y avoir une tendance où l'AD des araignées est supérieure dans la ligne d'arbres (non significatif)

Les araignées semblent plus présentes au sein de la parcelle plutôt qu'en bordure, et l'AD de celles-ci parait plus importante dans la ligne d'arbres dans l'ensemble des parcelles.

Pour les carabes, malgré une tendance globale difficile à analyser, les rares différences significatives entre les modalités suggèrent une AD plus importante dans les modalités arborées :

- dans la parcelle H, l'AD des carabes est très significativement plus importante dans les lignes d'arbres que dans la bordure
- dans les parcelles P et M, l'AD des carabes semble plus importante dans les lignes d'arbres que dans la modalité ml.
- dans la Parcelle C, l'AD des carabes est significativement supérieure dans la bordure arborée en 2022 et sur les deux ans et semble l'être en 2021.

Pour les staphylins, aucune tendance générale n'est observée. En revanche, à l'échelle de la parcelle certains résultats sont notables :

- dans la parcelle P, l'AD des staphylins est significativement supérieure dans la ligne d'arbres qu'ailleurs dans la parcelle lorsque les deux années sont réunies. Une tendance similaire est observée en 2021 et en 2022 séparément mais non significative
- dans la parcelle C, l'AD des staphylins est significativement inférieure dans la modalité « milieu d'inter-rang »
- dans la parcelle M, les graphiques laissent penser que l'AD des staphylins est plus élevée dans la ligne d'arbres (non significatif).

A priori, les staphylins sont moins présents dans les zones cultivées des parcelles.

:Tableau synthétique des indices de biodiversité par modalité en fonction des parcelles et de l'année

Année	Indice	parcelle	la	10m	mil	iae	moyenne
2021	AD	P	44	29	23	70	166
		H	79			17	79
		C	26		34	57	117
		G	31	32	20		83
		M	13		3	32	48
	Richesse spécifique	P	10	9	6	5	14
		H	12			7	15
		C	9		7	7	19
		G	14	7	6		15
		M	7		3	5	10
	Shanon	P	0.35665652	0.26043556	0.09522255	0.13398134	0.211574
		H	0.346085			0.210721	0.3009637
		C	0.3169077		0.1819402	0.1126590	0.2038356
		G	0.3917537	0.3093302	0.3438292		0.3483044
		M	0.2709570		0.0301030	0.1169598	0.1393399
	Piélou	P	0.42680	0.40974	0.09234	0.26408	0.29824
		H	0.51589			0.55	0.52726
		C	0.45142		0.27420	0.13028	0.2853
		G	0.48470	0.38684	0.58608		0.4858733
		M	0.42998	0.16842		0.1	0.2328
2022	AD	P	152	61	77	48	338
		H	64			15	79
		C	28		14	64	106
		G	38	33	35		106
		M	13		1	5	19
	Richesse spécifique	P	17	12	15	9	25
		H	18			6	21
		C	9		7	19	22
		G	10	8	7		15
		M	9		1	3	12
	Shanon	P	0.5415552	0.4365194	0.2217617	0.3664039	0.3915601
		H	0.3921752			0.1587988	0.314383
		C	0.3130529		0.1823891	0.5551901	0.3502107
		G	0.3501723	0.3158119	0.2868041		0.3175961
		M	0.1855472		0	0	0.0618490
	Piélou	P	0.522175	0.390125	0.214250	0.539700	0.4165625
		H	0.4568375			0.2096250	0.3744333
		C	0.319000		0.316125	0.514425	0.3831833
		G	0.354125	0.481750	0.290650		0.3755083
		M	0.277775	0		0	0.092509167

SOUS QUESTION 2 : LES COMMUNAUTES SONT-ELLES DIFFERENTES ENTREMODALITES ? QUELS FACTEURS INFLUENT LE PLUS SUR LA DIVERSITE ?

Araignées

Les deux années ont d'abord été observées conjointement. Aucun effet de la parcelle ni des modalités n'ont été observés. En revanche, l'année et le mois de suivi sont très discriminants. En 2021, les données sonttrès influencées par les Lycosidae et les Linyphiidae, et un peu moins par les Gnaphosidae et les autres.En 2022, les données sont plus dispersées entre les familles.

Une explication plausible réside dans le mode d'identification. En effet, en 2021, seules 3 familles d'araignées étaient cherchées (Lycosidaes, Linyphiidae et Gnaphosidae) et en 2022 les Thomisidae et les Salticidae ont été ajoutées. Pour la suite il a paru plus pertinent de se concentrer uniquement sur l'analyse de l'année 2022.

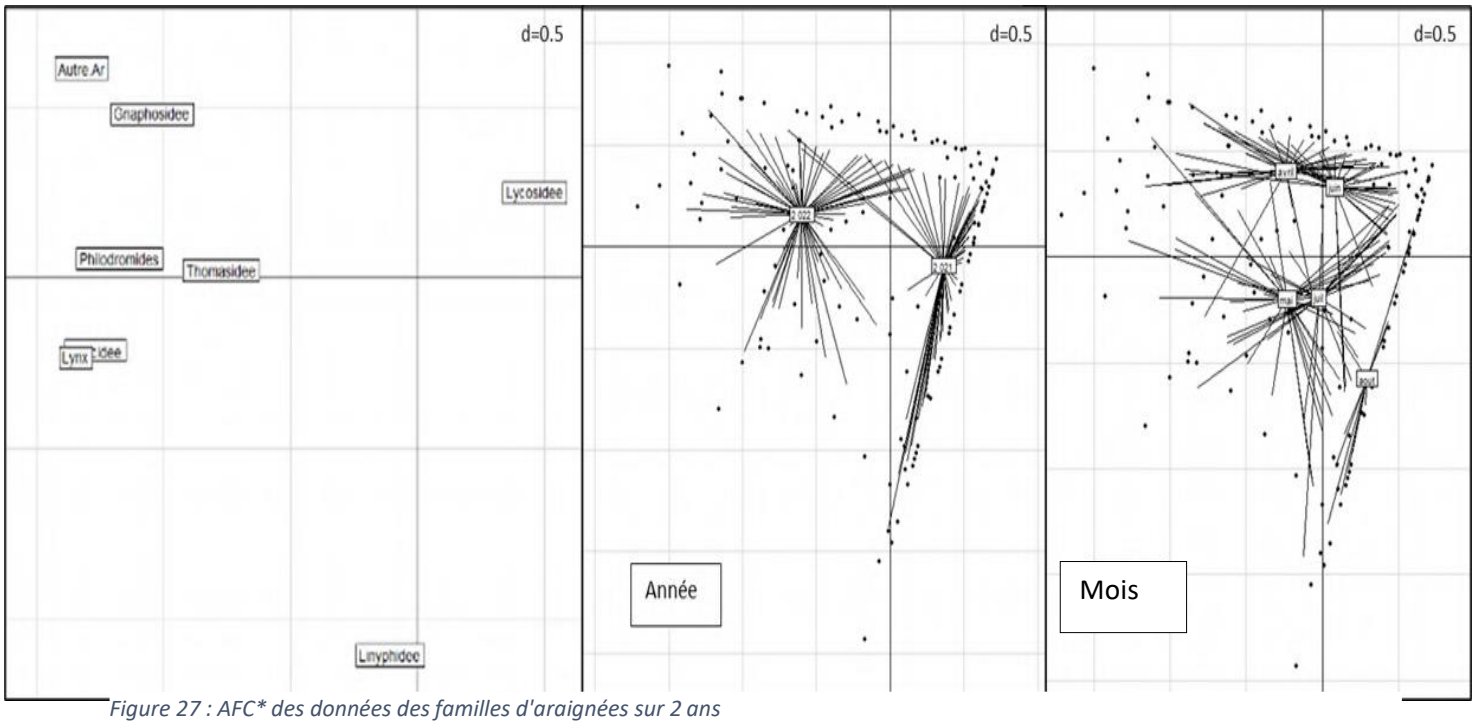


Figure 27 : AFC des données des familles d'araignées sur 2 ans*

Le barplot des valeurs propres de l'AFC* des araignées comporte 5 axes (Annexe 5). Néanmoins, seuls les axes 1 et 2 ont été étudiés. En effet, l'étude des axes 3 et 4 n'apporte pas d'informations supplémentaires concernant 4 facteurs étudiés comparés aux axes 1 et 2. Et l'axe 5 a un poids minime dans l'explication des données.

Dans l'AFC* de l'année 2022 seule, le facteur « mois » semble le plus discriminant. Les communautés du mois de juin sont impactée Lycosidae, Thomisidae, Gnaphosidae, autre Ar. Au mois de juillet, une grandeproportion de Linyphiidae et de Salticidae a été observée. Pendant les autres mois, les familles d'araignées étaient plus diversifiées.

Aucune tendance ne se dégage avec les facteurs « modalité » et « parcelle » indépendamment ou regroupés. Pour les araignées, les communautés sont différentes dans les deux sous parcelles H et H2. Ce résultat ne permet pas de conclure quoi que ce soit étant donné que la sous parcelle H contient les modalités iae et la tandis que H2 n'a que la.

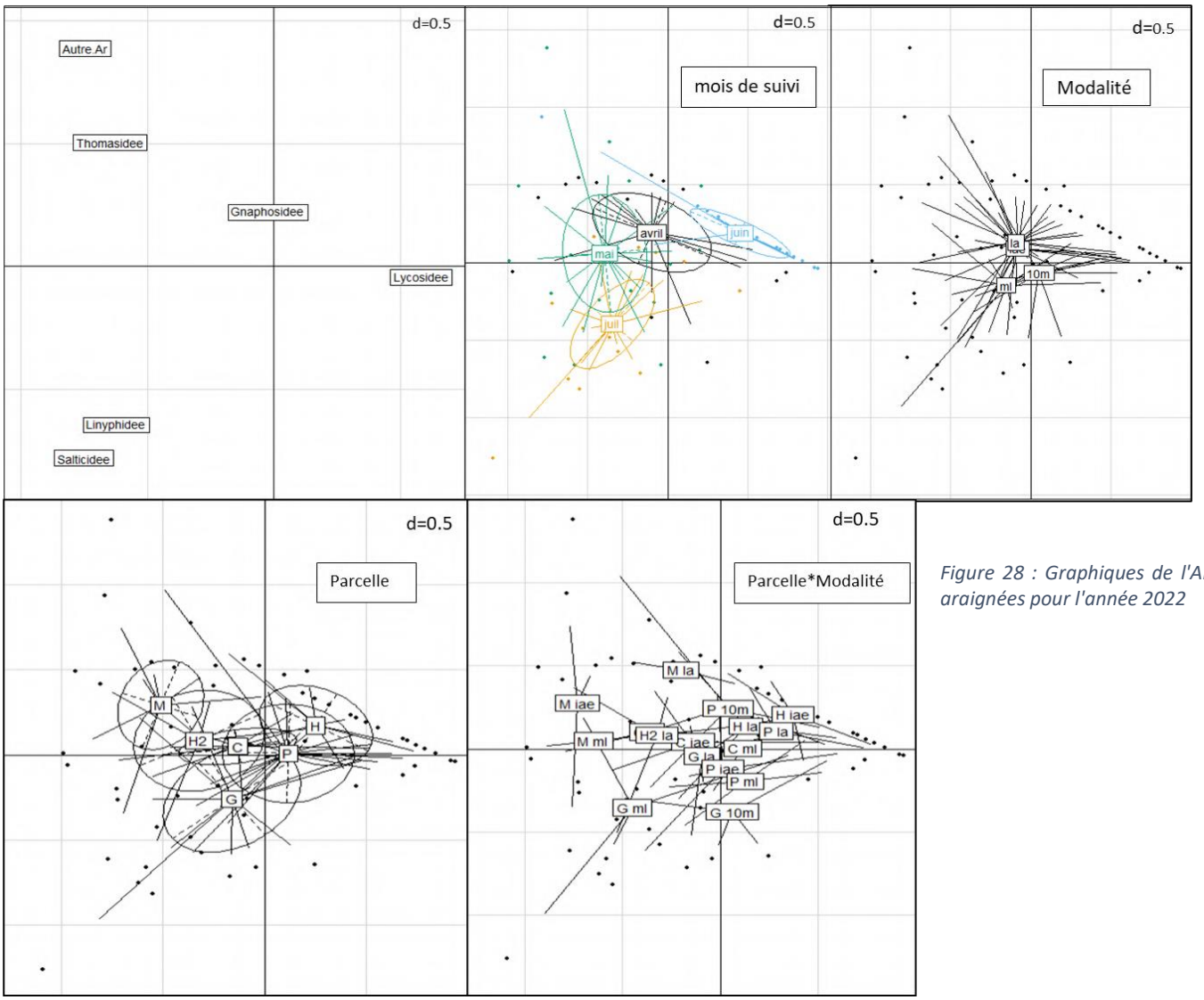


Figure 28 : Graphiques de l'AFC araignées pour l'année 2022*

Conclusion des AFC* : Les modalités ne sont pas le facteur impactant le plus la diversité des peuplements de carabes et d'araignées. Les données sur les carabes sont plus influencées par la parcelle que par les autres facteurs. Les peuplements des parcelles C et M sont à part des autres, les points de celles-ci tendent vers des espèces observées uniquement ou presque dans la parcelle. Combinés à la parcelle, les facteurs « année » et « modalité » permettent de voir d'autre nuances, comme la spécificité de la modalité « iae » de la parcelle C. Pour les araignées, la répartition des familles est majoritairement influencée par l'année de piègeage. Comme expliqué plus haut, c'est trèssûrement dû à un changement de méthode d'identification. En 2022, les données sont peu influencéespar les modalités, en revanche, l'impact des mois est observable, ainsi que moins nettement celui des parcelles. Les peuplements de carabes des deux lignes d'arbres de H sont similaires. En revanche, pour les araignées, les peuplements sont nettement séparés.

ϕ Carabes

Pour illustrer les différentes communautés, le choix a été fait d'utiliser pour les carabes une AFC*. Les données ont été transformées pour que ne soit pris en compte uniquement la présence/ absence de chaque espèce dans l'échantillon. L'AFC* permet de rendre compte des facteurs influençant le plus les communautés. Pour une meilleure lisibilité des graphiques, les espècesles moins représentées (< 5 individus sur les deux saisons) ont été écartées de cette analyse. Les données sont expliquées par plusieurs axes. Chacun permet d'expliquer une partie des données. Les axes ont plus ou moins de poids dans l'explication du jeu de données. L'importance de chacun des 28axes est représenté sous la forme d'un bar plot en Annexe 4. Seul les axes 1 à 8 ont été observés. Chaque graphique observe la répartition des données en fonction de deux axes.

La répartition des espèces est comparée avec la répartition des différentes communautées en fonction des facteurs choisis : la parcelle, l'année, le mois de suivis, et les modalités et interaction entre chacun de ces facteurs. Les graphiques ci-dessous, sont ceux qui ont paru les plus pertinents parmi les graphiquesexplicatifs des axes 1 et 2. Dans les autres, les informations étaient trop regroupées pour êtreanalysées dans le détail. Dans les graphiques, les parcelles sont notées C, M, P, et G. La parcelle H où deux lignes d'arbres ont été suivies, est distinguée en deux points H avec une ligne d'arbres et la modalité « iae », et H2 qui ne présente que les données de la deuxième ligne d'arbres.

Les peuplements de deux parcelles M et C se distinguent. La parcelle M se démarque par la présence de *Brachinus sclopeta*, et de *Harpalus oblitus*. La communauté de carabes de la parcelle C est caractérisée par la présence de *Nebria brevicolis*, de *Pterostichus niger*, de *Pterostichus critatus* et de *Nebria salina*. En allant plus en détail par la combinaison de l'étude des parcelles et des modalités, il semble que ce soit particulièrement le peuplement de C-iae qui soit impacté par les quatre espèces précédemment citées ; les modalités C-la et C-mil sont plus proches du barycentre du graphique. Dans la parcelle M, les trois modalités sont rapprochées. Combiner l'analyse de l'année et de la parcelle permet de voir que les peuplements de carabes des parcelles C et M étaient plus distincts en 2021 que ceux des mêmes parcelles en 2022.

Les autres espèces sont communes aux différentes parcelles et constituent un « standard ». Ces espèces semblent celles majoritairement représentées dans les parcelles H, G et P d'après les axes 1 et 6. Les deux lignes d'arbres observées dans la parcelle H d'arbres notée H et H2 dans les AFC* ont des populations relativement semblables suivant les axes 1 et 2.

L'observation des différents graphiques générés par l'AFC* permet de constater que le facteur parcelle est celui qui est le plus discriminant des axes 1 et 2.

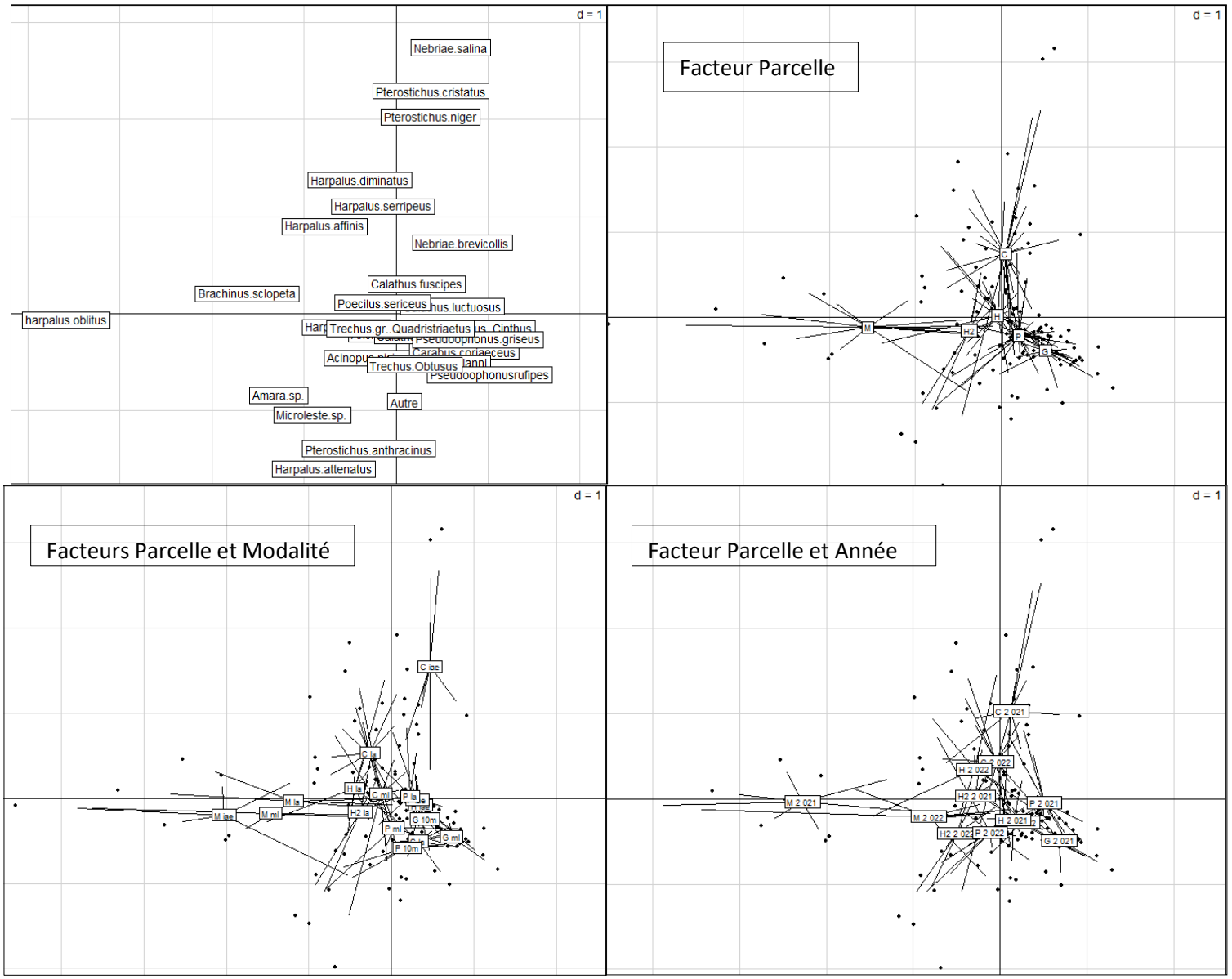


Figure 29 : Résultats de l'AFC des carabes étude des axes 1 et 2*

Pour compléter l'analyse, les axes 3 et 4 ont été étudiés. A nouveau, l'étude des facteurs année, suivis, et modalité seule ne séparent pas suffisamment les données pour observer des nuances. Le facteur parcelle est ici aussi le plus impactant. Les parcelles M et C sont encore à part. Ce point de vue permet d'observer l'influence de plusieurs espèces d'*Harpalus* ainsi que celle d'*Acinopus picipes* sur la communauté de la parcelle H. Ces graphiques permettent aussi de séparer les communautés de C-mil (influencés par les *Harpalus attenatus*) et de C-iae (impactés par la présence de *Nebria brevicollis*)

Brachinus sclopeta et *Harpalus oblitus* sont particulièrement observés dans la parcelle M dans cette étude. *Nebria brevicollis* et *Nebria salina* sont retrouvés uniquement sur la parcelle C, particulièrement dans les infrastructures agroécologiques.

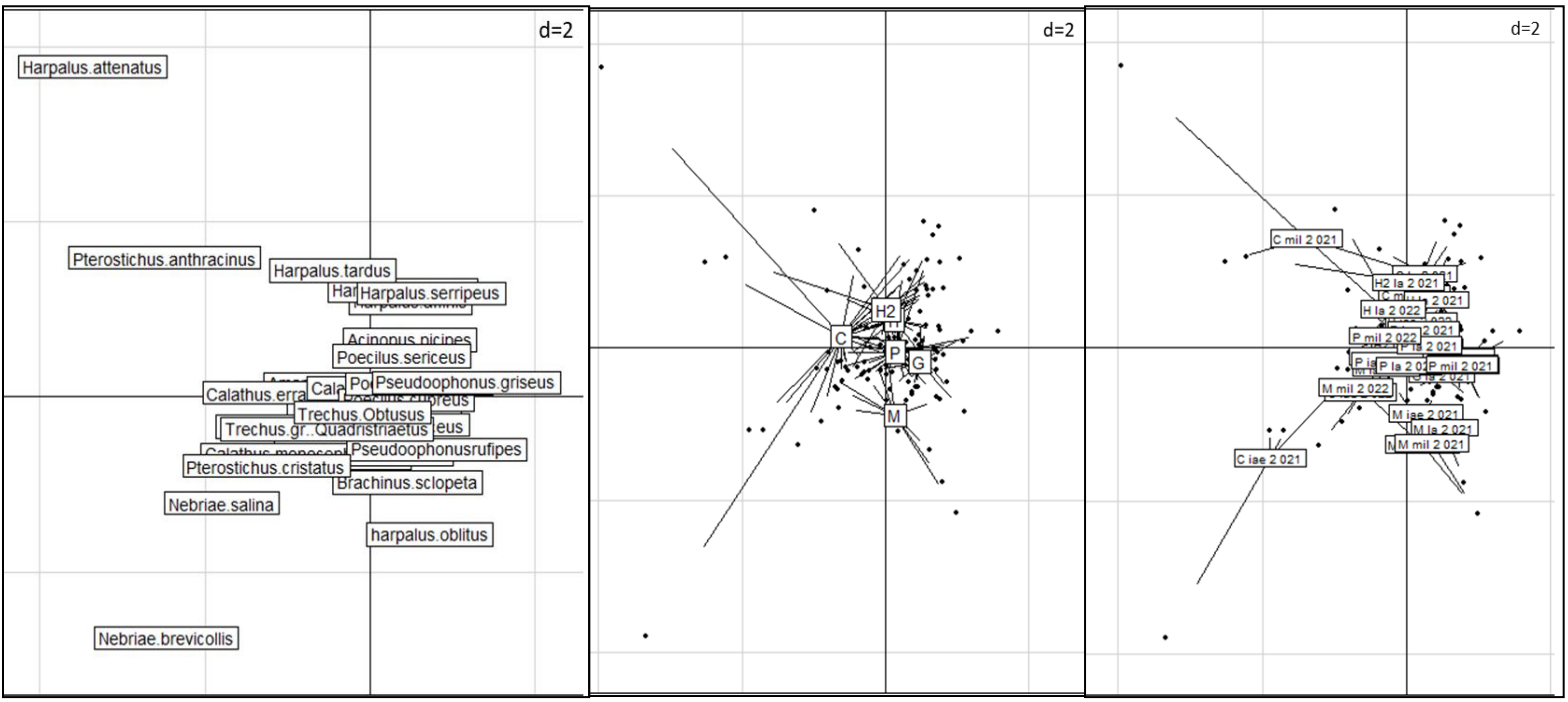


Figure 30 : Résultats de l'AFC des carabes étude des axes 1 et 2*

Pour ce qui est des axes 5 et 6 ou des axes 7 et 8, les données sont très regroupées et l'impact des différents facteurs est moins tranché. Il a donc été décidé de ne pas les analyser plus finement dans ce mémoire.

Conclusion : Le facteur le plus explicatif est la parcelle. Néanmoins, des tendances plus fines sont observables : globalement les populations des parcelles C et M se distinguent. *Brachinus Sclopeta* et *Harpalus oblitus* sont particulièrement observés dans la parcelle M dans cette étude. *Nebria brevicollis* et *Nebria Salina* sont retrouvés uniquement sur la parcelle C, dans les modalités « iae ».

SOUS QUESTION 3 : LA REPARTITION ENTRE LES MODALITES EST-ELLE SEMBLABLE ACELLE OBSERVE EN 2021 ? LES FAMILLES OU ESPECES PIEGEES SONT-ELLES LES MEMES ? LES ESPECES DOMINANTES SONT-ELLES SIMILAIRES ?

L'identification des araignées s'est focalisée sur les 5 familles les plus communes. Étudier les indices de biodiversité donnerait une vision très partielle de la diversité taxonomique réelle des araignées. Cette partie se concentrera donc sur les carabes.

Répartition des espèces entre les modalités en fonction des années.

Le nombre de carabes piégés par parcelles est très variable, néanmoins, il n'est pas corrélé avec la richesse spécifique. L'activité- densité est entre deux et trois fois moins importante dans les parcelles C et H que dans la parcelle P alors que la richesse spécifiquede chacune est du même ordre de grandeur (Figure 31).

Parcelles	AD	S
P	504	29
C	223	32
G	189	22
H	175	31
M	67	18
Total	1158	49

Figure 31 : Activité densité (AD) et richessespécifique (S) par parcelle sur deux ans.

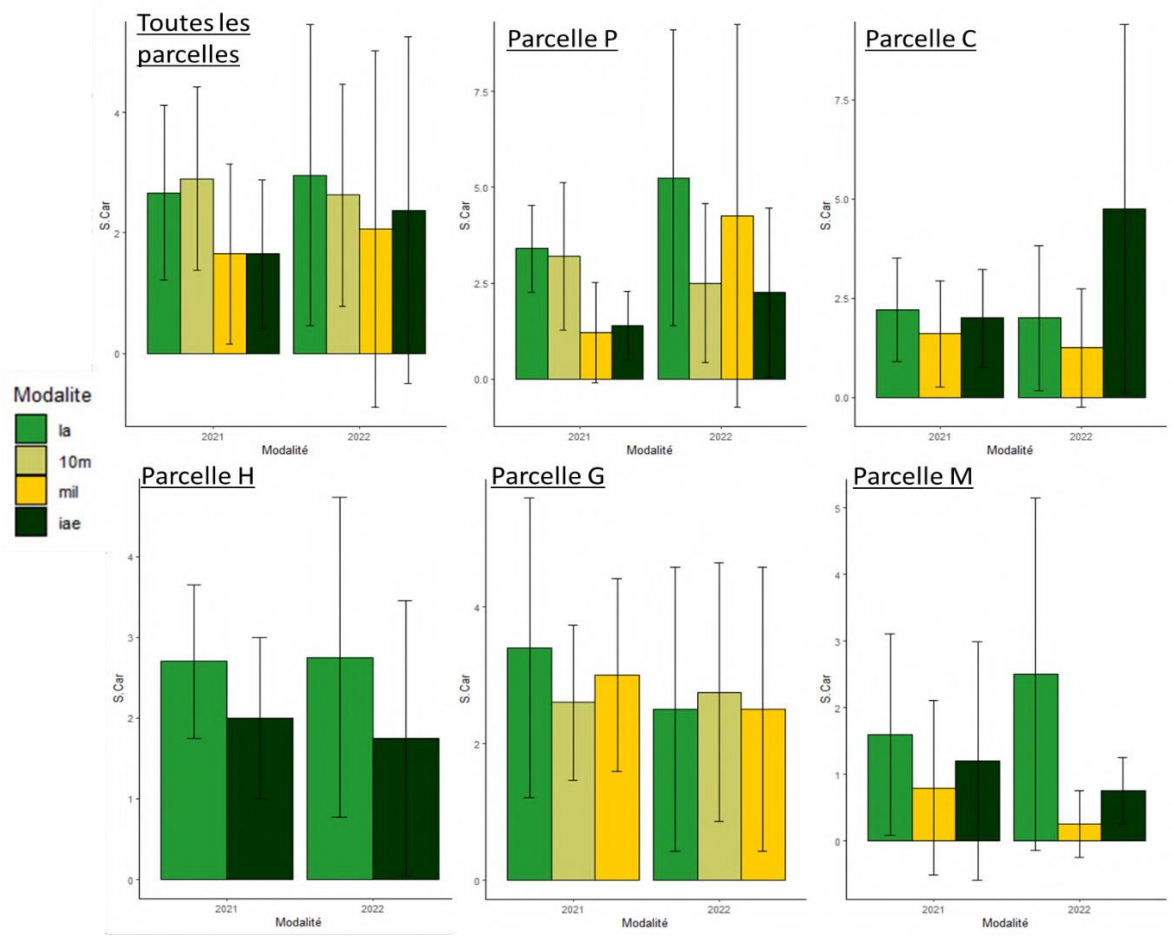


Figure 32 : :Richesse spécifique des carabes par parcelle, par an et par modalité (moyennes et écarts types)

Dans les graphiques présentés ici, la richesse spécifique a été examinée par parcelle, en fonction de l'année et de la modalité. Les écarts types sont très importants, ce qui ne permet pas de considérer les différences observées comme significatives. Du reste, l'Anova* de l'interaction Modalité*Année confirme ces observations : aucune p-value n'est significative pour les parcelles individuellement (cf Annexe 6). La p-value des modalités pour les parcelles considérées ensembles est significative (α= 0.02707 *), mais le test de tukey *ne metrien en avant. Il est donc impossible de conclure.

La richesse spécifique n'est pas significativement différente entre les deux années de suivi, mais elle ne l'est pas non plus entre les différentes modalités des parcelles sur une même année. Cela confirme les résultats de l'AFC* effectuée en Sous-Question 2, qui laissait penser que le facteur impactant la biodiversité carabique était la parcelle.

Conclusion

La richesse spécifique n'est pas corrélée à l'activité densité. Aucune différence significative n'a été mise en avant ni entre années, ni entre les modalités ni concernant l'interaction de ces deux facteurs. L'hypothèse selon laquelle la richesse taxonomique est plus importante dans les lignes d'arbres ne peut pas être validée.

♀ Espèces dominantes et répartitions des espèces dans la communauté

A l'échelle des deux ans et sur l'ensemble des parcelles, 5 espèces sont majoritaires : *Anchomenus dorsalis, Calathus fuscipes, Poecilus sericeus, Poecilus cupreus* et *Carabus coriaceau*s (Cf Annexe12). Cependant au vu des constatations des précédentes parties, à savoir que le facteur parcelle est le plus impactant sur la richesse spécifique des carabes, il a été choisi de traiter cette partie parcelle par parcelle.

- **La parcelle P**

Dans la parcelle P, 29 espèces ont été observées, dont 14 en 2021 et 25 en 2022. Aucune différence n'est significative, ni entre les modalités, ni entre les années. L'équitabilité dans les pièges oscille entre 0.023 et 0.539 (Figure 34). Quelques soient les pièges, l'équitabilité est donc faible. Cela signifie que les populations sont très influencées par la dominance de quelques espèces.

Parcelle P	21	22
Anchomenus dorsalis	36,7%	37,0%
Calathus fuscipes	24,7%	13,6%
Poecilus cupreus	12,7%	10,1%
Total	74,10%	60,65%

Figure 33 : espèces dominantes dans la parcelle P en 2021 eten 2022

Dans la modalité « iae » en 2022, deux espèces dominent : *Calathus fuscipes* (52%) et *Carabus coriaceus* (21%). 7 autresespèces se partagent les 27% restants ; ce qui en fait la modalité la plus hétérogène de la parcelle.

En l'occurrence sur l'ensemble de la parcelle, 3 espèces dominent le peuplement de la parcelle P : *Anchomenus dorsalis, Calathus fuscipes et Poecilus cupreus.* Elles représentent ensemble 74,1% et 60,65 % de la population en 2021 et 2022 (Figure 33).

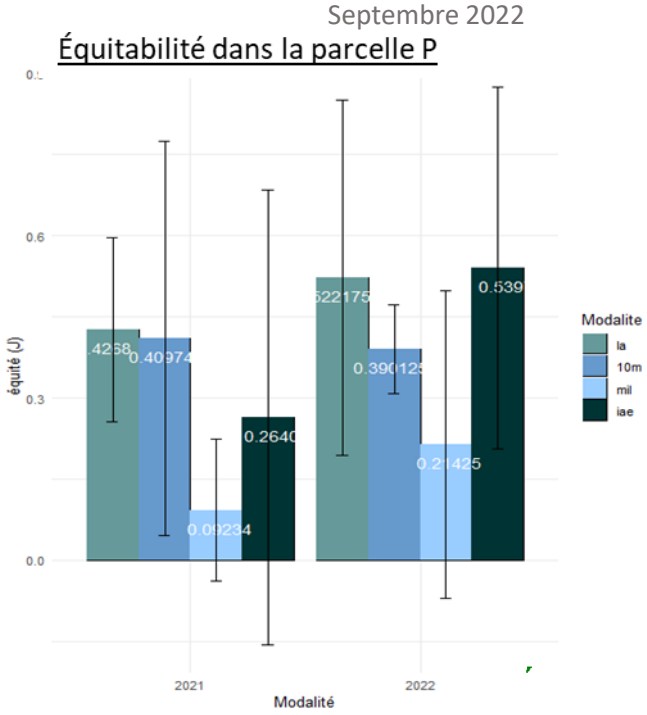


Figure 34 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalité

- **La parcelle H**

Dans la parcelle H, 175 carabes ont été capturés en deux ans appartenant à 31 espèces différentes. 15 espèces ont été observées en 2021 et 21 en 2022.

Une dominance nette de *Poecilus sericeus* existe dans cette parcelle (50% des carabes observés). Ensuite vient loin derrière *Calathus fuscipes* qui constitue 13 % des carabes piégés.

Malgré cette dominance, l'indice de Piélou dans les lignes d'arbres est autour de 0,5. En 2021, même si *Poecilus sericeus* représente 63% de l'AD dans cette modalité, 11 autres espèces sont présentes et l'indice de Shannon (donc celui de Piélou) tend à augmenter en présence d'espèces rares. Le même raisonnement peut être appliqué pour 2022, avec 64 individus de 18 espèces dont 57% de *Poecilus sericeus.*

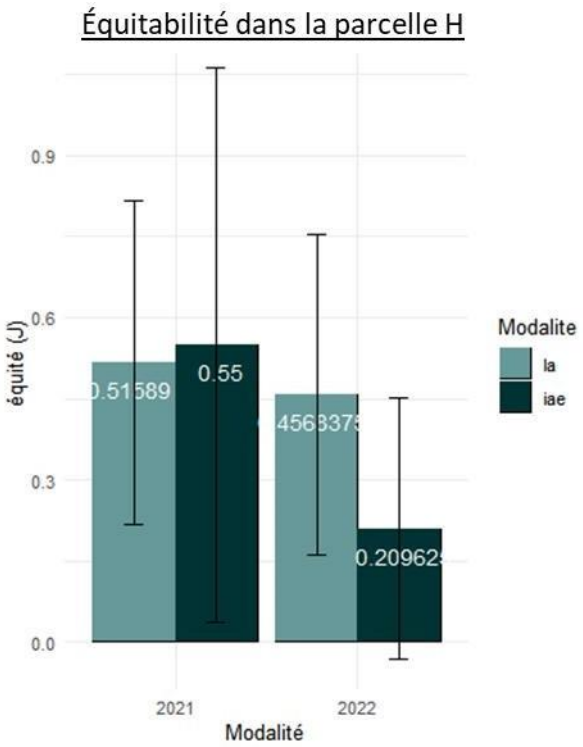


Figure 35 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalitéentre années dans la parcelle H

Dans les « iae », les effectifs sont moins importants : 17 carabes en 2021 et 15 en 2022. Les communautés sont dominées par *Calathus fuscipes.* La communauté est plus hétérogène en 2021, ce qui est peut-être expliqué par le nombre d'espèces légèrement plus important (7 plutôt que 6).

- **Parcelle C**

En 2021, 117 carabes de 19 espèces différentes ont été capturés ; En 2022, 106 carabes de 22 espèces différentes. Les espèces dominantes ne sont pas les mêmes en 2021 et en 2022 comme le présente le tableau ci-contre.

Parcelle C	2 021	2 022
Nebriae brevicollis	25,6%	7,5%
Pterostichus anthracinus	15,4%	0,0%
Nebriae salina	10,3%	3,8%
Total	51,28%	11,31%
Calathus fuscipes	7,7%	21,7%
Trechus gr. Quadristriae	0,0%	10,4%
Anchomenus dorsalis	4,3%	9,4%
Harpalus diminatus	4,3%	8,5%

Figure 36 : espèces dominantes dans la parcelle C en 2021 et en 2022

Dans la modalité « iae » en 2021, les *Nebria brevicollis* etles *Nebria salina* dominent nettement. Ils représentent chacun 52% et 21% du peuplement. Seules 5 autres espèces sont présentes. Cela explique l'indice dePiélou faible.

En 2022, l'équitabilité dans les modalités « la » et « mil » sont similaires et relativement faibles. Pourtant les espèces sont relativement bien réparties : dans la modalité « mil », 7 espèces sont présentes, l'une constitue 28% de la population, une autre 21% deux autres 14% chacune et les 21% restants sont répartis entre 3 espèces.

La modalité « iae » en 2022 a l'indice le Piélou le plus important. Cela s'explique par un nombre important d'espèces « rares » dans cette modalité. 6 espèces sont spécifiques à la parcelle C dont 5 ont été observées dans la modalité « iae ». Si trois espèces (*Calathus fuscipes, Nebria brevicollis, Anchomenus dorsalis)* représentent 51% du peuplement, les 49% restants sont distribués entre 16 espèces.

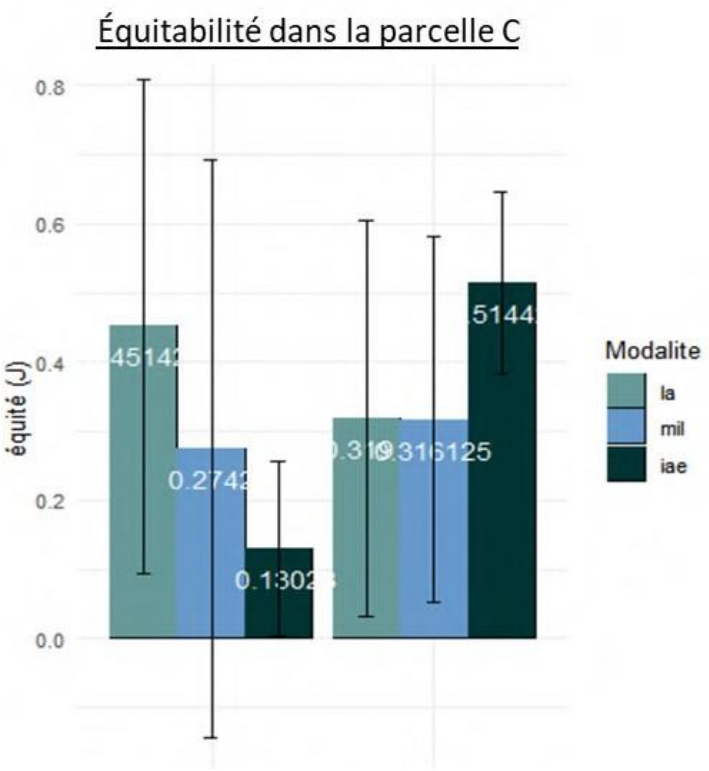


Figure 37 : Comparaison de l'indice de Piélou par modalité entre année dans la parcelle C

- **Parcelle G**

15 espèces ont été observées sur la parcelle G en 2021, 15 en 2022. Au total, il y a eu 23 espèces différentes sur les deux ans. Les dominances entre communautés sont très différentes en 2021 et en 2022.

Parcelle C	2 021	2 022
Poecilus kugelanni	27,71	0
Pseudoophonusrufipes	19,28	1,89
Poecilus cupreus	12,05	15,09
Total	59,0	17,0
Anchomenus dorsalis	10,84	25
Carabus coriaeceus (l'énorme)	7,23	22,64
Poecilus cupreus	12,05	15,09
Total	30,1	62,3

Figure 38 : espèces dominantes dans la parcelle G en 2021 et en 2022

Les différences entre les espèces observées sont importantes puisqu'en 2022, l'espèce dominante de 2021 (*Poecilus kugelanni*) n'a jamais été observée. L'équitabilité n'est pas significativement différente ni entre les modalités ni entre les années.Hormis la modalité « la » en 2021, toutes les modalités suivent la même tendance. Deux espèces dominent et représentent autour de 60% du peuplement. Les 40% restant sont occupés par 6 à 8 autresespèces.

Dans la modalité « la » 2021, une seule espèce (*Pseudoophonus rufipes)* domine (40%) et es 60% restants sont répartis entre 13 espèces. Cela semble donner le même résultat pour l'équitabilité.

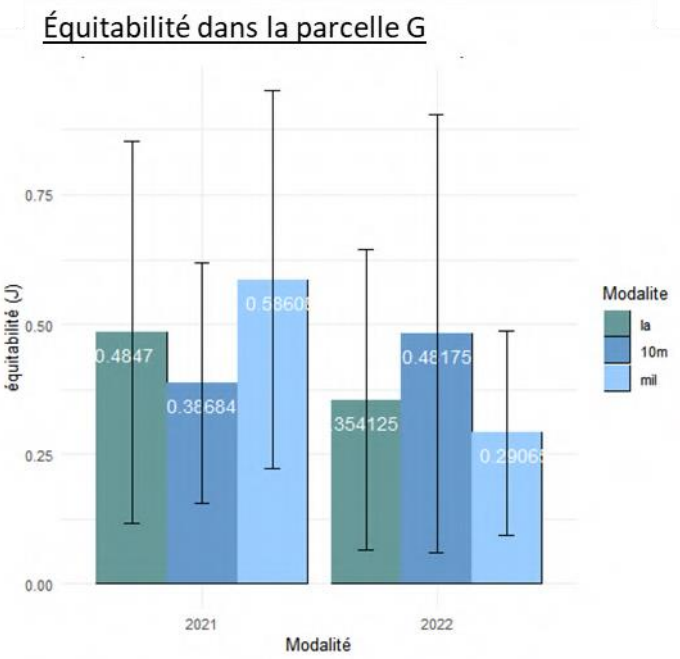


Figure 39 : Comparaison de l'indice de Pièlou par modalité entre année dans la parcelle G

Dans la parcelle M, les effectifs de carabes sont très faibles. En 2021, 48 carabes ont été piégés et seulement 19 en 2022. Ils appartenaient respectivement à 10 et 12 espèces. L'équitabilité étant très influencée par la taille de l'effectif, il ne parait pas pertinent de l'étudier par modalité pour cette parcelle.

Trois espèces prédominent la communauté. En 2021, *Brachinussclopeta* et *Harpalus oblitus* sont les plus nombreux et atteignent ensemble 78% des captures de l'année. Aucune espèce n'est présente que sur la parcelle M. En revanche, la majorité des *Brachinus sclopeta* et des *Harpalus oblitus* ont été observés sur cette parcelle.

Parcelle M	2 021	2 022
Brachinus	63%	11%
sclopeta	15%	11%
harpalus oblitus	2%	37%
Trechus sp.		
Total	79%	58%

Figure 40 : espèces dominantes dans la parcelle M en 2021 et en 2022

Conclusions :

Aucune différence significative n'a été observée pour l'indice de Piélou. Les principaux enseignements sont les suivants :

- l'hypothèse selon laquelle les peuplements par modalité et par année sont presque toujours dominés par une ou deux espèces majoritaires est vérifiée.
- les espèces dominantes ne sont pas les mêmes d'une année à l'autre.
- les communautés des différentes parcelles sont très différentes, cela est particulièrement visible avec les espèces spécifiques à chaque parcelle.

- Espèces rares et/ou spécifique à une parcelle.

Plusieurs espèces n'ont été observées que dans certaines parcelles. La figure 41 qui suit les récapitule.

Espèce	Parcelle	AD	modalités	Mois	Année
Calasoma maderea	C	1	iae	Juillet	2022
Dixus capito	C	1	mil	Juillet	2021
Nebria brevicollis	C	38	iae	aout, avril et juin	2020 et 2022
Nebria salina	C	16	iae	juin et juillet	2021 et 2022
Notiophilus biggattatus	C	1	iae	avril	2022
Notiophilus rufipes	C	1	iae	mai	2021
Licinus siplhoïdes	G	2	la et 10m	avril	2022
Poecilus versicolor	G	1	la	avril	2021
Acinopus picipes	H	4	la	juin juillet et aout	2021
Dyschirius sp.	H	1	la	avril	2022
Platyderus sp.	H	1	iae	mai	2022
Cephalophonus cephalotes	M	2	la	juin	2021
Calathus rotundicollis	P	1	10m	Juillet	2022
Metalina sp .	P	2	la	Juillet	2022
Chlaenius algericus parallepidus (à vérifier)	C et H	2	la	mai et juillet	2022
Ophonus Azureus	G et H	2	la	mai et aout	2021 et 2022
Poecilus punctualatus (à vérifier)	G et M	2	mil et iae	mai	2021
Cicindela campestris	G et P	2	la	avril	2022
Harpalus pygmaeus	H et M	2	la	avril	2021 et 2022

6

Figure 41 : Espèces spécifiques à chacune des parcelles.

espèces sont spécifiques à la parcelle C. A l'exception de *Dixus capito*, elles ont toutes été observées dans la bordure de parcelle en lisière de la forêt de la Sainte Baume. Les deux espèces de Nebria sont présentes en nombre dans la parcelle C mais n'ont été observées nulle part ailleurs.

Les espèces *Chlaenius algericus parallepidus, Ophonus azureus, Poecilus punctulatus, Cicindela campestris et Harpalus pygmaeus* ont été observées dans deux parcelles différentes. Néanmoins, il a été choisi de les présenter ici en raison de la faible fréquence d'observation. Hormis *Poecilus punctualatus,* toutes ont été observées dans la ligne d'arbres.

7. DISCUSSION

Cette étude présente plusieurs limites qu'il est impératif de prendre en compte pour mettre en relief les résultats précédemment présentés. Dans un premier temps, les différents points de la méthode seront abordés, puis les résultats seront discutés.

DISCUSSION DU PROTOCOLE

Panel de parcelles et plan d'échantillonnage

Afin d'avoir une meilleure compréhension de la partie suivante, il est possible de se référer à la partie 3.

Comme il a été présenté dans la partie « matériels et méthodes » (page 18), les parcelles choisies pour cette étude ont peu de points communs. Ces différences sont liées aux systèmes de cultures (itinéraire technique, rotation, irrigation, ...), à la ligne d'arbres (espacement, essences), ou à la localisation de la parcelle (complexité et composition du paysage, type de sol, pluviométrie,…).

Les caractéristiques qui les différencient sont autant de facteurs pouvant influencer les communautés d'arthropodes.

Par exemple, le mode de conduite des cultures a un impact. En agriculture biologique, les lignes d'arbres ont un « effet source », les prédateurs généralistes s'y réfugient puis se dispersent dans la parcelle. Dans les parcelles conventionnelles, ils jouent un rôle inverse, un « effet puits » est remarqué (Boinot 2019). De la même façon, l'agroforesterie ne lisse pas l'impact de la culture en place sur les communautés. Dans un champ de maïs, les auxiliaires ne colonisent pas la parcelle de la même façon que dans une parcelle de céréales d'hiver. Ces dernières seront plus favorables pour les carabes (Pardon et al. 2019).

Modalités

L'impact réel de l'agroforesterie parmi cet ensemble de facteurs de variation ne peut être distingué que par la mise en place d'un témoin agricole. Cette modalité est réalisable dans deux parcelles de l'échantillon uniquement (les parcelles G et M). Cependant, en 2022, le témoin de la parcelle G a été supprimé en raison d'un changement d'itinéraire technique dans la partie témoin. D'autre part, dans la parcelle M, 30% des pots témoins ont été détruits (cf Annexe 2). Les données n'ont donc été comparées à aucun témoin sans agroforesterie.

Les relevés dans la parcelle ont été distingués en deux modalités : à 10m de la ligne d'arbres, et en milieu d'inter-rang. Pour les parcelles C et M, les pièges des modalités « ml » sont respectivement à 8m et 12,5m des lignes d'arbres. Il aurait été plus pertinent de les considérer comme des modalités 10 m, cela n'a pas été changé pour rester dans la continuité de l'année 2021.

Pour ce qui est de la ligne d'arbres, le protocole de cette étude ne distingue pas l'influence de la ligne d'arbres en elle-même de celle de la bande enherbée qu'elle surplombe (Boinot 2019; Clem, Harmon-Threatt 2021). Il faut donc considérer la modalité « la » non pas comme la ligne d'arbres, mais bien comme le système ligne d'arbres/bande enherbée.

Pour finir, la modalité « iae » aurait pu permettre d'appréhender l'influence sur la commuté intra parcellaire de l'environnement paysager et des communautés qui y vivent. Néanmoins, il est apparu compliqué d'aller jusqu'à ce degré d'analyse. Cela suppose une connaissance fine des modes de vie des espèces rencontrées tel que leurs habitats préférentiels ou leurs capacités de déplacements. Des méthodes tels que les pièges à émergences ou le marquage d'individus aurait pu permettre de répondre à cette question. Cependant, au vu de la diversité des espèces rencontrées, le marquage sur seulement quelques individus n'aurait pas permis d'avoir de résultats exhaustifs. C'est un travail qui n'a donc pas été réalisé durant ce stage.

Durée de l'expérimentation

Cette méthodologie délivre une information sur l'activité densité et la diversité entre avril et août. Or, certains carabes émergent en été, leur période d'activité n'est donc pas prise en compte dans le suivi. (Lövei, Magura 2017; Allain 2004; Kromp 1999; Holland 2002; Diwo-Allain, Bout 2004) Afin d'être exhaustif, il faudrait faire des suivis en continu d'avril à octobre pour pouvoir observer aussi les espèces plus tardives (Fournier, Loreau 2002). Certaines familles d'araignées peuvent, elles, être présentes toute l'année dans les parcelles. Certaines Linyphiidées se nourrissant de collemboles ont une période de maturité en hiver par exemple (Canard, Rollard 2022). Il faudrait donc doubler l'effort de suivis pour avoir une vision de la composition et de la dynamique du peuplement (Marc, Canard, Ysnel 1999).

Méthode de piégeage

Les pots barber sont considérés comme fiables, bons marchés, faciles à utiliser et sont ainsi utilisés dans de nombreux suivis d'auxillaires (Kromp 1999; Purvis, Fadl 2002 cités part Digweed 1995 dans Schirmel et al. 2010)).Néanmoins, cette méthode présente des limites.

Les pots barber ne permettent pas d'avoir de données sur l'abondance des taxons sur les parcelles. Les données recueillies sont dépendantes de l'activité des arthropodes. C'est pour cela que l'on parle d'activité densité. Ainsi, certaines espèces - plus mobiles - sont plus susceptibles d'être capturées. Pour les carabes, les grandes espèces, les espèces diurnes, et celles avec de plus grandes capacités de déplacement sont plus susceptibles de se faire piéger (Halsall, Wratten 1988). Pour les araignées, les espèces sédentaires sont beaucoup moins mobiles (Birkhofer, Entling, Lubin 2013). Elles ont moins de chance d'être présentes dans les pots barber. Cela influence la richesse spécifique et l'indice d'équitabilité observés.

L'activité densité est aussi influencée par des éléments plus passagers. Une étude montre que l'activité de *Pterostichus melanarius* est dépendante de son état de satiété (Fournier, Loreau 2002). L'activité des araignées est aussi influencée par leur cycle de vie. Après la ponte, les juvéniles restent un temps avec leur mère, puis se dispersent. Pendant cette phase de dispersion, l'activité des araignées est plus importante (Birkhofer, Entling, Lubin 2013).

D'autre part, les pièges sont moins efficaces dans les milieux à forte densité de végétation (Honek, Martinkova, Jarosik 2013) ce qui demande de la vigilance lors de l'interprétation des résultats, particulièrement pour certaines modalités « iae ». Notamment dans les parcelles H et P où les abords des zones de piégeages des modalités iae sont densément couvertes.

Par ailleurs, si le pot barber est censé être un piège passif et non attractif, il a été montré qu'un plus grand nombre d'auxillaires est capturé lorsque le trou est récent. Cet effet semble être dû à la production et l'émission plus élevées de CO_2 dans le sol tout juste creusé. Le CO_2 émis est attractif pour certains animaux (Schirmel et al. 2010). Dans cette étude, il est possible que les relevés d'avril par exemple aient bénéficié de cet effet.

Les pots barber permettent un constat de la biodiversité dans le pot au bout d'une semaine. Mais ils ne prennent pas en compte les interactions qu'il y a pu y avoir pendant cette semaine et qui biaisent le résultat final. Les captures indésirables comme des rongeurs qui sont parfois entomophages sont par exemples inexploités (Martin 2014). Dans cette étude la présence de rongeurs dans les pots (0,01% des pièges) mais surtout la détérioration des pots par le gibier (12 % des pièges) ont été constatés (cf Annexe 3), mais pas identifiés, ni pris en compte dans l'analyse. Dans la parcelle M, l'activité densité est faible (48 carabes en 2021 et 18 en 2022). Il est impossible de savoir si ces résultats sont révélateurs de l'activité densité réelle dans la parcelle M ou si cela est dû à la perte d'informations engendrée par les 27% de pots détruits (cf Annexe 2). Dans la parcelle G, en incluant le témoin agricole avorté en 2022, 22% des pots ont été supprimés (cf Annexe 2). Cela affecte de la même façon les autres indices de biodiversité.

- Identification des individus

Hormis l'accompagnement ponctuel de Anthony ROUME, l'étude n'a pas été suivie par un entomologiste professionnel. L'identification a plusieurs fois été approximative.

A titre d'exemple, d'après la clé Jeannel (1942), *Poecilus vesicolor* (appelé *Poecilus coeruscens)* est présent dans toute la France, dans les régions fraîches et montagneuses. Cela ne caractérise pas du tout la parcelle G. Morphologiquement, *Poecilus versicolor* ressemble à *Poecilus cupreus* (différenciés uniquement par l'épaisseur et le nombre de soies sur les tarses postérieurs). Il est probable que les deux espèces aient été confondues, d'autant que ce carabe a été observé en avril (première session d'identification).

Pour certains genres, l'identification jusqu'à l'espèce a été abandonnée (*Metalina*, *Microleste, Amara, Dyschirius Platyderus*). Pour le genre *Trechus*, dans les données de 2021, deux espèces avaient été identifiées : *Trechus rubens* et *Trechus (s. str.) quadristriatus*. D'après la clé Jeannel, les *Trechus rubens* ne sont présents en France qu'en Alsace, dans les Vosges, le Jura, le Morvan et la Haute-Loire. En 2022, il a donc été choisi de diviser le genre *Trechus* en fonction des ailes. Les *Trechus* ailés ont été nommés *Trechus* (s. str.) *quadristriatus* et les aptères *Trechus obtusus*. Ces différentes approximations rendent les indices de biodiversité (hors AD) calculés moins précis.

Par ailleurs, les clés utilisées ne sont pas des clés récentes, ni particulièrement adaptées à la Provence. La clé en ligne Carabagri (INRA 2015) est basée sur la clé bretonne (Roger, Jambon, Bouger 2016) réadaptée pour la France. Elle est très didactique pour les néophytes, mais parfois incomplète. La clé Trautner a été publiée en 1987, les modifications ou distinctions d'espèces récents n'y apparaissent pas. Par ailleurs, pour chaque genre, des cartes de validité de la clé sont indiquées. Pour les genres *Harpalus, Calathus, Poecilus, ou Pterostichus*, fréquemment observés, ces cartes n'incluent pas la Provence.

La clé Jeannel qui fait office de référence en France pour les carabes n'a été utilisée que de rares fois pour les derniers suivis. En effet le vocabulaire, et la précision de cette clé la rendent difficile à utiliser pour les néophytes.

- Analyse statistique

L'analyse statistique appliquée pour ce stage peut être considérée comme incomplète. Combiner des ANOVA * et des AFC* ne permet pas de pondérer l'effet des différents facteurs de variation énoncés précédemment (paysage, itinéraire technique,..). Pour les isoler, il aurait fallu utiliser des modèles linéaires généralisés (GLM) ou un modèle mixte (RLM) qui sont des modèles adaptés aux dénombrements (dires d'experts : Vincent Tolon et Ambroise Martin-Chave). Cette méthode n'a pas été réalisé en raison d'un manque de temps et de compétence de la stagiaire. Il faut donc considérer les résultats obtenus comme des tendances et non des conclusions.

Pour ce mémoire, les résultats de deux années sont comparés. Pour la richesse spécifique et l'indice de Piélou, des moyennes ont été faites. Ces moyennes ont donc été faites avec deux données, ce qui est peu. Cette étude sera reconduite encore deux ans, permettant a priori d'obtenir une meilleure valeur statistique.

D'autre part, les parcelles sont situées dans des lieux très différents avec parfois des espèces spécifiques à ces lieux. Par exemple, l'espèce *Nebria salina* n'est présente en PACA que sur le massif de la Sainte Baume où est la parcelle C. Néanmoins, il est possible qu'elle ait un comportement similaire à une espèces observée dans une autre parcelle. Ainsi, il aurait été intéressant d'étudier les communautés de carabes en fonction de leurs traits fonctionnels. Cela aurait aussi permis de comparer les parcelles plus aisément.

DISCUSSION DES RESULTATS

49 espèces de carabes ont été observées dont 5 espèces en 2021 et 10 seulement en 2022.

Une étude menée dans un grand nombre de cultures dans l'Essonne a observé en moyenne 20 carabes par pots/semaine (Martin 2014). Dans notre étude menée en 2022, 2,4 carabes/pots/semaines ont été capturés en moyenne. Ce qui peut paraitre faible. Cependant c'est un chiffre stable sur les deux ans, il est probable que la raison de ce faible nombre de carabes soit le contexte agricole de Provence. Cependant le faible nombre de carabes peut être problématique lorsqu'il s'agit de calculer les indices de biodiversité. L'indice de Shannon et par extension celui de Pièlou sont dépendants de l'effectif.

Afin de mieux mettre en perspective les conclusions, les résultats ont été discutés au regard de 4 facteurs : l'année, le mois de suivi, la parcelle et la modalité.

Effet du facteur année

La différence de résultat entre les années 2021 et 2022 peut être expliquée par différentes causes.

<u>Différences de températures et de pluviométrie</u>

La température influence le rythme d'activité et la durée des cycles des carabes. Le cycle larvaire est plus rapide si la température est chaude. Ces températures optimales sont différentes en fonction des espèces. L'humidité du milieu est déterminante pour la phase œuf (Kegel 1990 dans Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011 Holland 2002 Kromp 1999).

D'autre part, les conditions climatiques impactent l'état de la culture. Une culture plus ou moins développée impactera les déplacements, l'habitat et la nutrition des auxiliaires -fonction des ressources présentes ou non dans la parcelle- (Tamburini et al. 2020). Dans le cas présent, l'année 2022 a été particulièrement sèche et chaude. La région PACA subit depuis mai une sécheresse des solsinédite (OIeau, OFb 2022) en opposition avec l'année 2021 où l'humidité des sols en Paca était prochedes normales (OIeau, OFb 2021) . Cependant, malgré les conditions exceptionnelles de cette saison, 30% de plus de carabes et d'araignées et 4 fois plus de staphylins ont été observées en 2022 comparéà 2021. Cet écart étonnant pourrait être expliqué par d'autres paramètres ci-dessous.

<u>Cultures implantées</u>

Les céréales ont tendance à favoriser les carabes diurnes tandis que les cultures couvrantes favorisent plutôt les carabes nocturnes. (Hance 2002 dans Béral 2011) Au-delà de cela, les itinéraires techniques pratiqués (pesticides, fertilisation, travail du sol, ect…) en fonction de la culture implantée sont impactant. Les araignées, sensibles au travail du sol et aux pesticides seront favorisées par des cultures sans nécessité d'intervention régulières (Tanaka, Baba 2016). La culture en place (qui a varié entre 2021 et 2022 sur toutes les parcelles) participe à cet effet année.

La parcelle M pourrait illustrer ces deux derniers points. C'est la seule parcelle du panel où les captures ont été nettement moins nombreuses en 2022 qu'en 2021. Dans cette parcelle, 3,5 fois moins d'araignées et 2,5 fois moins de carabes ont été capturés (attention cependant, les effectifs étaient déjà faibles en 2021, les ratios sont donc à prendre avec précaution).

En 2022, après deux années d'orge, la parcelle a été plantée en luzerne. Le semis n'a pu être fait que tardivement en raison du sérieux manque de pluie. En 2021, à la station météorologique d'Aix-en-Provence, à 8km de la parcelle, il avait plus 267 mm entre janvier et août. Sur la même période, en 2022, il a plu 96,5mm, soit 2,7 fois moins. Ce manque d'eau a aussi pénalisé la levée de la culture. Il est possible que cela ait impacté les populations d'arthropodes qui sont sensibles à l'absence de couverture du sol (Kromp 1999; Irmler, Lipkow 2018; Birkhofer, Entling, Lubin 2013). D'autre part, avant l'implantation de la luzerne, un labour à 40cm avait été fait, et les arthropodes – en particulier les araignées - sont sensibles au travail du sol (Holland 2002; Le Roux et al. 2012). Huston (1994), cité dans (Le Roux et al. 2012), met en évidence que les perturbations du milieu et le niveau de ressources sont structurants quand il s'agit de décrire les dynamiques de populations. Même s'il est difficile d'évaluer le niveau de perturbation dans la parcelle, il est certain que ces deux facteurs participent à expliquer la faible activité-densité dans la parcelle M.

Biais humain

Ce biais est lié à des différences inhérentes aux stagiaires pendant la phase de terrain (où et comment les pièges sont posés par exemple), ou pendant l'identification. Ce deuxième point est probable étant donné qu'aucune des stagiaires n'avait de formation en entomologie préalable au stage. A titre d'exemple, *Poecilus kugelanni* était la 5ème espèce la plus observée en 2021 avec 33 individus alors qu'en 2022, seul un individu a été observé. C'est une différence importante qui n'est observée dans ces proportions pour aucune autre espèce. Qui plus est, cette espèce est rare, il est étonnant de l'observer dans de si grandes proportions. Si la même personne avait fait l'ensemble desidentifications, les erreurs potentielles auraient été les mêmes pendant les deux années, ce qui auraitlissé leur impact sur les indices de biodiversité.

Dates de piégeage

Dans l'analyse, les suivis sont notés par mois. Mais entre 2021 et 2022, les phases de terrain n'ont pas été réalisées au même moment du mois. En 2022, les suivis ont été réalisés une à deux semaines avant ceux de 2021. Cela est lié aux contraintes des agriculteurs ainsi qu'à celles des stagiaires. Il est possible que ces semaines de décalages, additionnées aux variations climatiques entre les années aient induit des suivis à des stades différents du cycle des auxiliaires, impliquant des variations d'AD et de diversité. Il est possible par exemple que certaines espèces qui émergent plus tard aient été capturées en avril 2021 et pas en avril 2022.

Effet du facteur mois

L'effet du facteur mois a peu été étudié dans ce mémoire. Il illustre principalement la saisonnalité des taxons. Une saisonnalité de l'activité densité des carabes et araignées avait été observée par la stagiaire de 2021 avec une augmentation progressive de l'AD jusqu'à juin. Puis en juillet et en août, l'AD diminuait. Cela avait été supposé être lié au cycle de vie des carabes, mais aussi à la chaleur, et aux récoltes des cultures dans les parcelles (Assous 2021). Il a été choisi de ne pas étudier à nouveau la saisonnalité cet année. En 2022, l'AFC* montre des distinctions de familles piégées en fonction des mois de suivis. Il est possible que ce soit dû à la saisonnalité des araignées et à aux cycles de vies de celles-ci (Birkhofer, Entling, Lubin 2013).

Effet du facteur parcelle.

L'AFC* sur les espèces de carabes met en avant un effet de la parcelle. Cela peut être expliqué par les contextes très différents dans lesquels sont situés les 5 parcelles (cf Figure 7 p18). Géographiquement d'abord, les parcelles les plus éloignées (H et M) sont à environ 80 km à vol d'oiseau. La parcelle C est à 700 m au-dessus du niveau de la mer tandis que les autres sont entre 200 m et 350 m d'altitude.

Les paysages autour des parcelles sont aussi très différents. Alors que la parcelle G est intégrée à une plaine d'openfield, la parcelle C est entourée par des prairies naturelles et une forêt diversifiée. Les parcelles H, P et M sont dans les paysages plus ou moins diversifiés avec des bosquets et des haies. Il semble que cette analyse ne soit pas assez poussée, étant donné que la parcelle P est celle où l'AD sur deux ans est la plus importante, la diversité du paysage doit être analysée conjointement à la biodiversité cultivée. En effet, les habitats les plus propices à une biodiversité importante sont les zones hétérogènes et dont les éléments sont interconnectés (Fahrig et al. 2011). La parcelle P, est composée de bandes de cultures différentes : sur 5,3 hectares, plus de 10 essences d'arbres sont associées à 4 bandes de cultures (en 2022 : haricots, menthe, pois chiche, et épeautre où étaient les pièges). Dans la parcelle voisine, l'agriculteur cultive une large variété de plantes aromatiques sous des oliviers. Par ailleurs, la parcelle est bordée par une ripisylve. La combinaison de biodiversité cultivée et de biodiversité à l'abord de la parcelle permet peut-être que le nombre de carabes piégés dans cette parcelle soit nettement plus important que dans les autres en 2021, et en 2022.

La composition, et la configuration entre les différents éléments du paysage permettent l'installation dans l'agroécosystème des espèces les plus adaptées parmi le pool régional d'espèces (Jung et al. 2010). Ce point peut-être illustré par le peuplement de la parcelle C. C'est la seule parcelle de l'échantillon à héberger des espèces du genre *Nebria.* Si *Nebria brevicollis* est plus répandue, *Nebria salina* est rarement à l'Est du Rhône excepté dans la forêt de la Sainte Baume qui borde la parcelle C. Ces espèces affectionnent les milieux humides avec de la litière, il est cohérent de les avoir trouvés en

lisière de forêt (Jeannel 1941). La proximité de la forêt de la Sainte Baume et le contexte géographique, l'altitude notamment, pourraient expliquer cette exception.

Les conditions abiotiques du milieu sont structurantes : la photopériode, l'humidité et les caractéristiques du sol déterminent les espèces potentiellement présentes dans le milieu (Tenailleau, Dor, Maillet-Mezeray 2011). Les *Dyschirus sp.* affectionnent les sols avec d'importantes proportions de sable et ont été retrouvés dans la parcelle H qui a un sol sableux. *Licinus siphoïdes* est une espèce uniquement présente en France en Provence, en Corse et dans les Alpes-Maritimes. Cette espèce préfère les habitats arides avec des pierres éventuellement. Il est cohérent de l'avoir observé dans la parcelle G (Jeannel 1942).

A cela s'ajoute l'effet de la culture en place. Ce point a été détaillé dans la partie « culture implantée » de la partie « Effet du facteur année » page 47.

- Effet modalité

Les carabes et les araignées sont plus piégés dans les éléments arborés. Il est possible que ce soit grâce aux habitats créés par les arbres et la strate herbacée sous les arbres. Ce milieu est moins perturbé que le reste de la parcelle. Il est donc potentiellement plus propice à l'installation des populations arthropodes (Torralba et al. 2016). Les infrastructures agroécologiques arborées et les lignes d'arbres créent potentiellement des microclimats favorables aux auxiliaires (Martin-Chave 2018). Hormis dans la parcelle P où les arbres sont bien développés et atteignent presque 8m pour certains, les arbres sont encore petits dans toutes les parcelles. Dans la parcelle H, le plus grand individu n'atteint pas 1,5m. Il est donc ambitieux de conclure quant à leur effet microclimatique. Cependant, ils peuvent déjà constituer un habitat pour certaines espèces préférant les zones non perturbées, comme certaines araignées sédentaires par exemples (cf Figure 6).

Les espèces spécifiques des différentes parcelles ont majoritairement été observées dans les modalités « iae » de chacune. Une hypothèse serait que les infrastructures agroécologiques sont plus révélatrices du contexte environnemental et paysager que la parcelle.

- Autres facteurs

Les AFC* réalisées ne permettent pas d'expliquer les données de manière satisfaisante. Il est probable que les données ne soient explicables que par des interactions entre de multiples facteurs comme c'est souvent le cas pour les mesures de biodiversité (selon l'expert Vincent Tolon, 2022). Néanmoins, pour les années à venir il pourrait être intéressant d'ajouter des facteurs explicatifs à l'analyse. Ce pourrait être par exemple la conduite biologique ou non de la parcelle, le cumul de pluviométrie et de température entre le début de l'année et la date de récupération des pièges, ou le type de culture en place par famille par exemple. . Ces écarts observés entre années pourraient aussi être expliqués par la croissance des arbres, mais aucune mesure n'a été faite permettant de quantifier ce facteur. Il serait donc intéressant de se pencher sur ces questions lors les prochains stages.

Lien entre activité-densité et prédation

Il est important de différencier présence d'auxiliaires et prédation. La diversité et l'activité densité d'auxiliaires de cultures ne sont pas les seuls facteurs influençant le potentiel de prédation dans les parcelles. En effet, la prédation est impactée par d'autres éléments, entre autres la taille et le type de proies présentes. (Michalko, Pekár, Entling 2019). Les synergies entre les prédateurs impactent la prédation des ravageurs. Les prédateurs peuvent être complémentaires et chasser des proies différentes ou à différents moments. Les prédateurs peuvent aussi avoir un effet disruptif en se mangeant entre eux, ce qui inhiberait alors l'effet sur les ravageurs (Brown et al. 2015). Plus basiquement, les prédateurs peuvent entrer en compétition. Pour faire correctement le lien entre activité-densité, abondance et prédation, il faudrait avoir une approche multi-trophique et des compétences poussées en écologie de l'ensemble des taxons présents dans l'écosystème (Ferrer 2021).

PERSPECTIVE ET SUITE DU PROJET

Un projet piloté par Arvalis-Institut du Végétal débutera courant octobre 2022 pour appuyer la création de références sur les systèmes agroforestiers céréaliers en Provence. Il complétera entre autres certaines données de biodiversité recueillies dans le cadre du GIEE APAM et produira égalementdes références agronomiques (rendement, qualité, qualité des sols…) et économiques, dans des parcelles pilotes déjà plantées. Dans ce cadre, voici quelques suggestions pour simplifier et optimiser la suite du travail à mener en 2023 :

- Envisager l'encadrement et un suivi régulier et systématique du stagiaire par un entomologiste professionnel afin de lisser le biais expérimentateur, au minimum sur l'identification.
- Dédommager les agriculteurs pour qu'ils trouvent un intérêt à mettre en place des témoins agricoles et à figer les dates de suivis entre les années.
- Compléter et faire vérifier par un entomologiste professionnel une base de données sur les traits fonctionnels des espèces observées afin de permettre une comparaison plus probante des résultats des modalités des différentes parcelles, ce qui permettrait de comprendre le fonctionnement des écosystèmes et des communautés
- Installer des clôtures électriques autour de la parcelle M afin de perdre moins de pots (c'est envisagé par l'agriculteur pour 2023).
- Arrêter le suivi des staphylins qui depuis deux ans ne donne aucun résultat exploitable.
- Cibler d'autres facteurs à creuser pour avoir une meilleure compréhension des communautés tel que la pluviométrie, le taux de couverture du sol, le mode de conduite Bio/conventionnel …

8. QUALITE DE VIE AU TRAVAIL

Pour traiter cette partie concernant la qualité de vie au travail j'ai choisi de parler de la compétence « favoriser un dialogue social de qualité ». Afin de poser un contexte, je trouve important de dire que la mission de mon stage était très solitaire. Je suis la seule personne a avoir travaillé sur la thématique de la biodiversité d'arthropodes au GR CIVAM pendant la durée de mon stage. Les interactions nécessaires pour mener à bien ma mission étaient assez restreintes. J'avais deux types d'interlocuteurs : les agriculteurs chez qui j'effectuais mes suivis et les collègues du GR CIVAM et des différentes structures travaillant au MIN de Cavaillon.

Durant le premier mois de mon stage, mon maître de stage m'a emmené faire un tour des parcelles étudiées pour que j'en prenne connaissance avant d'avoir à faire le premier suivi seule. Ce devait être l'occasion de rencontrer les cinq agriculteurs de l'étude. Malheureusement, seuls trois ont pu se rendre disponibles. Par la suite, et tout au long de mon stage, j'ai gardé un contact téléphonique régulier avec chacun des agriculteurs. Cela m'a permis de suivre les différentes interventions sur les parcelles. Ce qui, au-delà de m'aider à mieux comprendre leurs systèmes de cultures, m'a permis de choisir des dates de poses des pièges qui ne soient contraignantes pour aucun des cinq agriculteurs. Une rencontre de clôture du stage est prévue courant septembre-octobre afin de leur présenter les résultats de l'année.

J'ai aussi interagi avec des chercheurs, en particulier Anthony Roume, Vincent Tolon ou Ambroise Martin-Chave par téléphone ou en les rencontrant. Ce lien a été précieux car il m'a apporté une aide sur des sujets où j'avais du mal à progresser seule, à savoir l'entomologie et les statistiques. Ce sont des composantes importantes dans ce stage et sans cette aide, il aurait été bien plus difficile et démoralisant de poursuivre ce travail.

Bien que mes missions ne soient pas en lien direct avec celles de mes collègues, partager leur bureau m'a permis d'avoir une vision de leur métier d'animateur agricole. C'était très intéressant pour moi, d'une part parce que tous travaillent sur des thématiques que je trouve intéressantes et importantes. Mes collègues ont gentiment pris le temps de répondre à mes nombreuses questions sur le fonctionnement de l'association et son historique au niveau local mais aussi régional, et national. Même si les réunions d'équipe officielles sont peu fréquentes, le fait d'avoir été dans un bureau avec deux collègues (dont mon maître de stage) m'a permis de pouvoir discuter de ces questions de façon moins formelle.

Autour des bureaux du GR CIVAM PACA, au MIN de Cavaillon se trouvent les bureaux de plusieurs autres structures agricoles associatives : AGRIBIO 84, l'AFOCG PACA, l'ARDEAR PACA, l'ADEAR 84, le Groupement Oléicole 13, ainsi que la Confédération Paysanne 84. Nous mangions ensemble le midi. Rencontrer les salariés.es de ces structures a été très instructif pour moi. Tous.tes travaillent en lien avec l'agriculture, mais adoptent un point de vue différent sur les problématiques du secteur. Les

discussions que nous avons eu m'ont permis d'appréhender beaucoup de thématiques que je connaissais peu. Cela m'a aussi permis d'avoir une vision plus claire des interactions entre les différents acteurs des réseaux dit « alternatifs » agricoles.

9. CONCLUSION

CONCLUSION SUR LES RESULTATS

Les résultats de ce mémoire ne permettent pas de trancher quant à l'impact des jeunes lignes d'arbres et de leurs lignes sous arborées sur l'activité-densité des arthropodes dans les parcelles de l'échantillon. Seuls quelques résultats sont significatifs et sur certaines parcelles. Malgré cela, les données concernant les carabes et les araignées permettent de mettre en avant des tendances. L'activité densité des arthropodes est régulièrement plus importante sous les lignes d'arbres et dans les infrastructures agroécologiques. Pour les staphylins, les faibles effectifs piégés ne permettent pas d'avancer quoi que ce soit.

Pour ce qui est de la diversité taxonomique des araignées et des carabes, les données statistiques ne sont pas suffisamment tranchées pour donner des conclusions précises. La parcelle (et par extension le contexte pédoclimatique) est le facteur le plus influant sur la diversité spécifique des carabes. La diversité taxonomique des araignées est quant à elle plus impactée par la saisonnalité et l'année de piégeage ce qui peut peut-être être expliqué par les cycles de vie décalés dans le temps des différentes familles.

Les peuplements de carabes observés sont peu équilibrés, des espèces dominantes ont été observées dans chaque parcelle. Ces espèces varient en fonction des parcelles. A l'inverse, des espèces spécifiques à chaque parcelle ont été observées en 2021 et 2022.

Dans ce mémoire, peu de résultats sont significatifs, cela s'explique en partie par l'échantillon de parcelles qui ne permet pas de mettre en place un plan d'échantillonnage rigoureux. Cependant, le stage a été conçu pour répondre aux interrogations des agriculteurs ayant planté des lignes d'arbres dans leurs parcelles, la méthodologie est donc initialement héritée du contexte spécifique à ces parcelles. L'objectif premier est de fournir des données pouvant servir de support d'animation et d'échange avec les agriculteurs et les collectifs porteurs de projets agroforestiers. Il était donc important que les relevés soient faits en conditions paysanne afin que le contexte soit comparable à celui dans lequel les agriculteurs planteront potentiellement.

Il est prévu que le stage soit reconduit encore deux années de suite. Cela permettra de lisser la variabilité annuelle, et d'avoir des résultats plus génériques, mais aussi, peut-être, de constater l'évolution des populations au regard de la croissance des arbres. Les suivis de biodiversités seront complétés à partir de 2023 au sein du projet porté par Arvalis-Institut du Végétal. Ce projet ambitionne

d'étudier un ensemble d'indicateurs variés autour de l'agroforesterie en PACA et permettra une compréhension plus complète des agrosystèmes étudiés.

VALEURS DE LA CHARTRE ETHIQUE DE L'INGENIEUR

La charte d'éthique de l'ingénieur présente les qualités de l'ingénieur.e idéal.e. Plusieurs ont été indispensables pour mener à bien les missions de ce stage. Les premières sont en lien direct avec l'objectif même du stage. La présente étude cherche à connaitre l'impact de réalisation technique sur l'implantation de linaires d'arbres et sur l'environnement : la faune auxiliaire. Cela dans un objectif de soutenabilité des systèmes agricoles, ce qui répond à la démarche « développement durable » avancée dans la charte. La charte stipule qu'un ingénieur doit diffuser sont savoir. Ici l'étude a pour objectif de créer des supports à destination des agriculteurs porteurs de projets agroforestiers.

La mise en place d'un suivi comme celui-ci nécessite de la rigueur dans la mise en place des pièges, la récupération, et l'identification. Sans cela, les données perdent de la valeur et les conclusions ne veulent plus rien dire.

Travailler avec des agriculteurs en saison nécessite une capacité d'adaptation aux imprévus importante. Les dates de traitement et de récolte étant dépendants de la météo et d'autres aléas techniques, il n'est pas toujours possible de caler des dates de relevés dans les parcelles plus tôt que la veille pour le lendemain.

10. BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE, 2020. Fiche territoriale synthétique RA 2020 « Provence-Alpes-Côte d'Azur ». *Agreste – recensements agricoles 2010 et 2020* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : https://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/html/fts_ra2020_provence_alpes_cote_d_azur.html

ALLAIN, S Diwo, 2004. CARABES : auxiliaires des cultures, indicateurs de la Biodiversité d'un milieu. . 2004. pp. 4.

ASCHMANN, Homer, 1984. A Restrictive Definition of Mediterranean Climates. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques* [en ligne]. 1 janvier 1984. Vol. 131, n° 2-4, pp. 21-30. [Consulté le 26 juillet 2022]. DOI 10.1080/01811789.1984.10826643. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1080/01811789.1984.10826643

ASSOUS, Roxane, 2021. Mémoire de fin d'étude. *Étude et suivi des auxiliaires de cultures au sein de jeunes parcelles en agroforesterie céréalière dans un contexte méditerranéen*. octobre 2021.

AUXIMORE, 2014. *Pièges Barber, protocole Auximore*. 2014.

BEER, j, HARVEY, CA, IBRAHIM, M, SOMARRIBA, E et JIMÉNEZ, F, 2003. Fonctions de service des systèmes agroforestiers 12eme Congrès forestier mondial. [en ligne]. 2003. [Consulté le 10 mars 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.fao.org/3/XII/MS20-F.htm

BENHABRI, Mehdi, 2021. le déclin des insectes-Les Notes Scientifiques de l'Office. . 2021. N° 30, pp. 14.

BÉRAL, Camille, 2011. Mémoire de fin d'étude. *Biodiversité fonctionnelle en territoire de grandes cultures : Etude de l'impact de l'activité agricole sur la diversité des coléoptères carabiques en Picardie*. . 2011. pp. 105.

BIRKHOFER, Klaus, ENTLING, Martin H. et LUBIN, Yael, 2013. *Spider Research in the 21st Century: Trends & Perspectives agroecology part : Trait comosition, spatial relationships, trophic interactions* [en ligne]. SSP Siri scientific press. Faculty of life sciences : University of machester UK : Siri Scientific Press. [Consulté le 24 mai 2022]. ISBN 978-0-9574530-1-2. Disponible à l'adresse : ht*tps://books.google.fr/books?id=qSBiZseq7K8C*

BOHAC, Jaroslav, 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. Agriculture, Ecosystems & Environment [en ligne]. juin 1999. Vol. 74, n° 1-3, pp. 357-372. [Consulté le 2 septembre 2022]. DOI 10.1016/S0167-8809(99)00043-2. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880999000432

*BOINOT, Sébastien, FRIED, Guillaume, STORKEY, Jonathan, METCALFE, Helen, BA*RKAOUI, Karim, LAURI, Pierre-Éric et MÉZIÈRE, Delphine, 2019. Alley cropping agroforestry systems: Reservoirs for weeds or refugia for plant diversity? *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. novembre 2019. Vol. 284, pp. 106584. [Consulté le 9 mars 2022]. DOI 10.1016/j.agee.2019.106584. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880919302002

BORGET, Raphaëlle, 2021. Le prix des intrants poursuit son envolée. *La France Agricole* [en ligne]. 22 juillet 2021. [Consulté le 1 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.lafranceagricole.fr/actualites/gestion-et-droit/couts-de-production-le-prix-des-intrants-poursuit-son-envolee-1,0,3212569254.html

BROWN, Peter Michael James, INGELS, Brecht, WHEATLEY, Angela, RHULE, Emma L., DE CLERCQ, Patrick, VAN LEEUWEN, Thomas et THOMAS, Alison, 2015. Intraguild predation by Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) on native insects in Europe: molecular detection from field samples. *Entomological Science* [en ligne]. 2015. Vol. 18, n° 1, pp. 130-133. [Consulté le 31 août 2022]. DOI 10.1111/ens.12092. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ens.12092

CANARD, Alain et ROLLARD, Christine, 2015. *Clé d'identification Araignées extraite du livre à la découverte des araignées de 2015 p64 à 67.* 2015. Dunod. Malakoff. Amateur de nature. ISBN 978-2-10-083427-3.

CANARD, Alain et ROLLARD, Christine, 2022. *A la découverte des araignées*. Dunod. Malakoff. Amateur de nature. ISBN 978-2-10-083427-3.

CARDINAEL, Remi, 2015. Stockage de carbone et dynamique des matières organiques des sols en agroforesterie sous climat méditerranéen et tempéré [en ligne]. Thèse. Montpelier : Paris-saclay. [Consulté le 6 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01306955HAL Id: tel-01306955

CARDOSO, Pedro, PEKÁR, Stano, JOCQUÉ, Rudy et CODDINGTON, Jonathan A., 2011. Global Patterns of Guild Composition and Functional Diversity of Spiders. *PLOS ONE* [en ligne]. 29 juin 2011. Vol. 6, n° 6, pp. e21710. [Consulté le 24 mai 2022]. DOI 10.1371/journal.pone.0021710. Disponible à l'adresse : https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0021710

CELETTE, Florian, 2021. TICTAC21_CELETTE_Cultiver la diversité.pdf. novembre2021 . Cours de spécialisation TIC-TAC à l'ISARA. ISARA. 2021.

CHANZY, Andre, BIDET, Yves, BRICHE, Elodie, CARREGA, Pierre, DUBOIS, Ghislain, GIRAUD, Xavier, GUIOT, Joel, ROSSELLO, Philippe, YOHIA, Christophe, GROUPE RÉGIONAL D'EXPERTS SUR LE CLIMAT EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR, ., A.I.R. CLIMAT, . et MARTIN, Nicolas, 2017. *Les ressources en eau et le changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur,* [en ligne]. 2017. GREC-PACA. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01607699

CLEM, C Scott et HARMON-THREATT, Alexandra N, 2021. Field Borders Provide Winter Refuge for Beneficial Predators and Parasitoids: A Case Study on Organic Farms. GODFREY, Kris (éd.), *Journal of Insect Science* [en ligne]. 1 mai 2021. Vol. 21, n° 3, pp. 2. [Consulté le 25 juillet 2022]. DOI 10.1093/jisesa/ieab027. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/jinsectscience/article/doi/10.1093/jisesa/ieab027/6272550

CRAMER, Wolfgang, GUIOT, Joël, FADER, Marianela, GARRABOU, Joaquim, GATTUSO, Jean-Pierre, IGLESIAS, Ana, LANGE, Manfred A., LIONELLO, Piero, LLASAT, Maria Carmen, PAZ, Shlomit, PEÑUELAS, Josep, SNOUSSI, Maria, TORETI, Andrea, TSIMPLIS, Michael N. et XOPLAKI, Elena, 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* [en ligne]. novembre 2018. Vol. 8, n° 11, pp. 972-980. [Consulté le 11 mai 2022]. DOI 10.1038/s41558-018-0299-2. Disponible à l'adresse : https://www.nature.com/articles/s41558-018-0299-2

DIFFENBAUGH, Noah S., PAL, Jeremy S., GIORGI, Filippo et GAO, Xuejie, 2007. Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophysical Research Letters* [en ligne]. 2007. Vol. 34, n° 11. [Consulté le 13 mai 2022]. DOI 10.1029/2007GL030000. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2007GL030000

DIWO-ALLAIN, S. et BOUT, A, 2004. Impact des aménagements paysagers et des techniques cultureales sur les carabes auxiliaires de culture. *Journées techniques Nationnales Fruits et Légumes Biologiques*. Critt Innophyt, 13 avenue des droits de l'homme, 45921 Orléans Cedex 9. 30 novembre 2004.

DUPRAZ, Christian et LIAGRE, Fabien, 2011. Paris. *Agroforesterie, des arbres et des cultures*. France Agricole. Agrirpoduction. ISBN 978-2-85557-205-5.

FAHRIG, Lenore, BAUDRY, Jacques, BROTONS, Lluís, BUREL, Françoise G., CRIST, Thomas O., FULLER, Robert J., SIRAMI, Clelia, SIRIWARDENA, Gavin M. et MARTIN, Jean-Louis, 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes: Heterogeneity and biodiversity. *Ecology Letters* [en ligne]. février 2011. Vol. 14, n° 2, pp. 101-112. [Consulté le 26 juillet 2022]. DOI 10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x

FAO, 2009. *How to feed the world in 2050*. 2009. Microsoft Word - Synthesis_Report.doc (fao.org)

FAUCHERRE, Numa, 2021. L'agroforesterie par AGROOF. . Cours de spécialisation TIC-TAC à l'ISARA. ISARA - Lyon. 12 novembre 2021.

FERRER, Aurélie, 2021. Insights into Biological Control. . novembre 2021. Cours de spécialisation TIC-TAC à l'ISARA. ISARA - Lyon. 12 novembre 2021.

FOURNIER, Elisabeth et LOREAU, Michel, 2002. Foraging activity of the carabid beetle Pterostichus melanarius Ill. in field margin habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. janvier 2002. Vol. 89, n° 3, pp. 253-259. [Consulté le 17 août 2022]. DOI 10.1016/S0167-8809(01)00216-X. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016788090100216X

GALLÉ, Róbert, GEPPERT, Costanza, FÖLDESI, Rita, TSCHARNTKE, Teja et BATÁRY, Péter, 2020. Arthropod functional traits shaped by landscape-scale field size, local agri-environment schemes, and edge effects. *Basic and Applied Ecology* [en ligne]. novembre 2020. Vol. 48, pp. 102-111. [Consulté le 24 mai 2022]. DOI 10.1016/j.baae.2020.09.006. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1439179120300979

GIANNAKOPOULOS, C., LE SAGER, P., BINDI, M., MORIONDO, M., KOSTOPOULOU, E. et GOODESS, C. M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*. 1 août 2009. Vol. 68, n° 3, pp. 209-224.DOI 10.1016/j.gloplacha.2009.06.001.

GIEC, 2018. GIEC, 2018 : Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels. [en ligne]. 2018. [Consulté le 1 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

GOLDEWIJK, Kees Klein, 2001. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. *Global Biogeochemical Cycles* [en ligne]. juin 2001. Vol. 15, n° 2, pp. 417-433. [Consulté le 11 juillet 2022]. DOI 10.1029/1999GB001232. Disponible à l'adresse : http://doi.wiley.com/10.1029/1999GB001232

GRALL, J et COÏC, N, 2003. *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*. 2003.

GRIFFITHS, J., PHILLIPS, D. S., COMPTON, S. G., WRIGHT, C. et INCOLL, L. D., 1998. Responses of Slug Numbers and Slug Damage to Crops in a Silvoarable Agroforestry Landscape. *Journal of Applied Ecology*

[en ligne]. 1998. Vol. 35, n° 2, pp. 252-260. Disponible à l'adresse : http://www.jstor.org/stable/2405124

GUILLAUME DELACROIX, 2022. La population de la Terre va dépasser les 8 milliards d'habitants avant la fin de l'année. *Le Monde.fr* [en ligne]. 11 juillet 2022. [Consulté le 1 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/07/11/la-population-de-la-terre-va-depasser-les-8-milliards-d-habitants-avant-la-fin-de-l-annee_6134241_3244.html

GUILLOT, Esther, HINSINGER, Philippe, DUFOUR, Lydie, ROY, Jacques et BERTRAND, Isabelle, 2019. With or without trees: Resistance and resilience of soil microbial communities to drought and heat stress in a Mediterranean agroforestry system. *Soil Biology and Biochemistry* [en ligne]. 1 février 2019. Vol. 129, pp. 122-135. [Consulté le 27 juillet 2022]. DOI 10.1016/j.soilbio.2018.11.011. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718303869

GUYOT, G., 1990. Brise-vent, pare-feu et sylviculture. *Revue forestière française* [en ligne]. 1990. Vol. 42, n° S, pp. 93-105. [Consulté le 24 mai 2022]. DOI 10.4267/2042/26172. Disponible à l'adresse : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03425309

GUYOT, G. et SEGUIN, B., 1978. Influence du bocage sur le climat d'une petite region: Resultats des mesures effectuees en bretagne. *Agricultural Meteorology* [en ligne]. octobre 1978. Vol. 19, n° 5, pp. 411-430. [Consulté le 24 mai 2022]. DOI 10.1016/0002-1571(78)90027-4. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002157178900274

HACKSTON, Mike, 2013. *Familly Carabidae. Key to genus after Lindroth (1974) adapted by Mike Hackston (2013)*. 2013.

HALSALL, Nigel B. et WRATTEN, Stephen D., 1988. The efficiency of pitfall trapping for polyphagous predatory Carabidae. *Ecological Entomology* [en ligne]. août 1988. Vol. 13, n° 3, pp. 293-299. [Consulté le 17 août 2022]. DOI 10.1111/j.1365-2311.1988.tb00359.x. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2311.1988.tb00359.x

HOLLAND, John, 2002. Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. In : . pp. 1-40. ISBN 978-1-898298-76-2.

HONEK, Alois, MARTINKOVA, Zdenka et JAROSIK, Vojtech, 2013. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *EJE* [en ligne]. 1 janvier 2013. Vol. 100, n° 4, pp. 531-544. [Consulté le 16 août 2022]. DOI 10.14411/eje.2003.081. Disponible à l'adresse : http://www.eje.cz/doi/10.14411/eje.2003.081.html

INRA, 2015. CarabAgri. [en ligne]. 2015. [Consulté le 9 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://dynafor.toulouse.inra.fr/carabagri/index.php?sujet=determination

INURRETA AGUIRRE, Hector, 2015. *À la recherche de la facilitation en agroforesterie : la présence des arbres réduit-elle les stress hydrique et thermique dans les dernières phases de croissance des céréales d' hiver en climat méditerranéen ? Une approche expérimentale et de modélisation* [en ligne]. These en préparation. Montpellier, SupAgro. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.theses.fr/s191107

IPCC, WGII, 2022. 6 : *Climate Change 2022 Impact, Adaptation and Vulnerability Summary for Policymakers Working g*. Intergovernemental Panel on climate change. / : IPCC.

IRMLER, Ulrich, KLIMASZEWSKI, Jan et BETZ, Oliver, 2018. Introduction to the Biology of Rove Beetles. In : BETZ, Oliver, IRMLER, Ulrich et KLIMASZEWSKI, Jan (éd.), *Biology of Rove Beetles (Staphylinidae)*

[en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 1-4. [Consulté le 23 mai 2022]. ISBN 978-3-319-70255-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-70257-5_1

IRMLER, Ulrich et LIPKOW, Erhard, 2018. Effect of Environmental Conditions on Distribution Patterns of Rove Beetles. In : BETZ, Oliver, IRMLER, Ulrich et KLIMASZEWSKI, Jan (éd.), *Biology of Rove Beetles (Staphylinidae)* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 117-144. [Consulté le 23 mai 2022]. ISBN 978-3-319-70255-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-70257-5_7

JEANNEL, R, 1941. *Faune de France 39 Coléopetères Carabiques (première partie)*. 1941.

JEANNEL, R, 1942. *Faune de France 40Coléopetères Carabiques (deuxième partie)*. 1942.

JOSE, Shibu, 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* [en ligne]. mai 2009. Vol. 76, n° 1, pp. 1-10. [Consulté le 10 mars 2022].DOI 10.1007/s10457-009-9229-7. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s10457- 009-9229-7

JUNG, Vincent, VIOLLE, Cyrille, MONDY, Cédric, HOFFMANN, Lucien et MULLER, Serge, 2010. Intraspecific variability and trait-based community assembly. *Journal of Ecology* [en ligne]. 2010. Vol. 98, n° 5, pp. 1134-1140. [Consulté le 31 août 2022]. DOI 10.1111/j.1365-2745.2010.01687.x. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2745.2010.01687.x

KARP, Daniel S., CHAPLIN-KRAMER, Rebecca, MEEHAN, Timothy D., MARTIN, Emily A., DECLERCK, Fabrice et AND 150 OTHERS, 2018. Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en ligne]. 14 août 2018. Vol. 115, n° 33, pp. E7863-E7870. [Consulté le 23 mars 2022]. DOI 10.1073/pnas.1800042115. Disponible à l'adresse : https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1800042115

KROMP, Bernhard, 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. . 1999. pp. 42.

LE ROUX, Xavier, BARBAULT, Robert, BAUDRY, Jacques, BUREL, Françoise, DOUSSAN, Isabelle, GARNIER, Eric, HERZOG, Felix, LAVOREL, Sandra, LIFRAN, Robert, ROGER-ESTRADE, Jean, SARTHOU, Jean-Pierre et TROMMETTER, Michel, 2012. *Agriculture et biodiversité* [en ligne]. 2012. Quae (Matièresàdébattreetdécider),. Editions Quae (Matières à débattre et décider). [Consulté le 2 septembre 2022]. Agriculture et biodiversité. Disponible à l'adresse : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01173714

LEBOURGEOIS, D, DE MONTAIGNE, Anne et ROBERT, Céline, 2014. Guide d'élaboration d'un protocole d'observation des auxiliaires entomophages en grandes cultures. . 2014. pp. 45.

LÖVEI, Gabor L. et MAGURA, Tibor, 2017. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity is higher in narrow hedges composed of a native compared to non-native trees in a Danish agricultural landscape. STEWART, Alan et BOLGER, Thomas (éd.), *Insect Conservation and Diversity* [en ligne]. mars 2017. Vol. 10, n° 2, pp. 141-150. [Consulté le 17 mars 2022]. DOI 10.1111/icad.12210. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/icad.12210

MAELFAIT, Jean-Pierre, 1988. LES ARAIGNEES SONT-ELLES DE BONS INDICATEURS ECOLOGIQUES? . 1988. pp. 6.

MALÉZIEUX, E., CROZAT, Y., DUPRAZ, C., LAURANS, M., MAKOWSKI, D., OZIER-LAFONTAINE, H., RAPIDEL, B., TOURDONNET, S. et VALANTIN-MORISON, M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* [en ligne]. mars 2009. Vol. 29, n° 1, pp. 43-62. [Consulté le 26 juillet 2022]. DOI 10.1051/agro:2007057. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1051/agro:2007057

MARC, Patrick et CANARD, Alain, 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. 1997. Vol. 62, n° 2-3, pp. 229-235. [Consulté le 23 mai 2022]. DOI 10.1016/S0167-8809(96)01133-4. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880996011334

MARC, Patrick, CANARD, Alain et YSNEL, Frédéric, 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. . 1999. pp. 45.

MARREC, Ronan, BADENHAUSSER, Isabelle, BRETAGNOLLE, Vincent, BÖRGER, Luca, RONCORONI, Marilyn, GUILLON, Nadine et GAUFFRE, Bertrand, 2015. Crop succession and habitat preferences drive the distribution and abundance of carabid beetles in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. janvier 2015. Vol. 199, pp. 282-289. [Consulté le 27 juillet 2022]. DOI 10.1016/j.agee.2014.10.005. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016788091400468X

MARSDEN, Claire, MARTIN-CHAVE, Ambroise, CORTET, Jérôme, HEDDE, Mickaël et CAPOWIEZ, Yvan, 2020. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions - a review. *Plant and Soil* [en ligne]. août 2020. Vol. 453, n° 1-2, pp. 29-44. [Consulté le 12 avril 2022]. DOI 10.1007/s11104-019-04322-4. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s11104-019-04322- 4[Consulté le 8 mars 2022].

MARTIN, Antoine, 2014. Suivi des auxiliaires invertébrés épigés : Comparaison de protocoles de suivi en systèmes de grandes cultures dans le cadre du CASDAR « Auximore ».Mémoire de fin d'étude . 2014. pp. 111. [Consulté le 8 mars 2022].

MARTIN-CHAVE, Ambroise, 2018. Facteurs de régulation naturelle des bio-agresseurs par les cortèges de prédateurs généralistes: effets microclimatiques dans un système maraîcher agroforestier biologique [en ligne]. Thèse. Avignon : Sciences et Agrosciences (ED536) Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. [Consulté le 8 mars 2022]. Disponible à l'adresse : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01945906/document

MARTIN-CHAVE, Ambroise, BÉRAL, Camille, MAZZIA, Christophe et CAPOWIEZ, Yvan, 2019. Agroforestry impacts the seasonal and diurnal activity of dominant predatory arthropods in organic vegetable crops. Agroforestry Systems [en ligne]. décembre 2019. Vol. 93, n° 6, pp. 2067-2083. [Consulté le 14 mars 2022]. DOI 10.1007/s10457-018-0309-4. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s10457-018-0309-4

MASQUIN, Paul, LAURI, Pierre-Éric et CASSAGNE, Nathalie, 2022. *Le pommier en agroforesterie : Dynamique des ravageurs et de leurs ennemis naturels-Mémoire de Fin d'Etude*. 2021. [Consulté le 8 mars 2022].

MASSALOUX, D, 2020. Thèse. Carabids and other beneficial arthropods in cereal crops and permanent grasslands and influence of field and landscape parameters. . 2020. pp. 219. https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/tel-02886480v2 [Consulté le 8 mars 2022].

MASSON, Marine, 2018. Les auxiliaires des cultures : Les connaitre et les favoriser. Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme. [en ligne]. 2018. [Consulté le 23 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://extranet-puy-de-dome.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/Auxiliaire_des_cultures_-_Decembre_2018.pdf

MICHALKO, Radek, PEKÁR, Stano et ENTLING, Martin H., 2019. An updated perspective on spiders as generalist predators in biological control. *Oecologia* [en ligne]. janvier 2019. Vol. 189, n° 1, pp. 21-36. [Consulté le 24 mai 2022]. DOI 10.1007/s00442-018-4313-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s00442-018-4313-1

NENTWIG, Wolfgang, 2015. Spiders of Europe. [en ligne]. 2015. [Consulté le 9 mai 2022]. DOI 10.24436/1. Disponible à l'adresse : https://araneae.nmbe.ch/

NZCOOPS, 2011. Anova * – Type I/II/III SS explained | R-bloggers. [en ligne]. 2 mars 2011. [Consulté le 31 août 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.r-bloggers.com/2011/03/Anova *-%e2%80%93-type-iiiiii-ss-explained/

OIEAU, Office internationnal de l'esau et OFB, Office français de la biodiversité, 2021. *Bulletin national de situation hydrologique* [en ligne]. 2021. [Consulté le 2 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2021-08/bsh_08_2021_vf_compressed.pdf

OIEAU, Office internationnal de l'esau et OFB, Office français de la biodiversité, 2022. *Bulletin national de situation hydrologique du 11 aout 2022* [en ligne]. 2022. [Consulté le 2 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2022-08/bsh_08_2022_vf.pdf

OLESEN, J.E., TRNKA, M., KERSEBAUM, K.C., SKJELVÅG, A.O., SEGUIN, B., PELTONEN-SAINIO, P., ROSSI, F., KOZYRA, J. et MICALE, F., 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* [en ligne]. février 2011. Vol. 34, n° 2, pp. 96-112. [Consulté le 20 juillet 2022]. DOI 10.1016/j.eja.2010.11.003. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030110001061

PARDON, P., REHEUL, D., MERTENS, J., REUBENS, B., DE FRENNE, P., DE SMEDT, P., PROESMANS, W., VAN VOOREN, L. et VERHEYEN, K., 2019. Gradients in abundance and diversity of ground dwelling arthropods as a function of distance to tree rows in temperate arable agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. février 2019. Vol. 270-271, pp. 114-128. [Consulté le 14 juin 2022]. DOI 10.1016/j.agee.2018.10.017. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880918304407

PENNEY, David, 2013. *Spider Research in the 21st Century: Trends & Perspectives - Preface*. Siri Scientific Press. ISBN 978-0-9574530-1-2.

PURVIS, Gordon et FADL, Abdoulla, 2002. The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia* [en ligne]. janvier 2002. Vol. 46, n° 5, pp. 452-474. [Consulté le 17 août 2022]. DOI 10.1078/0031-4056-00152. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031405604701614

RICHARD, Romain, CAHON, Thomas, LLANDRES, Ana L., LE LEVIER, Lisa, PROUDHOM, Grégoire et CASAS, Jérôme, 2020. Alley cropping agroforestry mediates carabid beetle distribution at a micro-habitat scale. *Agroforestry Systems* [en ligne]. février 2020. Vol. 94, n° 1, pp. 309-317. [Consulté le 7 avril 2022]. DOI 10.1007/s10457-019-00390-8. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s10457-019-00390-8

ROGER, Jean Luc, JAMBON, Olivier et BOUGER, Guillaume, 2016. *Clé de détermination des carbides en Armorique. Paysages agricoles du Nord Ouest de la France.* 2016.

RUSSO, Lisa, 2014. Les Alpes-de-Haute-Provence face aux impacts du changement climatique.pdf. [en ligne]. 2014. [Consulté le 26 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : https://ia600601.us.archive.org/6/items/LesAlpesDeHauteProvenceFaceAuxImpactsDuChangementClimatique/Les%20Alpes-de-Haute-Provence%20face%20aux%20impacts%20du%20changement%20climatique.pdf

SAADANE, Oussama, 2018. *L'IMPACT DES PESTICIDES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE HUMAINE ET METHODES ALTERNATIVES* [en ligne]. Thesis. [Consulté le 1 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/17009

SÁNCHEZ-BAYO, Francisco et WYCKHUYS, Kris A.G., 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* [en ligne]. avril 2019. Vol. 232, pp. 8-27.[Consulté le 16 mars 2022]. DOI 10.1016/j.biocon.2019.01.020. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320718313636

SCHIRMEL, Jens, LENZE, Sarah, KATZMANN, Daniel et BUCHHOLZ, Sascha, 2010. Capture efficiency of pitfall traps is highly affected by sampling interval: Pitfall trap catch and sampling interval. *Entomologia Experimentalis et Applicata* [en ligne]. 5 juillet 2010. Vol. 136, n° 2, pp. 206-210. [Consulté le 22 juillet 2022]. DOI 10.1111/j.1570-7458.2010.01020.x. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1570-7458.2010.01020.x

SMITH, Jo, PEARCE, Bruce D. et WOLFE, Martin S., 2013. Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems* [en ligne]. mars 2013. Vol. 28, n° 1, pp. 80-92. [Consulté le 17 mars 2022]. DOI 10.1017/S1742170511000585. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1742170511000585/type/journal_article

TAMBURINI, Giovanni, BOMMARCO, Riccardo, WANGER, Thomas Cherico, KREMEN, Claire, VAN DER HEIJDEN, Marcel G. A., LIEBMAN, Matt et HALLIN, Sara, 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances* [en ligne]. 6 novembre 2020. Vol. 6, n° 45, pp. eaba1715. [Consulté le 22 mars 2022]. DOI 10.1126/sciadv.aba1715. Disponible à l'adresse : https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aba1715

TANAKA, Koichi et BABA, Yuki G., 2016. Environmentally Friendly farming and Multi-scaleenvionmental factor Influence Generalist prédators community in Rice Paddy Ecosystems of japan. [en ligne]. 2016. [Consulté le 24 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/niaes6/niaes_6_171.pdf

TENAILLEAU, Mickaël, DOR, Charlotte et MAILLET-MEZERAY, Julie, 2011. Synthèse bibliographique sur l'écologie des Carabidae. Projet Casdar. 2011. pp. 73.

THEROND, Olivier et DURU, Michel, 2019. Agriculture et biodiversité: les services écosystémiques, une voie de réconciliation ? *Innovations Agronomiques* [en ligne]. 2019. Vol. 75, pp. 29-47. [Consulté le 22 mars 2022]. DOI 10.15454/gldz6i. Disponible à l'adresse : https://hal.archives- ouvertes.fr/hal-02154655

TORRALBA, Mario, FAGERHOLM, Nora, BURGESS, Paul J., MORENO, Gerardo et PLIENINGER, Tobias, 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en ligne]. août 2016. Vol. 230, pp. 150-161.

[Consulté le 27 juillet 2022]. DOI 10.1016/j.agee.2016.06.002. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880916303097

TRAUTNER, Jürgen et GEIGEMÜLLER, Katrin, 1987. *Tiger beetles Gournd beetles*. 1987.

TSCHARNTKE, Teja, BOMMARCO, Riccardo, CLOUGH, Yann, CRIST, Thomas O., KLEIJN, David, RAND, Tatyana A., TYLIANAKIS, Jason M., NOUHUYS, Saskya van et VIDAL, Stefan, 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* [en ligne]. décembre 2007. Vol. 43, n° 3, pp. 294-309. [Consulté le 26 juillet 2022]. DOI 10.1016/j.biocontrol.2007.08.006. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1049964407001892

UDAWATTA, Ranjith P., KREMER, Robert J., ADAMSON, Brandon W. et ANDERSON, Stephen H., 2008. Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. *Applied Soil Ecology* [en ligne]. juin 2008. Vol. 39, n° 2, pp. 153-160. [Consulté le 27 juillet 2022].DOI 10.1016/j.apsoil.2007.12.002. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139307001801

11. ANNEXES

Annexe 1 : description synthétique des parcelles de l'étude 65
Annexe 2 : Nombre de pots manquant par modalité et par suivi 66
Annexe 3 : Nombre de pots ayant piégé un rongeur au cours des saison 2021 et 2022 66
Annexe 5 : Graphique des valeurs propres de l'AFC* des Carabes 67
Annexe 4 : Graphique des valeurs propres de l'AFC* des Araignées 67
Annexe 6: Tableau synthétique des indices de biodiversité par modalité en fonction des parcelles et de l'année 68
Annexe 7 : Résultats des tests de Tuckey pour AD des carabes dans la parcelle H. 69
Annexe 8 : Graphiques des AD des carabes en fonction des modalités et de l'année pour les parcelles C, G et M 69
Annexe 9 : AD des staphylins en fonction des modalités pour toutes les parcelles confondues et dans la parcelle M 70
Annexe 10 : Graphique des AD des Araignées en fonction des modalités pour toutes les parcelles, dans la parcelle C, la parcelle M et la parcelle G 71
Annexe 11 : Répartition des espèces capturées sur les 5 parcelles sur 2 ans 72
Annexe 12 : Tableau des espèces dominantes par année 73

Caractéristiques / Parcelles	Implantation	Inter-rang	Ligne d'arbre (nbr/type/taille)	Surface	Culture en place	Précédent	Conduite	Utilisation PPP	Travail du sol	Irrigation	Récolte	Pluviometrie annuelle moyenne 1990-2020	élément paysagé	Témoin agricole
Valensole-Bo	2017	44m	Bois d'œuvre 3 lignes	5.3 ha	Petit épautre (dans bande étudiée)	Blé tendre	AB (depuis 2017)	Non	Oui	Non en 2022	Mi-juillet	671,9 mm	Ripisylve en bord de parcelle	/
Ste Baume -P	2017	16m	Essences méliferes 7 lignes de 135m	1,3 ha	Prairie permanente	Prairie permanente	SD et agriculture raisonée	Non	Non	Non	fin juin	1001,8 mm	Forêt de St Baume bordure sud	/
Beaurecueil -A	2019	25m	Amandiers 4 lignes	1,02ha en AF	Luzerne	Blé dure	Agriculture raisonnée	désherbage chimique	Labour avant implantation puis rouleau	Non	/	608 mm	Verger d'amandier 0.68ha	Parcelle adjacente en céréales pure 2ha
Forcalquier -Sf	2018	9m	Chênes et sp truffières 5 lignes de 160m	1,5 ha	Blé	Sainfoin	AB (depuis 2000)	Non	Oui	Dans ligne d'arbre à partir de juin	Début juillet	693,2 mm	Quelques bosquets autour de la parcelle	/
Vinon - Sd	2020 / 2021	72m	Bois d'œuvre, amandier arbustes 6 lignes de 300m	11 ha et 11ha en céréales pures	Févrole	<orge	SD et agriculture de conservation (depuis 2009)	Oui pour gérer les couverts	Non	Oui, d'avril à juin	fin juin	607,5 mm	Abs car paysage d'openfield	Abs en 2022

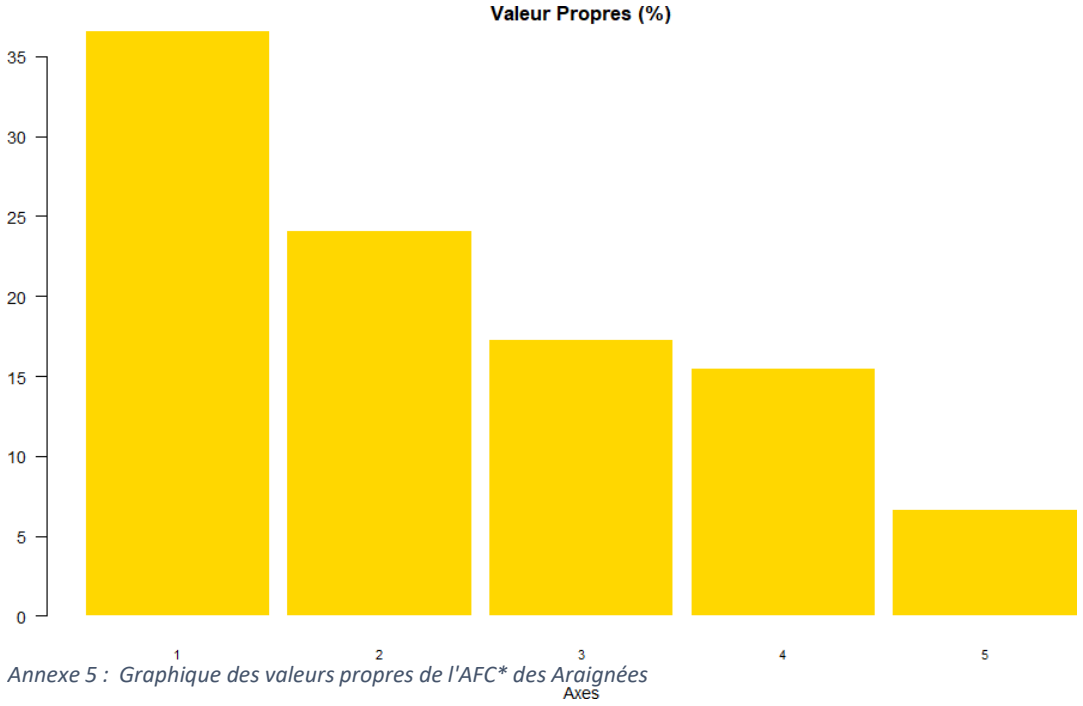
Annexe 1 : description synthétique des parcelles de l'étude

			2021					2022					% de manquant par modalité par parcelle
			Avril	mai	juin	juillet	Aout	Avril	mai	juin	juillet	Aout	
pots manquants	M	la				3					2	2	23%
		ml				3				1	2	2	27%
		iae			2	2		1	2	2			30%
		ta	1			3					2	3	30%
	G	la		1		1	1					3	20%
		10m						1				2	10%
		ml									1	2	10%
		ta						3	3	3	3	3	50%
	P	la		1									3%
		10m											0%
		ml											0%
		iae			1								3%
	H	la											0%
		la2											0%
		iae											0%
	C	la											0%
		ml											0%
		iae				2	1						10%
% de manquant par suivis			2%	4%	6%	26%	4%	9%	9%	11%	19%	31%	12%

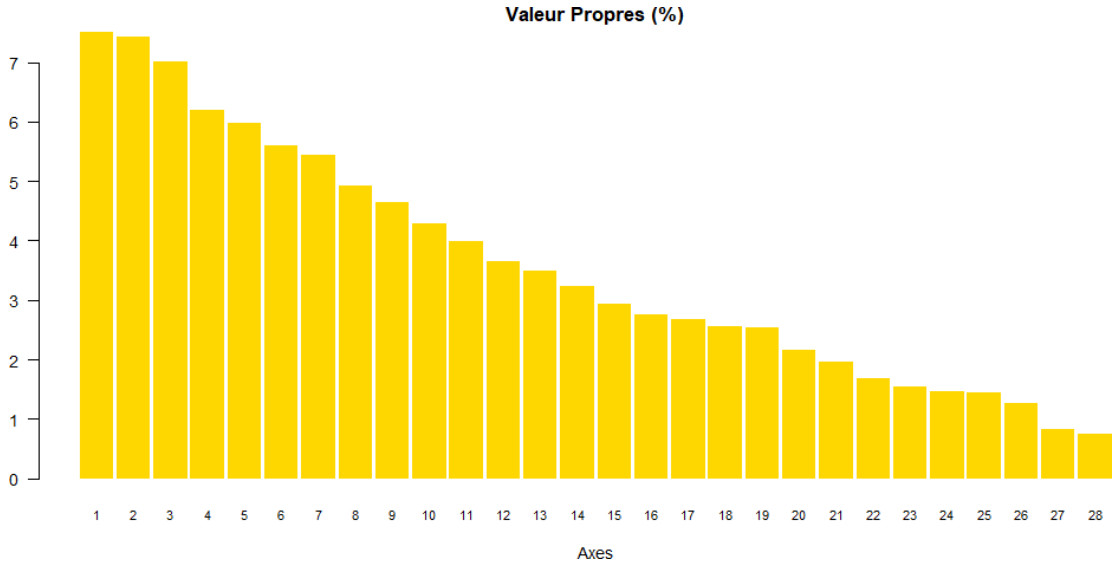
Annexe 2 : Nombre de pots manquant par modalité et par suivis

			2021					2022					% de pots avec des rongueurs
			Avril	mai	juin	juillet	Aout	Avril	mai	juin	juillet	Aout	
Rongeurs piégés	M	iae							1				3%
	P	10m		1									3%
		iae										1	3%
	C	la						1	2	2			17%
% de pots avec des rongueurs			0%	2%	0%	0%	0%	2%	6%	4%	0%	2%	2%

Annexe 3 : Nombre de pot ayant piégé un rongeur au cours des saison 2021 et 2022



Annexe 5 : Graphique des valeurs propres de l'AFC des Araignées*



Annexe 4 : Graphique des valeurs propres de l'AFC des Carabes*

	Année	Indice	Parcelle	la	10m	mil	iae	total
Araignées	2021	AD	P	44	29	23	70	166
			H	79			17	96
			C	146		152	40	338
			G	125	105	115		345
			M	50		45	39	134
	2022	AD	P	245	127	92	134	598
			H	105			147	252
			C	126		70	116	312
			G	143	71	75		289
			M	21		8	9	38
Staphylin	2021	AD	P	21	3	6	4	34
			H	7			4	11
			C	11		10	8	29
			G	6	5	5		16
			M	2		8		10
	2022	AD	P	82	16	19	14	131
			H					0
			C	49		27	58	134
			G	14	57	44		115
			M	21		8	9	38
Carabe	2021	AD	P	44	29	23	70	166
			H	79			17	79
			C	26		34	57	117
			G	31	32	20		83
			M	13		3	32	48
		Richesse spécifique	P	10	9	6	5	14
			H	12			7	15
			C	9		7	7	19
			G	14	7	6		15
			M	7		3	5	10
		Shanon	P	0,3566565	0,2604356	0,0952226	13398134	0,211574
			H	0,346085			0,210721	0,3009637
			C	0,3169077		0,1819402	0,112659	0,2038356
			G	0,3917537	0,3093302	0,3438292		0,343044
			M	0,270957		0,030103	0,1169598	0,1393399
		Pièlou	P	0,4268	0,409774	0,09234	0,26408	0,29924
			H	0,51589			0,55	0,55276
			C	0,45142		0,2742	0,13028	0,2853
			G	0,4847	0,388684	0,58608		0,4858733
			M	0,42998	0,16842		0,1	0,2328
	2022	AD	P	152	61	77	48	338
			H	64			15	79
			C	28		14	64	106
			G	38	33	35		106
			M	13		1	5	19
		Richesse spécifique	P	17	12	15	9	25
			H	18			6	21
			C	9		7	19	22
			G	10	8	7		15
			M	9		1	3	12
		Shanon	P	0,5415552	0,4365104	0,2217617	0,3664039	0,3915601
			H	0,3921752			0,1587988	0,314383
			C	0,3130529		0,1823891	0,551901	0,3502107
			G	0,3501723	0,3158119	0,2868041		0,3175961
			M	0,1855472		0	0	0,061849
		Pièlou	P	0,522175	0,390125	0,21425	0,5397	0,4165625
			H	0,4568375			0,209625	0,3744333
			C	0,329		0,316125	0,514425	0,3831833
			G	0,3541125	0,48175	0,29065		0,3755083
			M	0,277775	0		0	0,0925092

Annexe 6: Tableau synthétique des indices de biodiversité par modalité en fonction des parcelles et de l'année

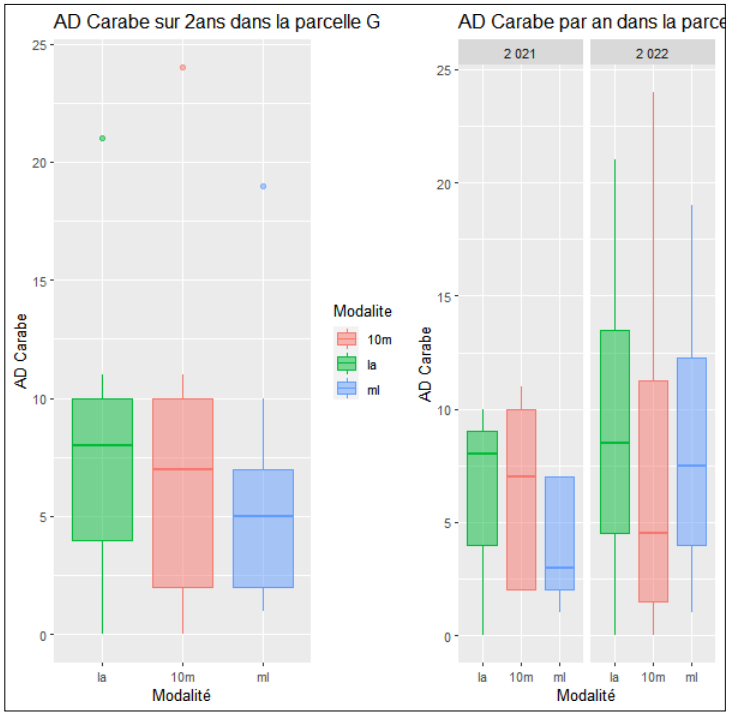
Test de tukey sur la parcelle :			H
	2021	2022	both
la-iae	0.1153127	0.1615277	0.0264402
Tukey multiple comparisons of means 90% family-wise confidence level			

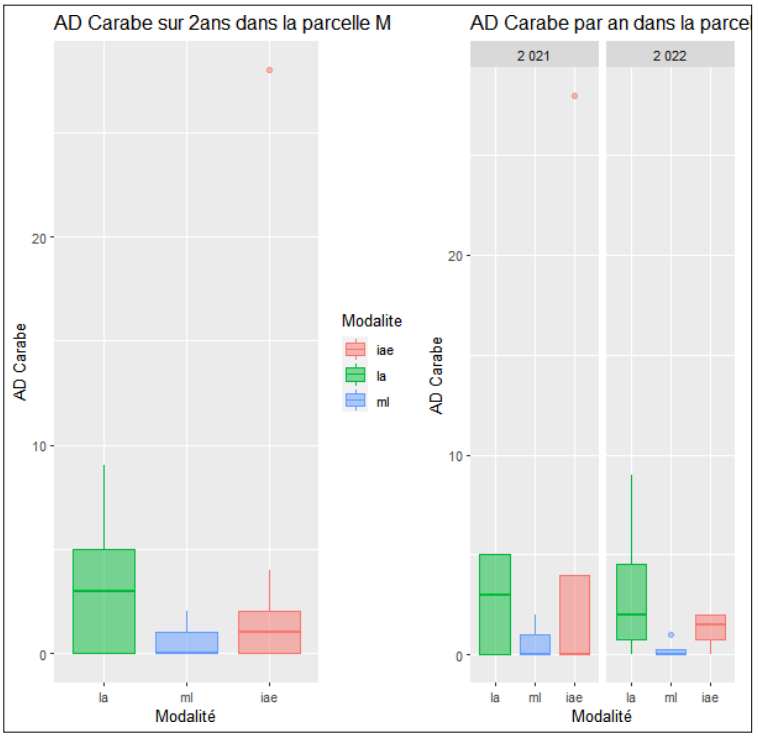
Annexe 7 : Résultats des tests de Tuckey pour AD des carabes dans la parcelle H.

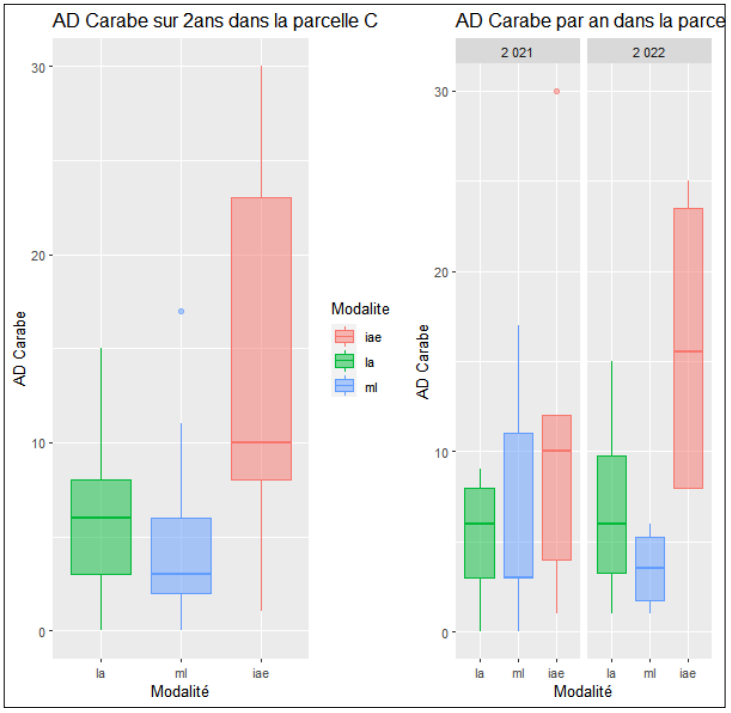
Test de tukey sur la parcelle :		Septembre 2022 C
	2021	2022	both
la-iae	0.4592687	0.1815749	0.0898967
ml-iae	0.6431897	0.0574583	0.0603415
ml-la	0.9462580	0.7372921	0.9786705
Tukey multiple comparisons of means 90% family-wise confidence level			

Annexe 8

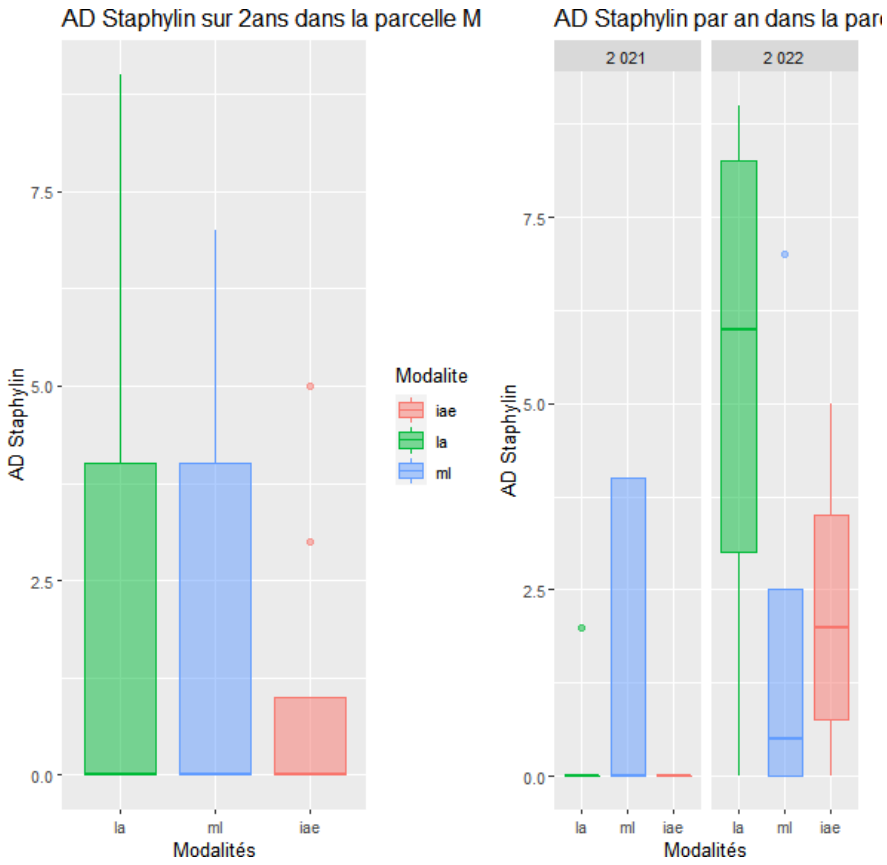
: Graphiques des AD des carabes en fonction des modalités et de l'année pour les parcelles C, G et M

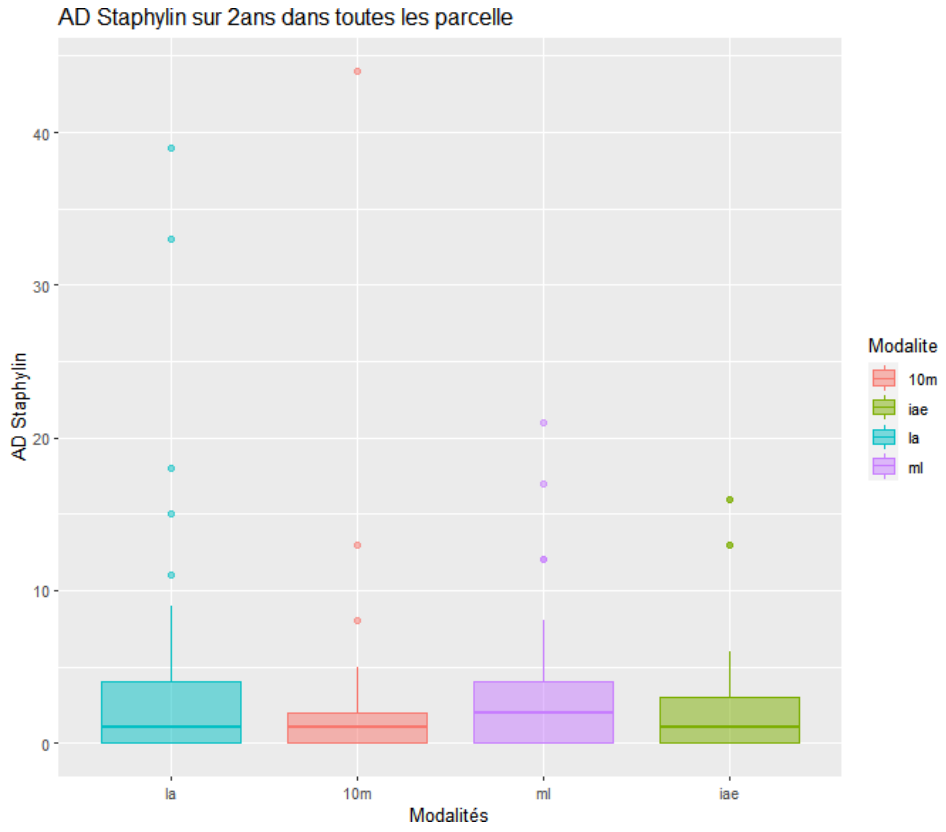




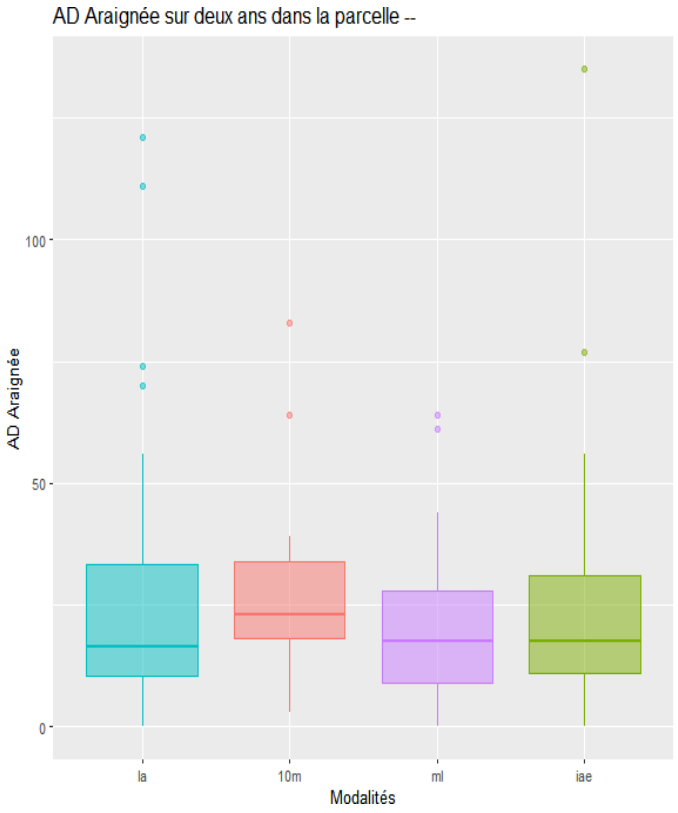


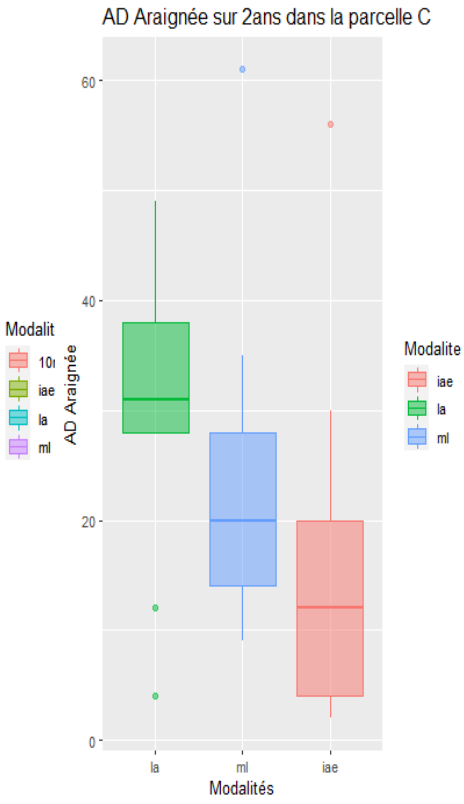
Annexe 9 : AD des staphylins en fonction des modalités pour toutes les parcelles confondues et dans la parcelle M.

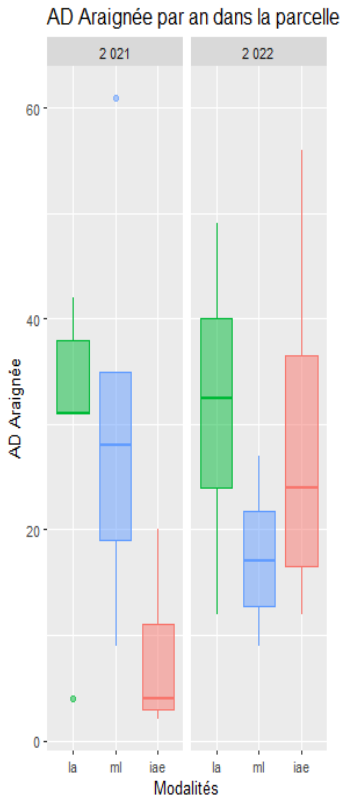


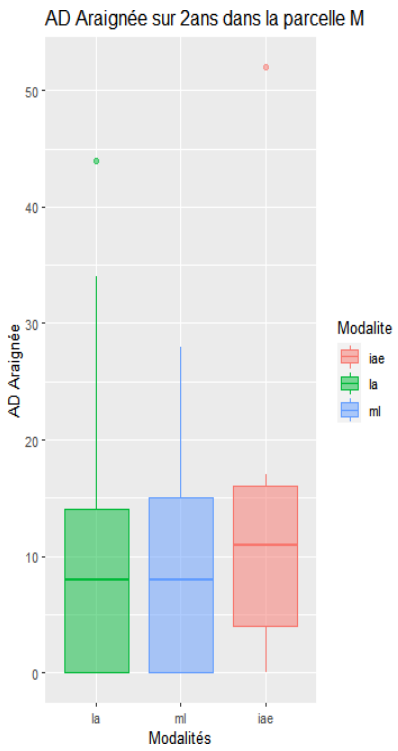


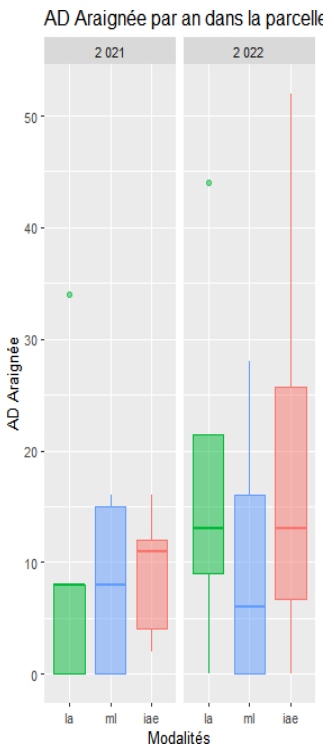
Annexe 10 : Graphique des AD des Araignées en fonction des modalités pour toutes les parcelles, dans la parcelle C, la parcelle M et la parcelle G

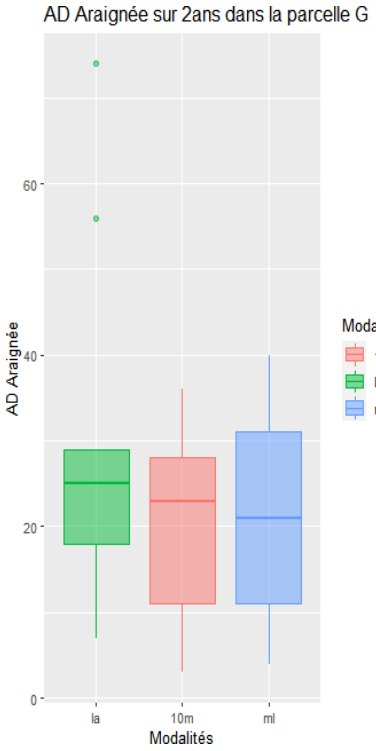


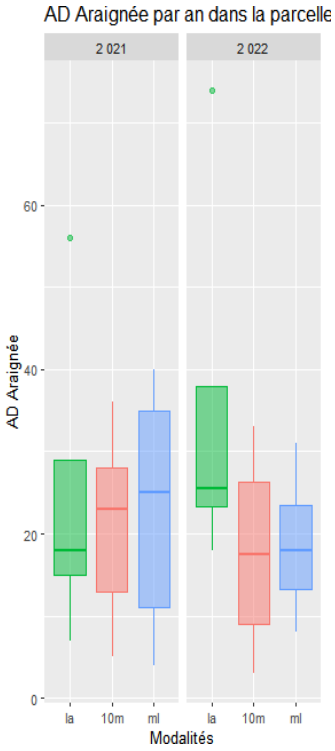


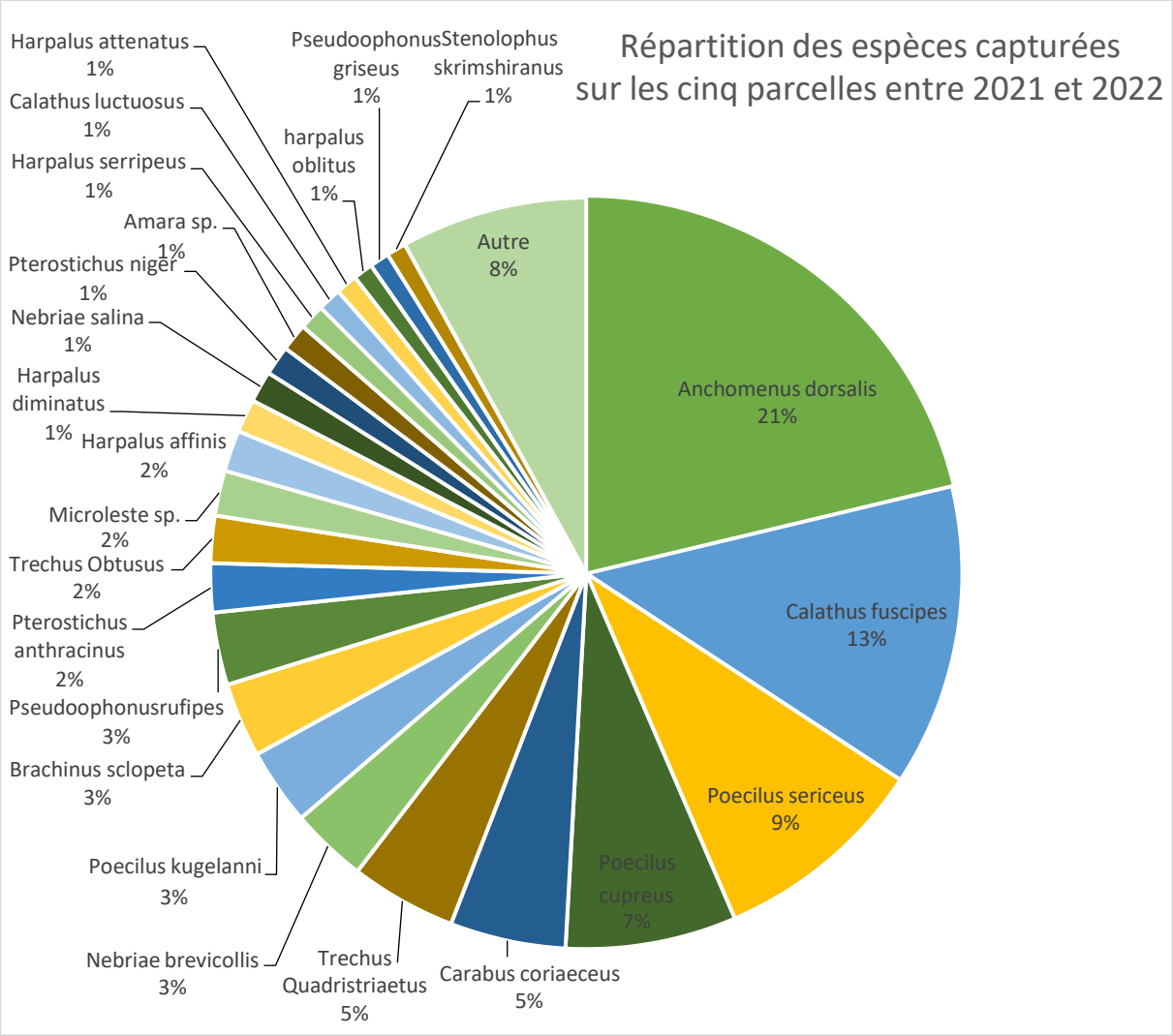












Annexe 11 : Répartition des espèces capturées sur les 5 parcelles sur 2 ans

Les espèces dont moins de 10 individus ont été observés sur l'ensemble des suivis ont étés regroupés dans la catégorie "autres" pour une meilleure lisibilité du graphique. Il s'agit de *Acinopus picipes, Brachinus crepitans, Calasoma maderea, Calathus erratus, Calathus monocephalus ou Cinthus, Calathus rotondiciollis, Cephalophonus cephalotes, Chaenius algericus parallepidus, Cicindela campestris, Dixus capito, Dyschirius Sp., Harpalus pigmatus, Harpalus tardus, Licinus silphoides, Metalina sp. , Notiophilus biggattatus, Notiophilus rufipes, Ophonus azureus, Platyderus sp., Poecilus kogi, Poecilus punctualatus, Poecilus Versicolor, Pterostichus cristatus,* et *Pterostichus melanarius.*

		Activité-densité			Fréquence en %		
Sans ta	Espèces identitfiées	21	22	Total	21	22	Total
Espéces étudiées dans l'AFC	Anchomenus dorsalis	79	161	240	14,6	25,1	20,73
	Calathus fuscipes	67	89	156	12,4	13,9	13,47
	Poecilus sericeus	51	61	112	9,43	9,5	9,67
	Poecilus cupreus	32	53	85	5,91	8,3	7,34
	Carabus coriaeceus	13	44	57	2,4	6,9	4,92
	Trechus gr. Quadristriaetus	4	50	54	0,74	7,8	4,66
	Nebriae brevicollis	30	8	38	5,55	1,2	3,28
	Pseudoophonusrufipes	35	3	38	6,47	0,5	3,28
	Brachinus sclopeta	31	6	37	5,73	0,9	3,20
	Poecilus kugelanni	33	1	34	6,1	0,2	2,94
	Pterostichus anthracinus	23	2	25	4,25	0,3	2,16
	Trechus Obtusus	4	20	24	0,74	3,1	2,07
	Autre	1	22	23	0,18	3,4	1,99
	Microleste sp.	0	23	23	-	3,6	1,99
	Harpalus affinis	4	17	21	0,74	2,6	1,81
	Harpalus diminatus	7	10	17	1,29	1,6	1,47
	Nebriae salina	12	4	16	2,22	0,6	1,38
	Pterostichus niger	12	3	15	2,22	0,5	1,30
	Amara sp.	5	8	13	0,92	1,2	1,12
	Harpalus serripeus	9	4	13	1,66	0,6	1,12
	Calathus luctuosus	5	7	12	0,92	1,1	1,04
	harpalus oblitus	7	4	11	1,29	0,6	0,95
	Harpalus attenatus	9	1	10	1,66	0,2	0,86
	Pseudoophonus griseus	8	2	10	1,48	0,3	0,86
	Harpalus tardus	7	2	9	1,29	0,3	0,78
	Calathus monocephalus/ Cinthus	0	8	8	-	1,2	0,69
	Calathus erratus	2	5	7	0,37	0,8	0,60
	Pterostichus cristatus	1	6	7	0,18	0,9	0,60
Espéces peu observées non étudiées dans l'AFC	Brachinus crepitans	1	4	5	0,18	0,6	0,43
	Stenolophus skrimshiranus	5	0	5	0,92	-	0,43
	Acinopus picipes	4	0	4	0,74	-	0,35
	Poecilus kogi	1	2	3	0,18	0,3	0,26
	Pterostichus melanarius	1	2	3	0,18	0,3	0,26
	Chaenius algericus parallepidus	0	2	2	-	0,3	0,17
	Cicindela campestris	0	2	2	-	0,3	0,17
	Harpalus pigmatus	1	1	2	0,18	0,2	0,17
	Licinus silphoides	0	2	2	-	0,3	0,17
	Metalina sp.	0	2	2	-	0,3	0,17
	Ophonus azureus	1	1	2	0,18	0,2	0,17
	Poecilus punctualatus	1	1	2	0,18	0,2	0,17
	Calasoma maderea	0	1	1	-	0,2	0,09
	Calathus rotondiallus	0	1	1	-	0,2	0,09
	Cephalophonus cephalotes	1	0	1	0,18	-	0,09
	Dixus capito	1	0	1	0,18	-	0,09
	Dyschirius Sp.	0	1	1	-	0,2	0,09
	Notiophilus biggattus	0	1	1	-	0,2	0,09
	Notiophilus rufipes	1	0	1	0,18	-	0,09
	Platiderus sp.	0	1	1	-	0,2	0,09
	Poecilus Versicolor	1	0	1	0,18	-	0,09
	Somme	510	648	1158			

Légende
Espèces dominantes > 10%
Espèces dominantes > 5%
Espèces spécifiques à 2021
Espèces spécifiques à 2022

Annexe 12 : Tableau des espèces dominantes par année

Auteure : Joséphine DUMONT SAINT PRIEST	Année : 2021-2022	Confidentiel : Non.

THEME : Production agricole.

Titre : Biodiversité auxiliaires en agroforesterie céréalière en Provence.

Sous-titre: Etude de communautés d'araignées, de carabes et de staphylins dans de jeunes parcelles en agroforesterie céréalière en contexte méditerranéen
Mots-clés: agroforesterie, Provence, céréales, araignée, carabe, staphylin

Résumé: L'agroforesterie est définie par l'association d'arbre avec l'élevage et/ou les cultures. Cette étude s'intéresse aux lignes d'arbres intra-parcellaire associées aux grandes cultures dans cinq parcelles provençales, en contexte méditerranéen. Ce mémoire étudie l'impact des lignes d'arbres sur les peuplements d'arthropodes auxiliaires à différentes distances des lignes d'arbres, en conditions paysannes. Des modalités ont été créées pour apprécier qualitativement et quantitativement les variations d'activité-densité et de diversité dues aux linéaires arborés comparativement à des zones moins arborées des parcelles. Les araignées, les carabes et les staphylins sont ciblés. L'activité densité des carabes et des araignées semble plus importante dans les modalités arborées, bien que ces tendances ne soient significatives que pour certaines parcelles et à certaines périodes. Les faibles effectifs de staphylins ne permettent pas de tirer de conclusion. Pour ce qui est de la diversité, aucune différence significative n'a été observée entre les modalités des parcelles. Il semble que les facteurs influençant le plus la diversité taxonomique soient la saisonnalité (la période de suivi a lieu entre avril et août) et l'année pour les araignées et la parcelle pour les carabes. Malgré la diversité d'espèces rencontrées (49 espèces en tout) les peuplements de carabes sont dominés par une ou deux espèces dans chaque parcelle. Les communautés de carabes se distinguent aussi par la présence d'espèces spécifiques aux différentes parcelles.

Title: Auxiliary biodiversity in cereal agroforestry in Provence.

Subtitle: Study of spider, carabids beetle and rove beetle communities in young cereal agroforestry plots in a Mediterranean context
Key-Words : agroforestry, Provence, crops, spider, carabid beetle, rove beetle

Summary: Agroforestry is defined as the association of trees with livestock and/or crops. This study focuses on intra-plot tree lines associated with field crops in five plots in Provence, in a Mediterranean context. This document is about the impact of tree lines on auxiliary arthropods communities at different distances from the tree lines, under farm conditions. Modalities were created to qualitatively and quantitatively assess variations in activity-density and diversity due to tree lines compared to less treed areas of the plots. Spiders, carabid beetles and rove beetles are targeted. Carabid and spider density activity appears to be higher in the arboreal modalities, although these trends are only significant for some plots and at some periods. The low numbers of rove beetles do not allow any conclusions to be drawn. With respect to diversity, no significant differences were observed between modalities nether between plots. It seems that the factors influencing most taxonomic diversity are seasonality (the catchin period is between April and August) and year for spiders and plot for carabids. Despite the diversity of species encountered (49 species in all), carabid communities are dominated by one or two species in each plot. The carabid communities were also distinguished by the presence of species specific to each plot.

Nombre de volume : 1.	Nombre total de pages : 74
Demandeur : GR CIVAM PACA	