HAL open science

Évaluation et validation d'un indicateur de pollinisation pour abeilles sauvages dans le vignoble, à partir de la caractérisation de la flore

Marie-Michèle Gbaguidi, Chantal Rabolin-Meinrad

To cite this version:

Marie-Michèle Gbaguidi, Chantal Rabolin-Meinrad. Évaluation et validation d'un indicateur de pollinisation pour abeilles sauvages dans le vignoble, à partir de la caractérisation de la flore. Sciences de l'environnement. 2020. hal-02922357

HAL Id: hal-02922357

https://hal.inrae.fr/hal-02922357v1

Submitted on 26 Aug 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Mémoire de fin d'études

Evaluation et validation d'un indicateur de pollinisation pour abeilles sauvages dans le vignoble,

à partir de la caractérisation de la flore.

Photo©RABOLIN-MEINRAD

Marie – Michèle GBAGUIDI

Encadrante: Mme RABOLIN – MEINRAD Chantal

Tuteur pédagogique: Mr PIERRON Romain

Année Académique: 2019-2020

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Chantal Rabolin de m'avoir encadrée dans le cadre de ce stage. Merci pour ses directives, ses bons conseils et d'avoir partagé avec moi sa passion pour la botanique et les auxiliaires.

Merci à Christophe Schneider pour son aide précieuse dans la rédaction et la relecture de ce rapport.

Merci à Nathalie Carnovale pour sa gentillesse et à toute l'équipe AGISEM pour m'avoir accueillie chaleureusement au sein de l'équipe.

Je remercie également mon école, la Faculté de Marketing et d'Agrosciences de Colmar pour l'enseignement, les professeurs m'ont apporté des connaissances indispensables durant ces deux ans de formation.

Merci à Pauline Rozec et Guillaune Brancourt, les autres étudiants en stage en même temps que moi. Merci pour les rires et discutions partagés.

Enfin, merci à ma famille pour leur soutien à distance.

Table des matières

Remerciements ii

Table des illustrations v

Liste des tableaux vi

Liste des annexes vi

Abréviations vii

Introduction 1

I. Contexte et problématique 2

A. Etat des lieux du vignoble en France et en Alsace 2

B. La biodiversité 3

1. Définition et rôle de la biodiversité en viticulture 3

2. Etat des lieux de la biodiversité en Alsace 4

3. Les pollinisateurs 4

4. Préservation des pollinisateurs dans le vignoble 6

C. Le projet SALSA : Systèmes viticoles agroécologiques mobilisant la résistance variétale et les régulations naturelles 6

1. Contexte et objectif du projet 6

2. Leviers mis en œuvre 7

3. L'évaluation des performances : Couverts végétaux 7

D. Objectifs du stage 7

E. Problématiques et hypothèses 8

II. Matériels et méthodes 8

A. Dispositif expérimental 8

B. Relevés floristiques 9

C. Relevés entomologiques 10

D. Traitements de données 10
1. Richesse spécifique 10
2. Recouvrement 11
3. Indices de biodiversité 11
4. Famille botanique 12
5. Analyse en Composante Principale (ACP) 13
6. Boxplot ou boîte à moustache 13
III. Résultats 13
A. Caractérisation de la flore présente sur le dispositif d'étude 13
1. Richesse spécifique 13
2. Le recouvrement 16
3. Les dominantes 18
4. Les fleuries 19
5. Pour aller plus loin dans les résultats 19
B. Intérêt de la flore présente pour le maintien des pollinisateurs : valeurs pollinisatrices des dominantes 21
1. Valeurs pollinisatrices des dominantes des modalités RES2 et PI 21
2. Lien entre les familles botaniques rencontrées et les pollinisateurs observés sur les modalités PI et RES2 22
IV. Discussion 23
V. Perspectives 25
Conclusion 26
Bibliographie 27
Annexes 30

Table des illustrations

Figure 1: Carte des vignobles de France (Cave-vins, 2019) 2

Figure 2 : La Région Alsace : Le vignoble (vin-vigne, 2015) 3

Figure 3 : Schéma des trois critères pris en compte pour le calcul de l'indice de pollinisation (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017) 6

Figure 4: Enherbement interrangs et cavaillon sur le dispositif de Wintzenheim (RABOLIN-MEINRAD©, 2016) 6

Figure 5: Vue aérienne du dispositif expérimental de Wintzenheim 8

Figure 6: Répartition des quadrats au sein des modalités (exemple du bloc 2) 9

Figure 7: Richesse spécifique par modalité sur l'année 2019 13

Figure 8: Richesse spécifique pour RES2 et PI sur les années 2019 et 2020 14

Figure 9: Richesse spécifique pour les interrangs et le cavaillon sur les années 2019 et 2020 14

Figure 10: Indices de diversité pour la modalité PI 15

Figure 11: Indices de diversité pour la modalité RES2 15

Figure 12:Indice de Shannon pour les modalités RES2 et PI 15

Figure 13:Pourcentages de sol nu et de végétation sur le cavaillon et l'interrang enherbé 16

Figure 14: Répartition des familles botaniques sur les modalités RES2 et PI 16

Figure 15: Répartition des familles botaniques sur les quatre modalités 16

Figure 16: Répartition des familles botaniques sur le cavaillon et l'interrang enherbé 17

Figure 17: Dominantes des modalités RES2 et PI 18

Figure 18: Dominantes du cavaillon et des interrangs 18

Figure 19: Nombre d'espèces fleuries par modalité 19

Figure 20: Analyse en composante principale des modalités PI, RES1 et RES2 mises en relation avec les espèces 19

Figure 21: Boîtes à moustache de la répartition des familles botaniques sur les modalités PI et RES2 20

Figure 22: Lien entre les familles botaniques rencontrées et les pollinisateurs observés sur les modalités PI et RES2 22

Liste des tableaux

Tableau 1: Description et caractéristiques des modalités 9

Tableau 2: Critères permettant de déterminer le niveau de pression sur la végétation 12

Tableau 3: Bilan par modalité des opérations correspondant aux critères de pression selon l'ITK 2019 12

Tableau 4: Dominantes des modalités PI et RES2 et leurs valeurs pollinisatrices 21

Liste des annexes

Annexe 1: Quelques espèces de la famille des Hyménoptères 30

Annexe 2 : Arbre de décision global permettant le calcul de l'indicateur (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017) 30

Annexe 3: Indices de diversité pour la modalité RES1 31

Annexe 4 : Indices de diversité pour la modalité BIO 31

Annexe 5: Précipitations et températures moyennes mensuelle pour 2018, 2019 et 2020 (période de Janvier à Juillet) 32

Annexe 6 : Dominantes des quatre modalités 32

Abréviations

ACP : Analyse en Composante Principale

AGRESTE : Service de statistiques du Ministère de l'Agriculture

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AOP : Appellation d'Origine Protégée

AVFRA : Agence Viticole Spécialiste Fourniture Matériel et Accessoires Viticole

BIO : Production biologique

CBA : Conservatoire botanique d'Alsace

CDB : Convention sur la diversité biologique

CNIV : Comité National des Interprofessions des Vins à appellation d'origine et à indication géographique

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

I FLOvi : Indice de la flore viticole

IFT : Indice de fréquence de traitement

IGP : Indication Géographique Protégée

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

INTERREG : Programme du fond européen de développement régional

ITK : Itinéraire Technique

LARVF : La Revue du vin de France

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

OFB : Office Français de Biodiversité

OPABA : Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace

PI : Production intégrée

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

RES1 : Production résistante 1

RES2 : Production résistante 2

RS : Richesse spécifique

SALSA : Systèmes viticoles agroécologiques mobilisant la résistance variétale et les régulations naturelles

SAU : Surface Agricole Utile

Introduction

Après la première guerre mondiale mais surtout après 1945 en France, l'agriculture devient « industrielle » dans le sens où on lui demande de produire en grandes quantités de la nourriture bon marché pour une population qui devient majoritairement citadine (JEAN-MARIE MORIN, 2013). L'augmentation de la pression démographique a engendré une agriculture intensive. Cette intensification de l'agriculture a entraîné l'érosion de la biodiversité au sein des paysages agricoles. Au fil des années, une prise de conscience mondiale sur l'impact écologique que peuvent avoir les activités humaines et l'importance de la protection de la nature, a été possible grâce à de nombreux programmes internationaux. C'est le cas du premier sommet de la Terre, avec la création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en 1972 et du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 avec l'adoption de la Convention sur la diversité biologique.

Depuis lors, plusieurs mesures ont été mises en place à différentes échelles afin de repenser les relations entre l'homme et la nature et plus particulièrement celles entre la biodiversité présente dans les paysages agricoles et les pratiques agricoles. En France, une exploitation agricole sur cinq a une activité vitivinicole (CNIV, 2019). De ce fait, la vigne occupe une place importante dans la production agricole française. La vigne ou *Vitis vinifera* de son nom scientifique est une plante fortement sensible aux maladies. Cette sensibilité est très élevée, surtout en cas de forte humidité et laisse place au développement de champignons tel que l'oïdium, le black-rot ou bien encore attaques de mildiou (AVFRA, 2017). C'est donc une culture nécessitant une utilisation importante de pesticides notamment de fongicides. Tous ces intrants utilisés pour l'entretien de la vigne ont un impact certain sur l'environnement à travers la pollution des sols, des eaux et l'appauvrissement de la biodiversité locale. L'appauvrissement de la biodiversité se remarque en premier lieu par l'érosion de biodiversité floristique viticole puis par la diminution de la population de toutes les espèces qui en dépendent et plus particulièrement des pollinisateurs. Il est donc très important aujourd'hui d'avoir une viticulture durable et plus respectueuse des agrosystèmes viticoles.

L'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) est un organisme français qui par la recherche, l'innovation et l'appui aux politiques publiques, offre de nouvelles orientations pour accompagner l'émergence de systèmes agricoles et alimentaires durables. Le centre de Colmar, a pour défi de concevoir des solutions innovantes, pour une viticulture durable répondant aux objectifs du plan Ecophyto. Le plan Ecophyto dont la première phase a été mise en place entre 2007 et 2009 par le gouvernement vise à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires en France tout en maintenant une agriculture économiquement performante. Dans le cadre de l'accompagnement à l'atteinte de cet objectif, le centre INRAE de Colmar en collaboration avec celui de Nancy a mis en place au fil des années, plusieurs projets pour

promouvoir des stratégies et aménagements agro écologiques permettant de diminuer ou de remplacer l'usage des produits phytosanitaires en viticulture.

I. Contexte et problématique

A. Etat des lieux du vignoble en France et en Alsace

Le vin fait partie intégrante de la culture française d'autant plus que la France est le 2ème pays consommateur de vin au monde derrière les Etats-Unis et devant l'Italie (CNIV, 2019). La viticulture en France, date de l'époque de la colonisation grecque et évolue au cours du moyen-âge. Au fil du temps, le vignoble se transforme et s'agrandit. En 2019 il occupe une surface de 794 275 ha de la surface agricole utile (SAU) sur tout le territoire français contre 786 054 en 2016 (AGRESTE, 2020). La France est également le 2ème producteur mondial de vin derrière l'Italie en volume. En 2019, la France a produit 4,2 milliards de litres de vin soit 17 % de la production mondiale (CNIV, 2019). La France produit trois grandes catégories de vins : les **AOP** (Appellation d'Origine Protégée), les **IGP** (Indication Géographique Protégée ou vin de Pays) et les **Vins de France** (anciennement les "vins de table"). Ces différentes catégories de vins sont produites par différents vignobles ayant chacun des particularités et des histoires différentes.

En 2016 en France, les cultures de vignes représentent 20% des pesticides utilisés alors qu'elles n'occupent que 3% de la surface agricole française (GINESTET E., 2016). L'utilisation de produits phytosanitaires, mesurée par l'indice de fréquence de traitement (IFT) est en moyenne assez élevé sur l'ensemble du territoire français (IFT de 15,3 en 2016). Cela s'explique par une utilisation accrue des fongicides. En raison de conditions météorologiques plus rudes l'IFT moyen a progressé sur l'ensemble du vignoble français au fil des années et est passé de 14,7 en 2013 à 15,3 en 2016.

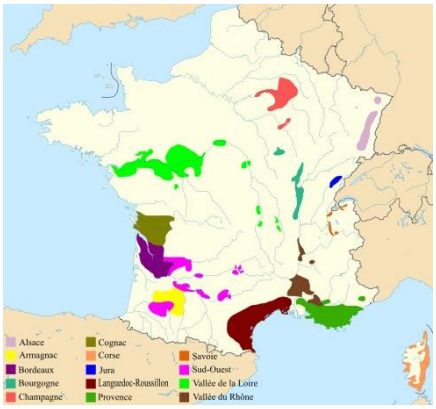


Figure 1: Carte des vignobles de France (Cave-vins, 2019)

L'Alsace est le plus important producteur de vins blancs en France (LARVF, 2019). Le vignoble alsacien s'étend dans les départements du Haut et du Bas-Rhin sur 120 km de long et entre 4 à 20 km de large, de Marlenheim au nord jusqu'à Thann au sud. Le vignoble d'Alsace c'est plus de 15 000 hectares de vignes plantées classés en AOC-AOP dont 2974 hectares en bio (OPABA, 2019) à une altitude qui varie entre 150 et 400 m sur les collines sous-vosgiennes qui font face à la plaine d'Alsace et au Rhin.

Le vignoble alsacien présente des IFT parmi les plus bas de France et sont inférieurs aux moyennes nationales. En 2016, l'IFT total moyen viticole en Alsace est de 14,9 contre 11,1 en 2013 soit une évolution de 34% de 2013 à 2016 (AGRESTE, 2019).

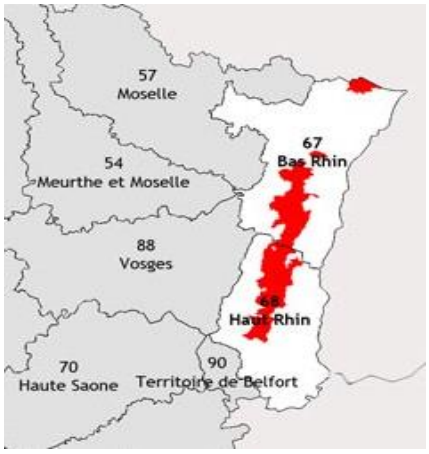


Figure 2 : La Région Alsace : Le vignoble (vin-vigne, 2015)

B. La biodiversité

1. Définition et rôle de la biodiversité en viticulture

Le concept de biodiversité et plus précisément de diversité biologique, s'est vu propulser au centre des enjeux essentiels du développement durable grâce à l'adoption de la Convention sur la diversité biologique (CDB) au cours du sommet de la Terre de Rio de Janeiro qui a eu lieu en 1992. Dans l'article 2 de cette convention, la biodiversité est définie comme : « La variabilité des êtres vivants de toute origine incluant entre autres, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie : cela comprend la diversité au sein des espèces, ainsi que celle des écosystèmes ». Cet article explique également que trois niveaux d'organisation principaux doivent être pris en considération: la diversité écologique (celle des écosystèmes), la diversité spécifique (celle des espèces) et la diversité génétique (celle des gènes). La notion de biodiversité a été reprise plusieurs fois au fil des années. Récemment, le Centre national de la recherche scientifique a défini la biodiversité comme étant l'ensemble des formes de vie sur Terre, les relations qui existent entre elles et avec leurs milieux depuis l'origine commune de la vie (CNRS, 2018).

La biodiversité est primordiale pour assurer l'équilibre des écosystèmes et les écosystèmes viticoles ne font pas exception. La biodiversité rend de nombreux services écosystémiques au vignoble. La biodiversité floristique à travers l'enherbement, qu'il soit semé ou spontané joue un rôle important à différents niveaux. Il participe à l'entretien de la matière organique du sol. De plus, à travers la concurrence qu'il livre à la vigne, il permet de limiter la vigueur de celle-ci, rendant son expression végétative plus faible et donc moins sensible aux maladies fongiques telle que le botrytis. L'enherbement permet également une absorption facilitée du magnésium et du phosphore (TYFLO, 2020), retient les nitrates et les produits phytosanitaires retrouvés au sol et évite ainsi leur entraînement vers la nappe phréatique. Enfin l'enherbement permet de réduire les traitements

herbicides. La présence de zones écologiques telles que les haies, talus, friches ou la flore locale permettent d'héberger et de nourrir la faune utile à la vigne que sont les auxiliaires réduisant ainsi la pression d'espèces ravageurs de la vigne. Une flore diversifiée, composée de fleurs morphologiquement variées, permet de favoriser la pollinisation en attirant une gamme variée de pollinisateurs (Kohler et al, 2017).

2. Etat des lieux de la biodiversité en Alsace

a) La biodiversité floristique

La dernière liste rouge de la flore vasculaire menacée en Alsace publiée en 2014 par le Conservatoire botanique d'Alsace en collaboration avec la Société botanique d'Alsace fait état de 1545 espèces évaluées. Sur ces 1545 espèces, 439 sont inscrites sur Liste rouge (plus ou moins menacée), soit 28.4% des espèces évaluées, 29 taxons sont classés comme disparus en Alsace, 76 en danger critique et 115 comme quasi menacés et donc proche du seuil des taxons menacés ou qui pourrait être menacés si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises (VANGENDT J. et al, 2014). Le pourcentage important des espèces inscrites sur liste rouge, est représentatif des grandes transformations subies par les milieux naturels en Alsace, en particulier dans la seconde moitié du XXème siècle (CBA, 2014).

b) La diversité des apidés et des syrphes

La Liste rouge des Apidés menacés en Alsace fait état de 361 espèces évaluées. Sur les 361 espèces d'apidés évaluées, 104 figurent sur Liste rouge, soit 28,8 % des espèces. Six espèces sont classées comme disparus d'Alsace lors de la période récente (après l'an 1500) : (*Andrena thoracica, Anthophora fulvitarsis, Anthophora plagiata, Bombus pomorum, Megachile apicalis* et *Stelis nasuta*), 19 taxons sont en danger critique et 42 taxons sont classés comme quasi menacés (TREIBER R., 2015). Si l'on considère uniquement les 355 espèces actuellement présentes en Alsace, 29,3 % sont inscrites sur Liste rouge (TREIBER R., 2015). En ce qui concerne les syrphes, la liste rouge des Syrphes menacés en Alsace fait état de 299 espèces évaluées dont 74 figurent sur Liste rouge, soit 24,7 % des espèces. Une seule espèce est classée comme disparu d'Alsace lors de la période récente (après l'an 1500) : il s'agit de *Chrysotoxum octomaculatum*. Sur les 299 espèces, 13 taxons sont en danger critique et 28 taxons sont classés comme quasi menacés (TREIBER R., 2015).

3. Les pollinisateurs

a) Rôle des pollinisateurs

La pollinisation entomophile, est essentielle pour la production de 70% des cultures à travers le monde (Perrot Thomas, 2018). Les pollinisateurs assurent une fonction primordiale à la bonne santé des écosystèmes et rendent un service important à l'économie des pays en contribuant à la reproduction sexuée de la majorité des plantes à fleurs sauvages et cultivées. Plus de 80% des plantes à fleurs (ou angiospermes) dépendent directement de la pollinisation par les insectes. Dans l'agriculture, cela concerne la production de fruits et la production de graines. Au total, environ 35

% de ce qui est consommé, est lié à l'action de pollinisateurs. Les pollinisateurs, en assurant la reproduction des plantes, assurent ainsi la survie du cortège de vie sauvage qui leur est associé : rongeurs, reptiles, oiseaux et mammifères (STRAUB PATRICK, 2020).

b) Les principaux pollinisateurs

Les insectes pollinisateurs appartiennent principalement à quatre grands ordres : Les lépidoptères qui sont les papillons, les diptères qui sont les mouches, mais aussi les syrphes et les bombyles, les coléoptères qui sont tous les insectes "à carapace", type scarabées, gendarmes ou coccinelles et enfin les hyménoptères qui regroupe les abeilles (abeilles domestiques mais également abeilles sauvages), les guêpes, les bourdons, ou encore, de manière plus inattendue, les fourmis. C'est à ce dernier ordre qu'appartiennent les champions de la pollinisation qui sont les abeilles et les bourdons (MTES, 2018). On estime à 8600 le nombre d'espèces appartenant à l'ordre des hyménoptères en France (INRA, 2013). Les abeilles sont autour de 1000 en France, parmi lesquelles on compte près de 50 espèces de bourdons (INRA, 2014).

c) Les abeilles sauvages

Lorsqu'on aborde le sujet de la pollinisation des plantes à fleurs, la première espèce qui vient à l'esprit est l'abeille domestique *Apis mellifera*. Cependant la plupart des espèces d'abeilles rencontrées en France sont solitaires. Les abeilles sauvages sont considérées comme des insectes solitaires élevant leurs progénitures seules et ne produisant pas de miel. Elles se nourrissent essentiellement de pollen et de nectar et possèdent des structures spécialisées de récolte du pollen (brosses, corbeilles, soies plumeuses, etc…) faisant d'elles d'excellents pollinisateurs (INTERREG, 2017).

d) L'indicateur de pollinisation I flo_{vi}

L'indicateur de pollinisation I flo_{vi} se base sur le calcul de la valeur pollinisatrice des espèces à l'aide de l'indicateur abeille (RICOU, 2014). La valeur pollinisatrice est la capacité de la fleur à attirer des insectes pollinisateurs et leur fournir du pollen et du nectar pendant une période de l'année (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017). Le calcul de la valeur pollinisatrice se fait selon trois critères **: l'attraction visuelle**, **l'accessibilité à la fleur** et **la récompense**. La valeur pollinisatrice des espèces végétales varie de 0 (aucune valeur pollinisatrice) à 10 (très bonne valeur pollinisatrice). La note finale est obtenue en utilisant un arbre de décision global qui permet d'apprécier pour chaque critère, si la fleur présente des caractères favorables ou défavorables. La valeur pollinisatrice est calculée en fonction du type de pollinisateur (abeille, bourdon, syrphe…), et des caractéristiques de chaque plante (taille de la fleur, couleur, reflet UV, famille botanique, symétrie, forme de la corolle, quantité et qualité de nectar, quantité et qualité du pollen) (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017). L'indice de pollinisateur ne prend cependant pas en compte l'ensemble des facteurs influençant la pollinisation (RICOU, 2014).

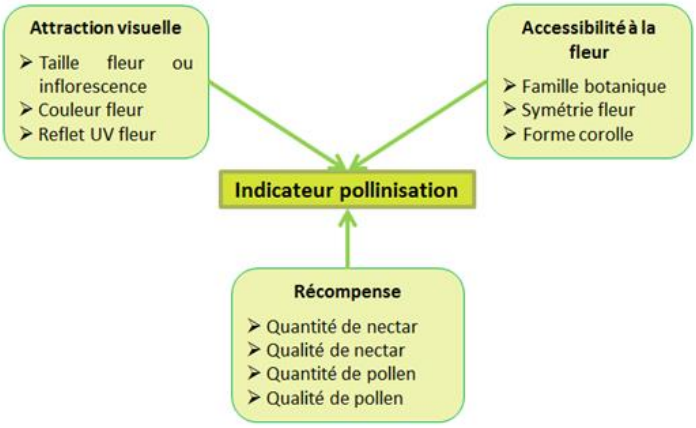


Figure 3 : Schéma des trois critères pris en compte pour le calcul de l'indice de pollinisation (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017)

4. Préservation des pollinisateurs dans le vignoble

Bien que la pollinisation par les insectes ne joue qu'un rôle mineur sur le rendement en raisin, les vignobles peuvent fournir des habitats aux pollinisateurs. Il existe à ce jour, plusieurs mesures et pratiques permettant l'augmentation et la conservation de la biodiversité dans les paysages agricoles et viticoles. L'enherbement des interrangs est l'une de ces pratiques viticoles mises en place, qui se développe de plus en plus à travers les vignobles. L'enherbement de tout ou partie de la parcelle est devenu quasi-systématique dans le vignoble alsacien car il présente des intérêts agronomiques et environnementaux (lutte contre l'érosion, réduit le recours aux herbicides, favorise la biodiversité et participe à la fixation et la dégradation des produits phytosanitaires). En 2016, l'enherbement inter-rang concerne 99% des vignes alsaciennes (AGRESTE, 2020). L'enherbement mis en place peut-être spontané ou semé. L'intérêt d'un enherbement semé notamment pour le pollinisateur est de pouvoir choisir les espèces de son couvert en fonction de l'intérêt qu'elle présente pour les pollinisateurs. Cependant, qu'il soit enherbé ou semé, l'enherbement a un impact très important sur la richesse spécifique floristique de la parcelle et une grande richesse spécifique favorise la présence de la faune notamment celle des pollinisateurs (abeilles, bourdons, syrphes…).

Figure 4: Enherbement interrangs et cavaillon sur le dispositif de Wintzenheim (RABOLIN-MEINRAD©, 2016)

C. Le projet SALSA : Systèmes viticoles agroécologiques mobilisant la résistance variétale et les régulations naturelles

1. Contexte et objectif du projet

Le projet SALSA « Systèmes viticoles agroécologiques mobilisant la résistance variétale et les régulations naturelles » est un projet porté par l'INRAe et qui s'inscrit dans le plan Ecophyto de

réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques. Il est financé par le dispositif « DEPHY EXPE » de l'Office Français de Biodiversité (OFB). Le projet SALSA s'appuie sur un réseau de trois dispositifs implantés dans des domaines expérimentaux du Bordelais, du Languedoc et de l'Alsace (Wintzenheim) qui permettront l'évaluation de ces systèmes dans trois grands bassins représentatifs du vignoble français. Ce projet a pour objectif d'explorer des combinaisons de leviers peu travaillées, ou simplement initiées dans quelques projets. Il se propose de concevoir et expérimenter des systèmes de culture viticoles agroécologiques présentant une rupture majeure d'usage des produits phytosanitaires (80% à 100% de réduction d'IFT). Lancé en Avril 2018, le projet durera six ans et prendra donc fin en 2023 (INRAE ,2020).

2. Leviers mis en œuvre

Pour la réussite des objectifs de ce projet, les leviers d'actions mis en œuvre sur les différents systèmes sont :

- la gestion de la culture à travers des variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium et le mode de conduite cultural (mode de taille, opération en vert)
- la gestion du sol à travers la mise en place d'infrastructures agroécologiques, la gestion des couverts, la gestion de l'eau et des nutriments (fertilité, activités biologiques, qualité physique du sol, préservation des auxiliaires, biodiversité faunistique et floristique)
- La lutte directe à travers la lutte biologique ou chimique en dernier recours et l'utilisation de règles de décision d'application.

3. L'évaluation des performances : Couverts végétaux

L'évaluation des performances dans le cadre du projet SALSA, suit des protocoles communs aux trois dispositifs et prend en compte les performances environnementales, économique et sociale, la gestion des données, les pratiques culturales, le sol, la vigne, les auxiliaires, la biodiversité faunistique, les bioagresseurs, et les couverts végétaux. En ce qui concerne les couverts végétaux, il s'agit de mesurer les taux de couvertures végétales, les richesses spécifiques, la hauteur de la végétation, le nombre d'espèces fleuries et la biomasse produite.

D. Objectifs du stage

Les objectifs de mon stage sont :

- **Construire** la base de données Excel qui contiendra toutes les informations relatives aux relevés floristiques, aux ITK et aux dispositifs
- **Importer** les données dans la base de données nationale Silex – vitiOeno
- **Contribuer** à l'acquisition des données à travers les relevés floristiques de 2020
- **Caractériser** la flore présente sur le dispositif expérimental : Calculs de différents indices de biodiversité et autres analyses multi-variées
- **Appliquer** l'indicateur de pollinisation I FLO_{vi} : valeur pollinisatrice des espèces.

E. Problématiques et hypothèses

Le stage a pour objectif de caractériser la biodiversité floristique présente sur le dispositif de Wintzenheim et de faire le lien entre cette biodiversité floristique et les pollinisateurs observés sur le dispositif. Pour ce faire, ma question de recherche est la suivante :

Les espaces non occupés par la vigne sont-ils favorable à l'implantation et au maintien d'une flore riche et diversifié capable de fournir les ressources alimentaires nécessaires aux pollinisateurs en toute période et plus particulièrement en période estivale ?

Nous émettons les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : Un système cultural moins perturbé ainsi que l'implantation de couverts végétaux dans les inrerrangs favorisent l'implantation d'une flore plus diversifié.

Hypothèse 2 : La caractérisation de la flore en milieu viticole permet de prédire la pollinisation possible dans le vignoble.

II. Matériels et méthodes

A. Dispositif expérimental

La parcelle qui fait l'objet de notre étude est une parcelle expérimentale de l'INRAe de 1,4 ha située à WINTZENHEIM dans le département du Haut-Rhin. Le site d'observation, est subdivisé en trois répétitions ou blocs (bloc 1, bloc 2 et bloc 3). Il est important de noter que sur chaque bloc, quatre modalités correspondantes à des systèmes de productions différents sont mis en places : les modalités **PI**, **BIO**, **RES1** et **RES2**.

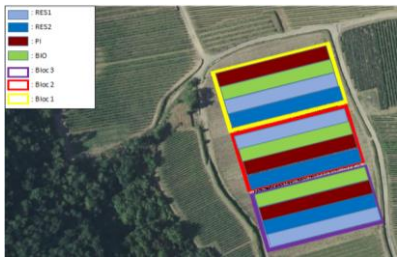


Figure 5: Vue aérienne du dispositif expérimental de Wintzenheim

Ces différents systèmes de productions ont été mis en place dans une optique de réduction des produits phytosanitaires. Ainsi nous avons 4 modalités: la modalité **PI** qui correspond à un système de production intégrée, la modalité **RES1** qui correspond à un système sur lequel une variété de résistante croisée oïdium et mildiou est testée avec 1 à 2 traitements maximum, la modalité **RES2** correspond également à un système sur lequel une variété de résistante croisée oïdium et mildiou est testée mais sans aucun traitement et enfin la modalité **BIO** qui correspond à un système de production biologique.

Modalités	Caractéristiques
PI (Production Intégrée)	Objectif de réduction d'au moins 50% de l'IFT, prophylaxie, confusion sexuelle, entretien du sol innovant, outils d'aide à la décision…

BIO	Conduit au minimum selon les principes de l'agriculture biologique mais va au-delà du cahier des charges (1,2kg/an Cu métal et 30Kg/an S max) Entretien du sol innovant et produits alternatifs + innovations des viticulteurs
RES1 (Variété Résistante 1)	Variété résistante au mildiou et à l'oïdium, tolérante au black rot. Prophylaxie : effeuillage, élimination des momies… (1 à 2 traitements dirigés contre le mildiou et le black rot), confusion sexuelle
RES2 (Variété Résistante 2)	Variété résistante au mildiou et à l'oïdium, tolérante au black rot. Prophylaxie : effeuillage, élimination des momies, aucun traitement fongicide, confusion sexuelle

Tableau 1: Description et caractéristiques des modalités

Le dispositif expérimental est donc constitué de 3 modalités PI, 3 modalités RES1, 3 modalités RES2 et 3 modalités BIO. Sur chaque modalité, nous avons trois placettes (bas, milieu et haut) de 82,5 m2 sur lesquelles la collecte des données a été réalisée au niveau des interrangs travaillés, enherbés (IR1 et IR2) et le cavaillon (Rg).

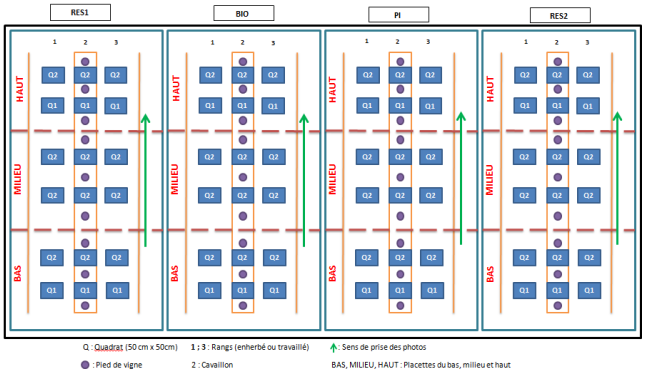


Figure 6: Répartition des quadrats au sein des modalités (exemple du bloc 2)

B. Relevés floristiques

Pour évaluer la biodiversité floristique sur les différents dispositifs, des relevés floristiques sont effectués. Un relevé floristique, représente l'inventaire par l'observation des espèces végétales présentes sur la parcelle viticole (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017). Le relevé floristique doit satisfaire quatre critères qualitatifs qu'il convient de connaître, la représentativité, il doit donner une image de la ou des communauté(s) présente(nt) sur le terrain la plus fidèle possible (DELPUECH, 2006). Pour cela, les relevés seront effectués (de la même manière que les années précédentes) sur des surfaces de 500m², surface qui permet d'avoir une représentativité fidèle de la richesse présente. En effet, la courbe aire-espèce ne présente plus qu'une augmentation limitée du nombre d'espèce observée au-delà de 500m² (CLAVIEN, 2005). Enfin, un relevé doit être exhaustif, reproductible (qualité essentielle pour un suivi) et faisable (CHEVALIER et al., 2010).

Dans le cadre du stage, 3 relevés floristiques sont fait par an : en avril, juillet et septembre. Etant donné que les dispositifs ont été implantés en 2018, les premiers relevés ont eu lieu en 2019 afin de permettre aux espèces du couvert de s'installer. En, ce qui concerne les relevés de 2020, en raison

de la situation particulière de cette année, les relevés n°1 et n°2 2020 ont été fait début mai et fin juin. Pour le traitement de nos données, nous ne prendrons que les relevés n°1 et 2 de 2019 ainsi que les relevés n°1 et 2 de 2020. Les relevés n°3 de 2019 et 2020 n'ont pas été pris en compte dans le traitement des données car en raison de la durée du stage nous ne disposerons pas des données du relevé n°3 de 2020 limitant ainsi toute comparaison avec le relevé n°3 de 2019. Nous avons alors privilégié les autres relevés pour le traitement des données.

Lors des relevés floristiques sur le terrain, deux méthodes sont utilisées : la « présence-absence » et le recouvrement. En plus de ces deux méthodes, les dominantes ainsi que les espèces fleuries sont également renseignées. Ces méthodes permettent de suivre l'évolution de la biodiversité floristique, d'appréhender la richesse de la composition spécifique ainsi que le taux de recouvrement, de connaître les espèces dominantes et celles qui ont fleuries.

C. Relevés entomologiques

Afin de répertorier et caractériser les différents pollinisateurs et auxiliaires observés sur l'essai système, des relevés entomologiques sont effectués chaque année. En 2019, quatre relevés entomologiques ont été réalisés en juin, juillet, août et septembre. Ces relevés consistent à collecter les insectes à l'aide de trois méthodes de piégeages : les filets, les cuvettes et les pots barbers. La méthode piégeage par filet consiste à capturer l'insecte en vol d'un coup de filet latéral ou à emprisonner l'insecte dans le filet en le rabattant sur lui. La méthode de piégeage par cuvette consiste à installer à hauteur de la végétation des cuvettes de couleurs vives (trois couleurs différentes) remplies d'eau additionnée d'un peu de liquide vaisselle pour empêcher les espèces de flotter. Les couleurs n'attirent pas les mêmes espèces. La méthode de piégeage avec les pots barbers, consiste à enterrer un pot dans le sol, ses bords rasant la surface. Il est rempli d'un liquide, généralement de l'eau, du sel et du liquide vaisselle inodore, qui tue et conserve les auxiliaires (ARVALIS, 2018). Une fois les insectes collectés grâce à ces différentes méthodes, ils sont envoyés à un laboratoire professionnel indépendant qui se charge de les identifier.

D. Traitements de données

1. Richesse spécifique

La richesse sur les différentes modalités a été déterminée à partir des relevés de présence/absence. La méthode « présence-absence » consiste à identifier si une espèce est présente ou non. Le codage 0 ou 1, qu'on appelle binaire ou booléen a été utilisé (VANPEENE-BRUHIER et al., 2010). Le chiffre « 1 » marque la présence d'une espèce et « 0 » son absence ». Grâce à cette méthode, nous obtenons la richesse spécifique de chaque parcelle par le simple calcul du nombre total ou moyen d'espèces présentes par unité de surface (CLAVIEN, 2005). Si une espèce est observée plusieurs fois au cours des différents relevés, elle n'est comptabilisée qu'une fois. La flore est relevée sur le cavaillon, les interrangs enherbés et travaillés de chaque modalité.

Pour le traitement de nos données, les richesses spécifiques des interrangs enherbés, travaillés et du cavaillon ont été comparées ainsi que les richesses spécifiques des quatre modalités (RES1, RES2, PI et BIO).

2. Recouvrement

Les recouvrements de la végétation, du sol nu ainsi que les pourcentages de recouvrement des espèces ont été évalués dans un quadrat de $0.5m^2$. Les données de recouvrement ont été obtenues à l'aide de ces quadrats à raison de deux répétitions et cela au niveau du cavaillon et des interrangs enherbés et travaillés. Cette méthode permet d'observer l'évolution de la flore qu'elle augmente ou qu'elle régresse, ainsi que de déterminer les espèces dominantes. Le quadrat de $0,5m^2$ représentant 100%, les pourcentages de recouvrement ont été calculés selon les plantes présentes dans celui-ci.

3. Indices de biodiversité

Pour évaluer et caractériser la biodiversité floristique sur l'essai Système, le calcul des indices de diversités et d'équitabilité suivant ont été nécessaires :

- L'indice de diversité de Shannon :

L'indice de diversité de Shannon permets de mesurer la diversité spécifique c'est-à-dire le nombre d'espèces présentes dans le milieu et d'avoir une idée de la répartition des individus au sein de ces espèces. Sa formule est la suivante :

H' = $\sum_{i=1}^{S} pi(lnpi)$ où

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

S : richesse spécifique

Pi : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique (RS) du milieu)

La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à log S (lorsque toutes les espèces ont la même abondance ou sont codominantes).

- L'indice d'équitabilité de Piélou

L'Indice d'équitabilité de Piélou renseigne sur la composante de dominance de la diversité. Il prend en compte la richesse spécifique et la répartition des individus. Sa formule est la suivante :

E= Σ (-pi. Ln (pi)) / Ln (S) où

pi correspond à la fréquence relative de l'espèce. Dans nos calculs elle est égale au pourcentage de recouvrement de l'espèce.

S est égale à la richesse spécifique totale

Cet indice peut également être déterminé à partir de l'indice de Shannon avec la formule suivante :

$$H = \frac{H'}{Hmax} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

E : indice d'équitabilité de Piélou

H : indice de Shannon,

H'max : la diversité maximale
S : Richesse spécifique

Sa valeur varie entre 0 (la quasi-totalité des effectifs est concentrée en une seule espèce dominante) et 1 (toutes les espèces ont la même abondance).

- L'indice de Simpson

L'indice de Simpson permet d'estimer la biodiversité d'une communauté c'est-à-dire qu'il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Il est calculé suivant la formule :

$D = 1 - \sum [(ni \times (ni - 1)) / (N \times (N - 1))]$ où

ni représente l'effectif de l'espèce i,
$\sum$ représente la somme des résultats obtenus pour chacune des espèces présentes et
N le nombre d'individus de l'échantillon.

Si D tend vers 0, la diversité est faible et si D tend vers 1, la diversité est forte.

4. Famille botanique

La répartition des familles botaniques retrouvée sur chaque modalité ainsi que sur les différents interrangs, a été déterminé à partir des pourcentages de recouvrement des espèces. Nous avons différencié quatre groupes : les astéracées, les fabacées, les poacées et la catégorie « autres ». Ces groupes ont étés retenues à cause leur présence importante sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés et parce qu'elles présentent un intérêt agronomique ou écologique. Les familles des astéracées et des fabacées comportes de nombreuses espèces à forte valeurs pollinisatrices. Les poacées ont une grande capacité d'installation, on les retrouve énormément notamment sur les interrangs travaillés et n'ont pas d'intérêt en termes d'attraction pour les pollinisateurs. Les espèces appartenant à d'autres familles quant à elles, sont classées dans la catégorie « autres ». Une comparaison des familles botaniques retrouvées sur les modalités **RES2** et **PI** a été faite. Ces deux modalités ont été choisies car les itinéraires techniques (ITK) mis en place sur ces modalités engendrent des niveaux de stress et de pression différente sur la végétation présente différente. Nous avons sélectionné 3 opérations techniques qui marquent la différence entre ces deux modalités. Le nombre de fois que ces opérations ont été réalisées sur chaque modalité nous permettent de définir un niveau de pression faible ou élevé sur la végétation.

Faible pression (P)	Forte pression (PPP)
- Aucun traitement phytosanitaire - Semis herbe - Un seul décavaillonnage	- Plusieurs traitements phytosanitaires - Pas de semis herbe - Plusieurs décavaillonnage

Tableau 2: Critères permettant de déterminer le niveau de pression sur la végétation

Opérations et modalités	Décavaillonage	Semis herbe	Traitement phyto
RES2	1	15	0
PI	2	0	4
BIO	1	1	5(intrant adaptés à la culture biologique)
RES1	1	1	0

Tableau 3: Bilan par modalité des opérations correspondant aux critères de pression selon l'ITK 2019

Au vue des critères et des itinéraires techniques des modalités, la modalité RES2 est classée dans la catégorie faible pression (P) et la modalité PI dans la catégorie forte pression (PPP).

5. Analyse en Composante Principale (ACP)

L'analyse des composantes principales, permet d'analyser et de visualiser l'information contenue dans un jeu de données contenant des individus décrits par plusieurs variables quantitatives. Elle est utilisée pour extraire et visualiser les informations importantes contenues dans une table de données multivariées. L'ACP synthétise cette information en seulement quelques nouvelles variables appelées composantes principales. Ces nouvelles variables sont conçues de manière à conserver le maximum d'information contenue dans les données initiales (STHDA, 2017). Le nombre de composantes principales est inférieur ou égal au nombre de variables d'origine. Une ACP a été réalisé en utilisant les pourcentages de recouvrement des espèces afin de visualiser la répartition relative des espèces par modalité.

6. Boxplot ou boîte à moustache

La boîte à moustache est une méthode de statistique descriptive univariée. C'est un diagramme représentant divers caractères de dispersion d'une série statistique et est un moyen rapide de figurer le profil essentiel d'une série statistique quantitative. Elle résume quelques indicateurs de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum, maximum ou déciles). Des boxplot ont été réalisés afin de visualiser la répartition des familles botaniques sur les modalités PI et RES2.

III. Résultats

A. Caractérisation de la flore présente sur le dispositif d'étude

1. Richesse spécifique

1.1 La richesse spécifique par modalité sur l'année 2019

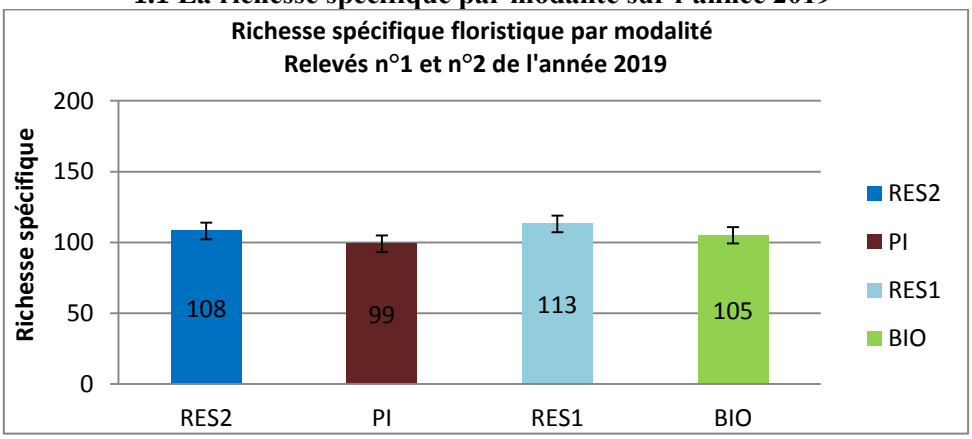


Figure 7: Richesse spécifique par modalité sur l'année 2019

D'après les relevés n°1 et n°2 de l'année 2019, la richesse spécifique semble varier en fonction de la modalité. En effet, la richesse spécifique d'espèces floristique la plus élevé se retrouve au niveau de la modalité RES1 avec 113 espèces suivi de près par la modalité RES2 et ensuite BIO. La modalité PI, quant à elle a la richesse spécifique la plus faible avec 99 espèces.

1.2 La richesse spécifique sur les années 2019 et 2020 pour deux modalités avec des itinéraires techniques différents

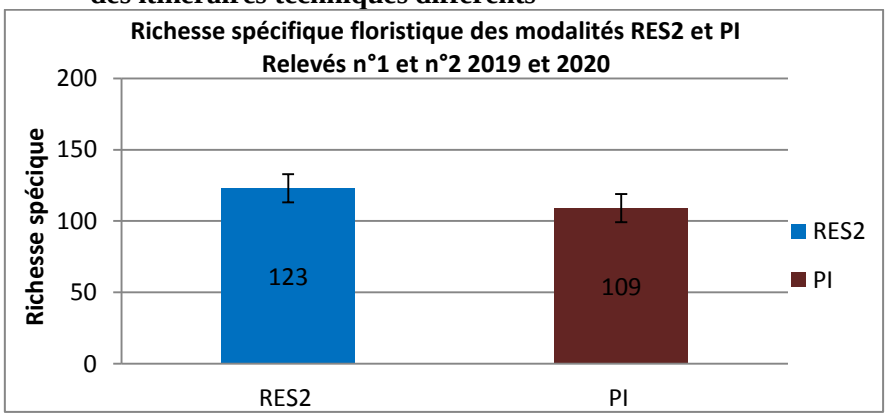


Figure 8: Richesse spécifique pour RES2 et PI sur les années 2019 et 2020

D'après les relevés n°1 et n°2 des années 2019 et 2020, l'écart entre la richesse spécifique de la modalité PI et celle de la modalité RES2 est de 14 espèces. En effet, la richesse spécifique d'espèces floristiques rencontrées est plus forte sur la modalité RES2 avec 123 espèces que sur la modalité PI qui elle n'a que 109 espèces.

1.3 La richesse spécifique sur les années 2019 et 2020 pour les interrangs et le cavaillon

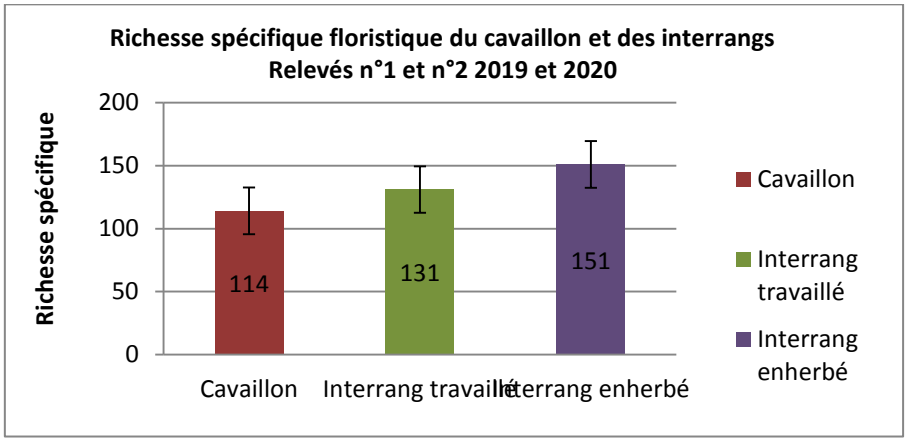


Figure 9: Richesse spécifique pour les interrangs et le cavaillon sur les années 2019 et 2020

D'après les relevés n°1 et n°2 des années 2019 et 2020, la richesse spécifique varie fortement en fonction des rangs. La plus grande richesse spécifique d'espèces floristiques se trouve sur l'interrang enherbé avec 151 espèces suivi par l'interrang travaillé avec 131 espèces et le cavaillon avec 114 espèces. L'écart entre la richesse spécifique sur l'interrang enherbé et le cavaillon est grand avec une différence de 37 espèces.

1.4 Indices de diversité

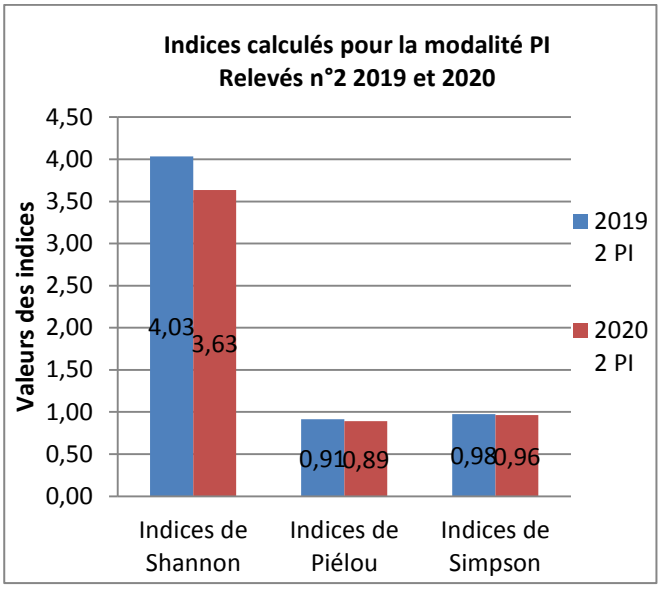


Figure 10: Indices de diversité pour la modalité PI

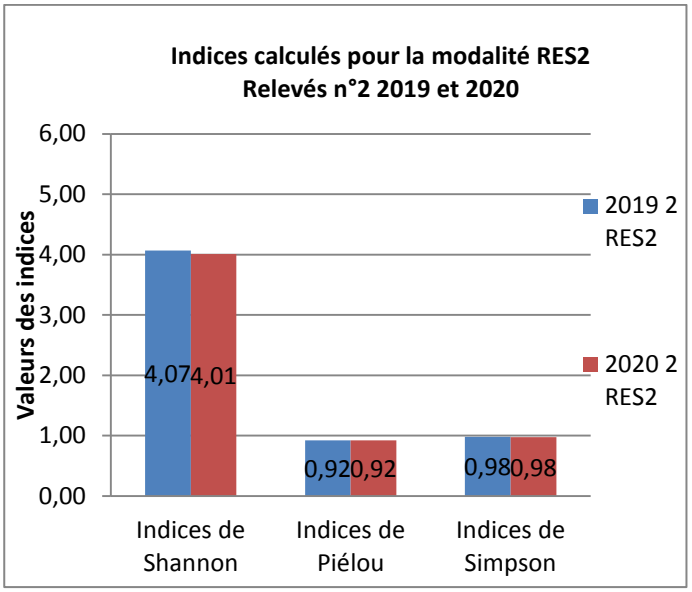


Figure 11: Indices de diversité pour la modalité RES2

Les figures ci-dessus, présentent les résultats du calcul des indices de Shannon, Piélou et Simpson sur les modalités RES2 et PI pour les données des relevés n°2 en 2019 et 2020. Ces indices ont été calculés afin de confirmé les tendances données par les résultats par la richesse spécifique sur la diversité des espèces au sein des modalités et de voir leur répartition. On constate que l'indice de Shannon est plus élevé en 2019 qu'en 2020 tandis que pour les indices de Piélou et Simpson, les valeurs des indices sont proches sur les deux années.

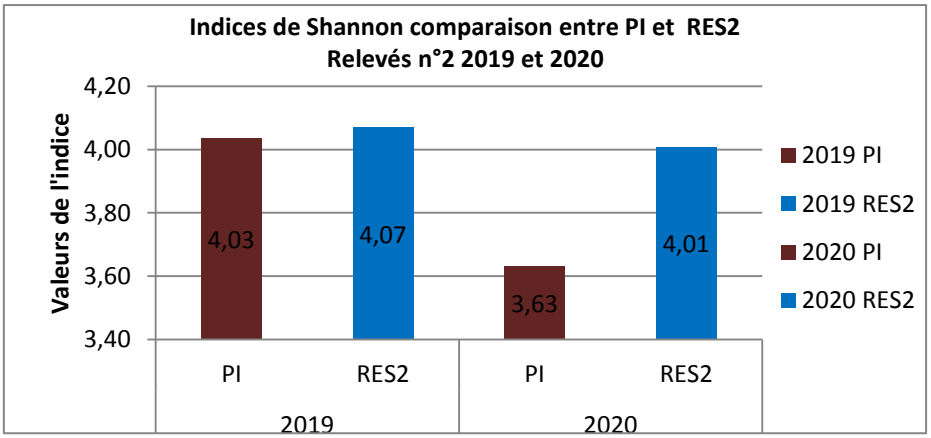


Figure 12:Indice de Shannon pour les modalités RES2 et PI

La figure ci-dessus, présente le résultat du calcul de l'indice de Shannon, sur les modalités PI et RES2 pour les relevés n°2 en 2019 et 2020. On constate que sur les deux années, l'indice de Shannon au niveau de la modalité RES2 est supérieur à celui de la modalité PI.

2. Le recouvrement

2.1 Pourcentages de sol nu et de végétation sur le cavaillon et l'interrang enherbé

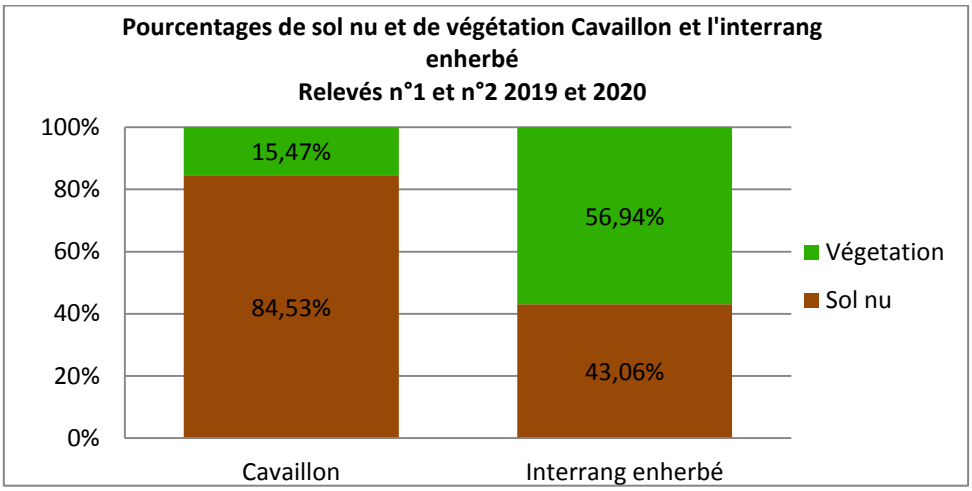


Figure 13:Pourcentages de sol nu et de végétation sur le cavaillon et l'interrang enherbé

Les pourcentages de sol nu et de végétation sur le cavaillon et l'interrang enherbé, montre un écart très important entre le pourcentage de sol nu et la végétation au niveau du cavaillon tandis que sur l'interrang enherbé, les deux pourcentages sont mieux répartis même si le pourcentage de végétation est plus élevé que celui du sol nu. Une comparaison des deux rangs montre une plus grande quantité de sol nu sur le cavaillon que sur l'interrang enherbé.

2.2 Répartition des familles botaniques sur les modalités

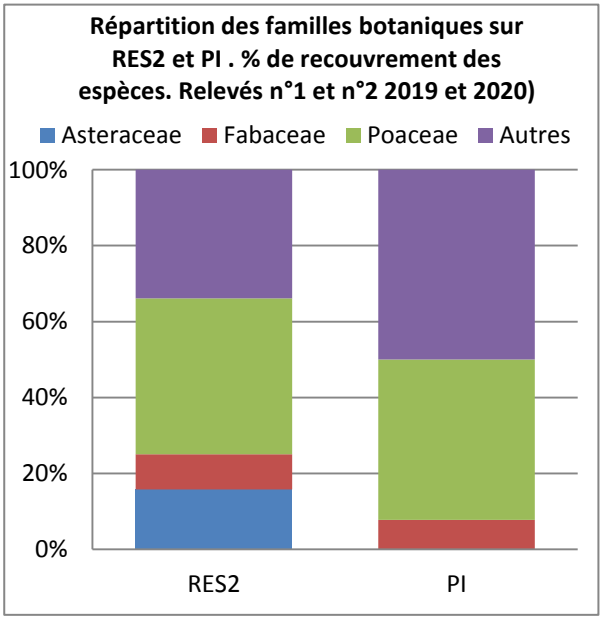


Figure 14: Répartition des familles botaniques sur les modalités RES2 et PI

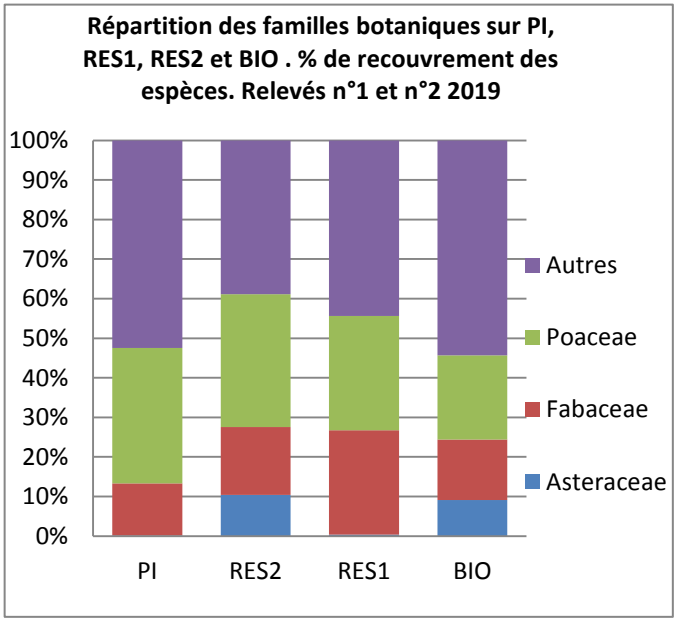


Figure 15: Répartition des familles botaniques sur les quatre modalités

La figure n°14 été obtenue en tenant compte des espèces ayant un pourcentage de recouvrement au moins supérieur à 5% pour l'une des deux modalités sur l'ensemble des relevés 2019 et 2020 et permet de visualiser la répartition globale des familles botaniques sur ces deux modalités. Ces espèces représentent à elles seules respectivement 58,20% et 65,40% du couvert des modalités RES2 et PI. La famille des poacées est très présente sur les deux modalités avec plus de 40%. Cette

présence des poacées est cependant plus prononcer au niveau de la modalité PI qu'au niveau de la modalité RES2 mais dans les deux cas, l'espèce qui domine dans cette famille, est le brome stérile (*Bromus sterilis*). On a une plus grande diversité de famille au niveau du RES2 qu'au niveau du PI accentuer notamment par l'absence d'espèces appartenant à la famille des fabacées sur la modalité PI. De plus, la proportion de fabacées est plus grande sur la modalité RES2. Quant-au groupe « Autres », cette catégorie qui est composé essentiellement de geraniacées, de rosacées, d'amaranthacées, de polygonacées et d'apiacées, représente également une proportion importante du recouvrement total avec 50% sur le PI.

La figure 15, a été obtenue en considérant les pourcentages de recouvrement des espèces pour les quatre modalités sur l'ensemble des relevés n°1 et n°2 de 2019 et permet de visualiser la répartition globale des familles botaniques sur ces quatre modalités. Ces espèces représentent à elles seules respectivement 63,11% ; 63,91% ; 62,31% et 71,69% du couvert des modalités PI, RES2, RES1 et BIO. D'après ce résultat, la catégorie « Autres » regroupant les familles d'espèces différentes de celles des poacées, des fabacées et des astéracées, dominent le recouvrement sur les modalités avec plus 50% sur PI et BIO puis plus de 30% et 40% sur RES2 et RES1. Ensuite, la famille des poacées qui couvre plus de 20% et 30% du recouvrement total. La famille des fabacées, elle plus dominante sur les modalités RES1 et RES2 que sur les modalités BIO et PI, la famille des astéracées est plus présente au niveau de la modalité RES2 puis BIO et est quasi absente sur les modalités PI (0,14%) et RES1 (0,37%).

2.3 Répartition des familles botaniques sur le cavaillon et l'interrang enherbé

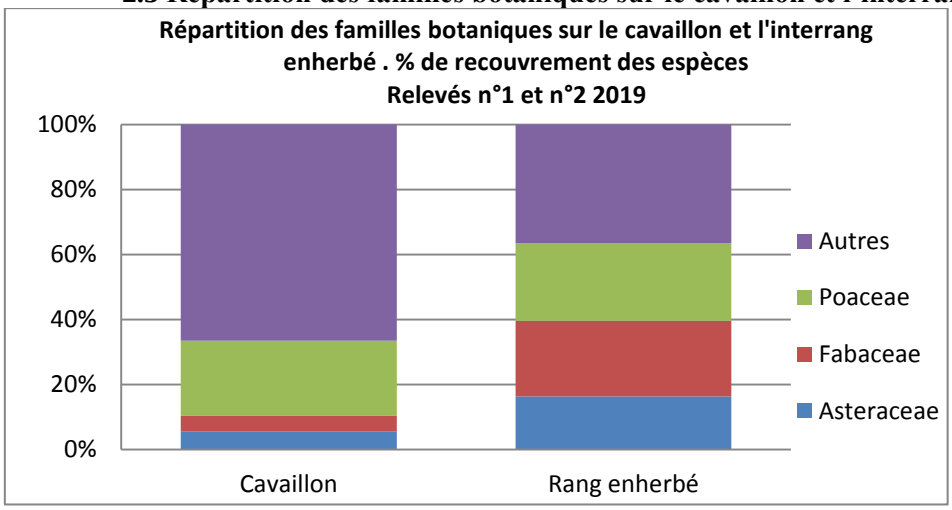


Figure 16: Répartition des familles botaniques sur le cavaillon et l'interrang enherbé

Ce graphique a été obtenu en calculant les pourcentages de recouvrement des espèces pour le cavaillon et l'interrang enherbé sur l'ensemble des relevés n°1 et n°2 de 2019 et permet de visualiser la répartition globale des familles botaniques sur ces deux rangs. La catégorie « Autres » occupent la plus grande partie du recouvrement sur les deux rangs mais cette dominance est plus observable sur le cavaillon que sur l'interrang enherbé. Pour les poacées on a un pourcentage plus

élevé sur l'interrang enherbé que sur le cavaillon. Les fabacées et astéracées sont dominant sur l'interrang enherbé alors que sur le cavaillon, ils ne couvrent que 5% du recouvrement.

3. Les dominantes

3.1 Dominantes des modalités RES2 et PI

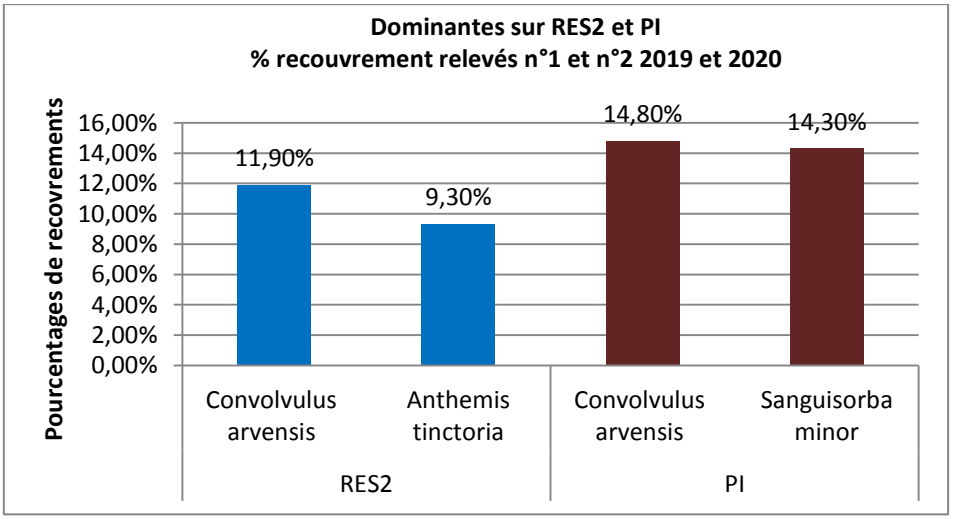


Figure 17: Dominantes des modalités RES2 et PI

Le graphique ci-dessus, présente les dominantes des modalités RES2 et PI sur la base des données de recouvrement des relevés n°1 et n°2 2019 et 2020. Sur les deux modalités, le liseron des champs (*Convolvulus avensis)* est une dominante commune même si son pourcentage de recouvrement est plus élevé au niveau du PI. La seconde dominante de la modalité **RES2** est l'anthémis des teinturiers (*Anthemis tinctoria)* avec 9,30% tandis que pour la modalité **PI**, la seconde dominante est la pimprenelle (*Sanguisorba minor)* avec 14,30%.

3.3 Dominantes du cavaillon et des interrangs

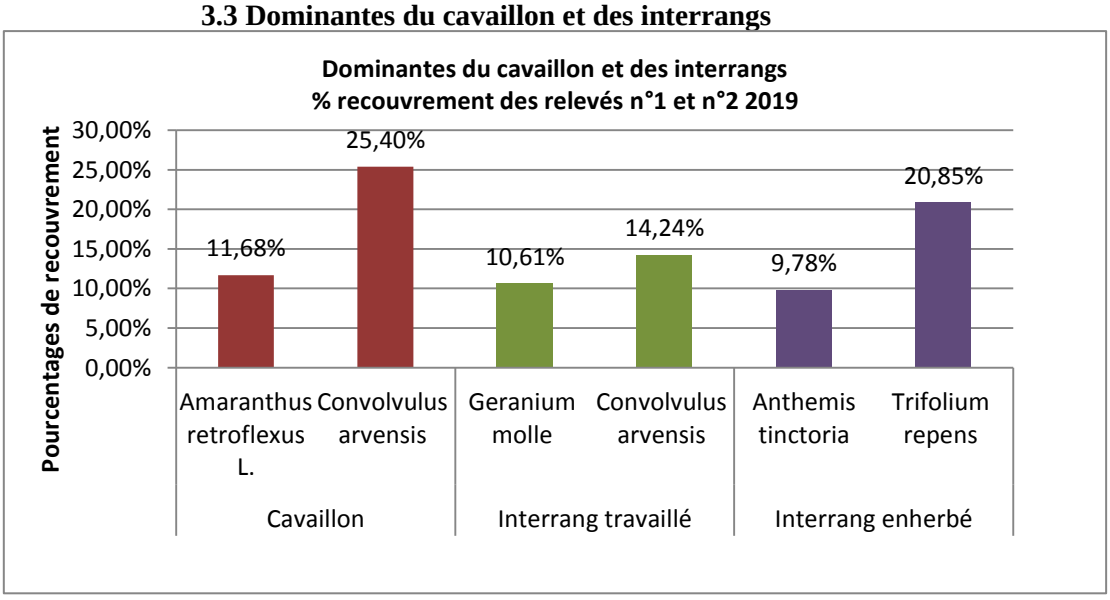


Figure 18: Dominantes du cavaillon et des interrangs

La figure ci-dessus, présente les dominantes du cavaillon et des interrangs sur la base des données de recouvrement des relevés n°1 et n°2 2019. Sur le cavaillon et l'interrang travaillé le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*) est la première dominante avec 25,40% sur le cavaillon et 14,24 % sur l'interrang travaillé. La dominante n°2 sur le cavaillon est l'amarante réfléchie (*Amaranthus*

retroflexus) avec 11,68% tandis que sur l'interrang travaillé, la dominante n°2 est le géranium à feuilles molles (*Geranium molle*) avec 10,61%. Quant à l'interrang enherbé, la première dominante est le trèfle blanc (Trifolium repens) avec 20,85% et la dominante n°2 est l'anthémis des teinturiers (*Anthemis tinctoria*) avec 9,78%.

4. Les fleuries

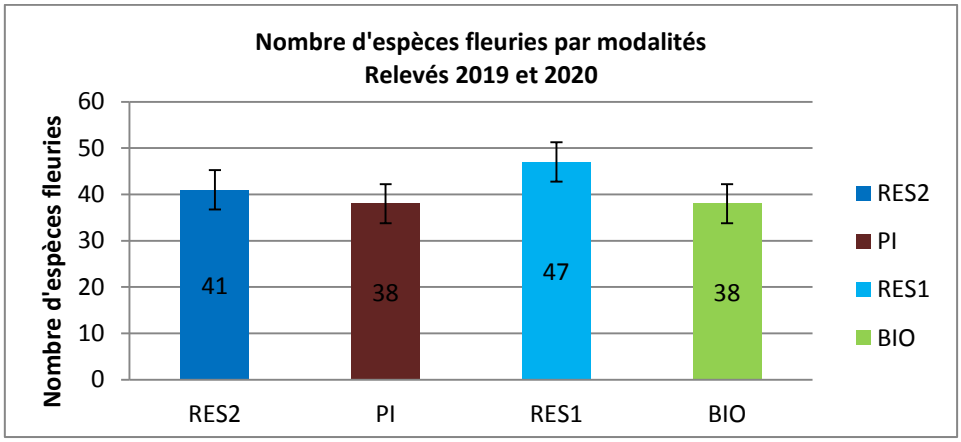


Figure 19: Nombre d'espèces fleuries par modalité

Cette figure présente le **nombre d'espèces fleuries** par modalité sur la base des relevés n°1 2019 et n°2 2020. Le nombre d'espèces fleuries par modalité a été déterminer sur ces relevés car les espèces fleuries n'ont pas été répertorié au cours des relevés n°2 2019 et n°1 de 2020. Le nombre d'espèces fleuries est plus élevé au niveau de la modalité RES1 avec 47 espèces fleuries, suivi de la modalité RES2 avec 41 espèces fleuries. Ensuite nous avons les modalités BIO et PI qui ont le même nombre d'espèces fleuries.

5. Pour aller plus loin dans les résultats

5.1 Espèces retrouvées par modalité : Analyse en composante principale (ACP)

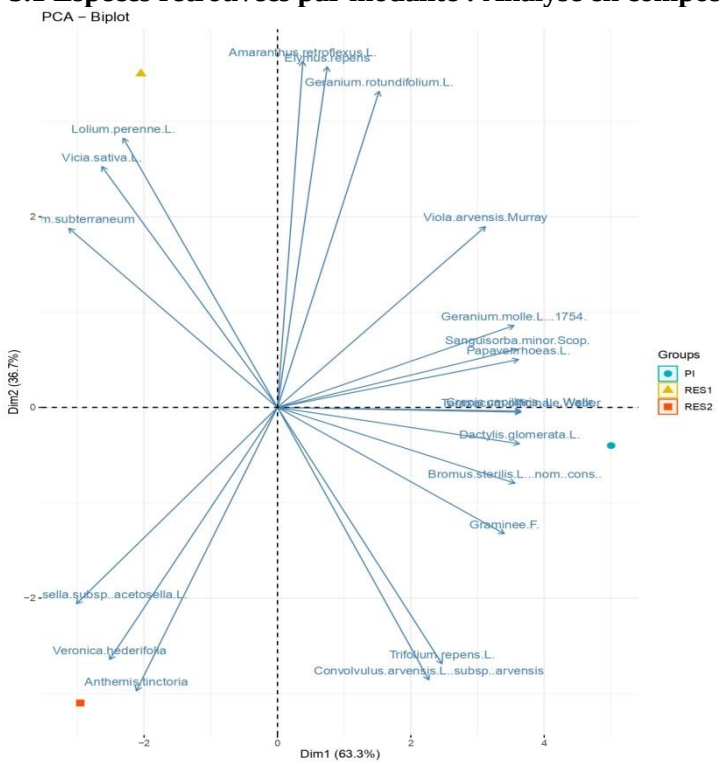


Figure 20: Analyse en composante principale des modalités PI, RES1 et RES2 mises en relation avec les espèces

L'ACP a été réalisée à partir des données des relevés n°1 et n°2 2019 et 2020 pour les modalités PI, RES2 et RES1. Seules les espèces ayant des pourcentages de **recouvrement supérieur ou égal à 2%** sur au moins l'une des modalités ont été prises en comptes. Au total les données de recouvrement de 20 espèces ont été utilisées. Les résultats sont visualisés grâce à un biplot des individus qui sont ici les modalités et des variables qui sont les espèces. Les dimensions 1 et 2 expliquent respectivement **63,3% et 36,7%** de la variation des observations. L'ACP a permis de visualiser les différentes espèces par modalité. Le constat est qu'au niveau du **PI**, les espèces retrouvées sont le dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata),* le brome stérile *(Bromus sterilis)* et les graminées *(Poaceae F.).* Au niveau du **RES2** les espèces retrouvées sont l'anthémis des teinturiers (*Anthemis tinctoria),* la petite oseille *(Rumex acetosella)* et la véronique à feuilles de lierre *(Veronica Heredifolia).* Sur le RES1 les espèces retrouvées sont la vesce commune (*Vicia sativa), le* ray gras anglais *(Lolium perenne)* et le trèfle souterrain *(Trifolium subterraneum).*

5.2 Répartition des poacées et des autres familles botaniques sur deux modalités à itinéraires techniques différents

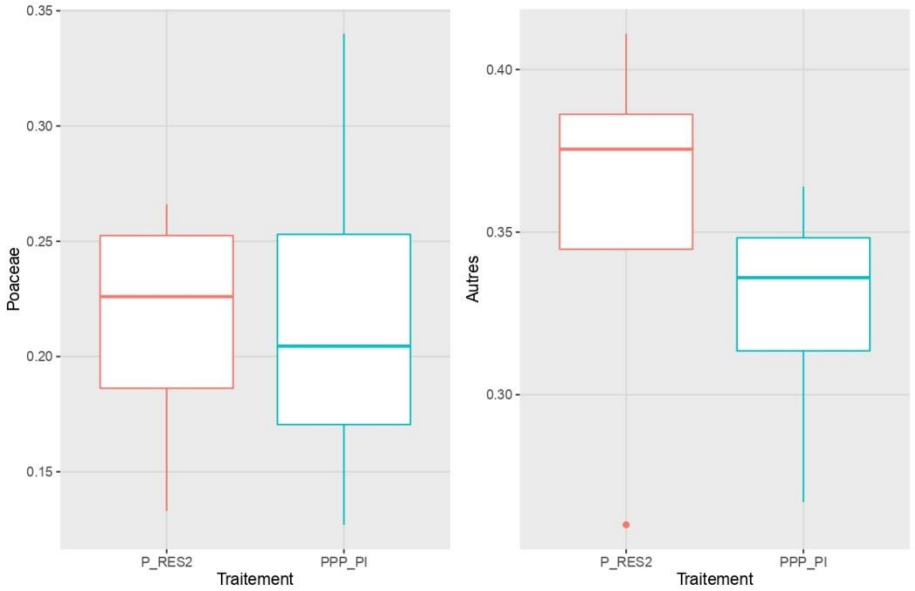


Figure 21: Boîtes à moustache de la répartition des familles botaniques sur les modalités PI et RES2

Les boîtes à moustaches ont été réalisées sur la base des relevés n°1 et n°2 2019 2020. Les modalités PI et RES2 ont été choisies en raison de leurs itinéraires techniques différents induisant respectivement une faible pression (P) et une forte pression (PPP) sur la végétation présente dans les interrangs. Pour la première boîte à moustache, seules les espèces appartenant à la famille des poacées et ayant un pourcentage de **recouvrement supérieur ou égal à 5%** sur au moins l'une des deux modalités **RES2** et **PI** ont été utilisées. Quant à la seconde boîte à moustache, seules les espèces ayant un pourcentage de recouvrement supérieur ou égal à 5% sur au moins l'une des deux modalités **RES2** et **PI** et n'appartenant pas à la famille des poacées ont été utilisées.

Pour la boîte à moustache portant sur les poacées, en ce qui concerne la modalité PI, la médiane est dans le bas de la boite, ce qui suppose une distribution asymétrique vers les valeurs basses des

pourcentages de recouvrement des espèces contrairement à la modalité RES2 où la médiane est dans le haut de la boîte ce qui suppose une distribution asymétrique vers les valeurs hautes des pourcentages de recouvrement des espèces. La médiane est plus basse pour la modalité **PI que pour la modalité RES2** ce qui indique que la moyenne du pourcentage de recouvrement des espèces appartenant à la famille des poacées est plus élevé sur **RES2 que sur PI**. Cependant, au regard de la longueur verticale des boîtes qui représente l'intervalle interquartile, on note une plus grande variabilité et un plus grand nombre des valeurs au niveau du **PI qu'au niveau du RES2**.

Pour la boîte à moustache portant sur les autres espèces, pour les deux modalités, la médiane est dans le haut de la boîte ce qui suppose une distribution asymétrique vers les valeurs hautes des pourcentages de recouvrement des espèces. La médiane est plus haute pour la modalité **RES2 que pour PI** ce qui indique que la moyenne du pourcentage de recouvrement appartenant à une famille « autres » que celle des poacées, est plus élevé sur **RES2 que sur PI**. De même, au regard de la longueur verticale des boîtes qui représente l'intervalle interquartile, on note une plus grande variabilité et un plus grand nombre des valeurs au niveau du **RES2 qu'au niveau du PI**.

B. Intérêt de la flore présente pour le maintien des pollinisateurs : valeurs pollinisatrices des dominantes

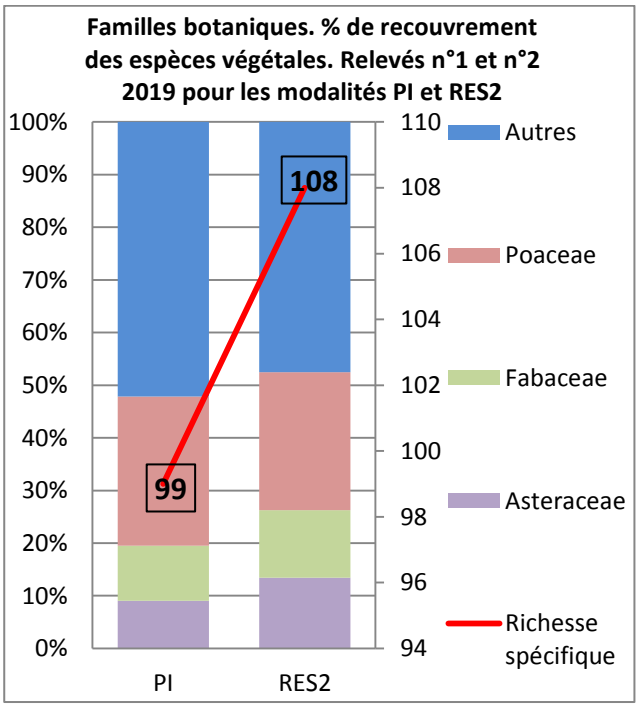
1. Valeurs pollinisatrices des dominantes des modalités RES2 et PI

	RES2		PI	
	Dominante 1	Dominante 2	Dominante 1	Dominante 2
Noms latin des espèces	Convolvulus arvensis	Anthemis tinctoria	Convolvulus arvensis	Sanguisorba minor
Pourcentages de recouvrement	11,90%	9,30%	14,80%	14,30%
Valeurs pollinisatrices	5,07	6,34	5,07	1,00

Tableau 4: Dominantes des modalités PI et RES2 et leurs valeurs pollinisatrices

Le tableau 4 présente les valeurs pollinisatrices des dominantes des modalités **RES2** et **PI** calculé avec l'indicateur **I Flo$_{vi}$** (RICOU, 2014) sur la base des relevés floristiques n°1 et n°2 2019 et 2020. On constate que les deux modalités ont pour dominante principale le liseron des champs (*Convolvulus arvensis)* qui a une valeur pollinisatrice intéressante (>5). Cependant, l'anthémis des teinturiers (*Anthemis tinctoria)* qui est la dominante n°2 de la modalité **RES2** a une valeur pollinisatrice beaucoup plus intéressante (>6) pour les pollinisateurs que la pimprenelle *(Sanguisorba minor)* qui est la dominante n°2 de la modalité **PI**.

2. Lien entre les familles botaniques rencontrées et les pollinisateurs observés sur les modalités PI et RES2



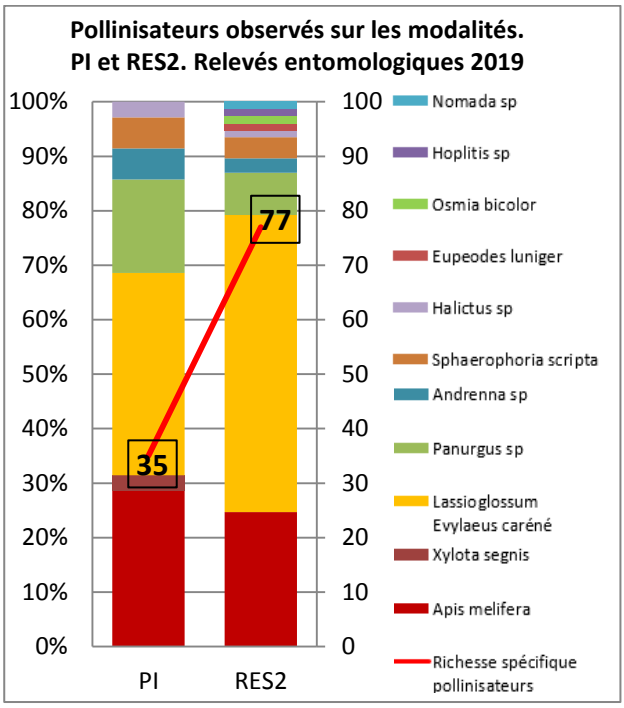


Figure 22: Lien entre les familles botaniques rencontrées et les pollinisateurs observés sur les modalités PI et RES2

La figure 22 présente d'un côté la répartition des familles botaniques sur les modalités PI et RES2 sur la base des données de recouvrement des espèces végétales des relevés n°1 et n°2 2019 et de l'autre, les pollinisateurs observés sur ces deux modalités sur la base des relevés entomologiques de 2019. On constate qu'en 2019 on a une richesse spécifique floristique plus élevée sur la modalité RES2 que sur la modalité PI. La catégorie « Autres » occupent la plus grande partie du recouvrement sur les deux modalités mais cette dominance est plus observable sur la modalité PI que sur la modalité RES2. Cependant on a plus de poacées sur la modalité PI que sur la modalité RES2. Quant aux familles des fabacées et celle des astéracées, elles sont plus dominantes au niveau de la modalité RES2 que la modalité PI.

Pour le second graphique portant sur les pollinisateurs rencontrés sur l'essai système en 2019, on constate qu'on a sur la modalité RES2, une richesse spécifique de pollinisateurs deux fois supérieur à celle de la modalité PI. En termes de répartition de toutes les espèces, on a une diversité d'espèces plus importante sur le RES2 car 4 des espèces présentent sur RES2 ne le sont pas sur PI. Il s'agit de : Eupeodes luniger, l'osmie bicolore (Osmia bicolor), Hoplitis sp et Nomada sp tandis qu'au niveau de RES2, seule l'espèce Xylota segnis présente sur le PI ne l'est pas sur RES2. L'espèce la plus dominante sur toutes les deux modalités, est Lassioglossum Evylaeus mais cette dominance est plus observable sur la modalité RES2. En faisant le rapprochement entre ces deux graphiques, on constate que c'est sur la modalité RES2 où on a une plus grande proportion d'astéracées et de fabacées qu'on a également la plus grande quantité d'espèces pollinisatrices.

IV. Discussion

-Richesse spécifique, calcul des indices de Shannon, Piélou et Simpson et paramètres de températures et précipitations

Les différents résultats concernant la richesse spécifique appuient **l'hypothèse 1** selon laquelle un système moins perturbé ainsi que l'implantation de couverts végétaux dans les interrangs favorisent l'implantation d'une flore plus diversifiée. En effet, en 2019 la plus faible richesse spécifique est retrouvée sur la modalité PI dont l'itinéraire technique induit une forte pression sur la flore présente tandis que les plus grandes richesses spécifiques sont sur les trois modalités subissant le moins de pression. De plus, en considérant les relevés sur deux années, le même résultat est observé avec un grand écart de richesse spécifique entre la modalité la **moins perturbée RES2** et la modalité **la plus perturbée PI** ce qui nous permet de dire que les modalités les moins perturbées sont plus favorables à l'implantation d'une flore diversifiée. En effet, sur les modalités RES2, RES1 et BIO, un mélange fleuri a été semé sur les interrangs enherbés contrairement à la modalité PI sur laquelle seul un mélange graminée-légumineuse a été mis en place. Le résultat sur la richesse spécifique par rang quant à lui permet de confirmer la seconde partie de l'hypothèse 1. L'écart important observé entre la richesse spécifique sur l'interrang enherbé et le cavaillon montre bien en quoi l'implantation de couverts végétaux dans les interrangs est favorable à l'implantation d'une flore plus diversifiée (on augmente légèrement le nombre d'espèces par le mélange mais les conséquences sur la RS totale est très supérieure).

Les résultats concernant les différents indices de diversité, signifient qu'on a une diversité d'espèces plus grandes en 2019 et que ces espèces présentes sont réparties plus uniformément en 2019 qu'en 2020. Ce qui est cohérent car en 2019, les relevés floristiques ont été fait sur une surface de 500 m2 respectant ainsi la courbe aire-espèce tandis qu'en 2020 en raison de la situation particulière, les relevés ont juste été fait à l'échelle des placettes et donc juste sur 371,25 m2. Le fait que les espèces présentes soient réparties plus uniformément sur la modalité RES2 que sur la modalité PI (voir figure 12 : indice de Shannon), complète bien les résultats de la richesse spécifique et permettent de confirmer **l'hypothèse 1** en disant qu'en plus d'avoir une diversité d'espèces plus grande sur une modalité moins perturbée qu'une modalité très perturbée, ces espèces sont en plus réparties plus uniformément.

- Recouvrement

Les différents résultats observés sur le recouvrement des espèces au sein des modalités et rangs, permettent de confirmer **l'hypothèse 1**. Le grand écart entre le pourcentage de sol nu et la végétation sur le cavaillon, s'explique car sur le cavaillon on a le plus souvent une à deux espèces présentes s'accaparant ou se partageant les 100% de la végétation. De plus sur les relevés de cette année, un paillage mis en place sur le cavaillon de la modalité BIO, fait qu'il n'y a pratiquement pas de

végétation et le paillage est considérer comme sol nu par le logiciel (Image j) utilisé pour calculer les pourcentages de recouvrement sur les photos (protocole défini). Cependant, cela ne change rien au fait que comme on s'y attendait, l'interrang enherbé accueille beaucoup plus de végétation que le cavaillon et que la répartition des différentes familles notamment celles des fabacées et des astéracées est plus intéressantes sur l'interrang enherbé. La figure 14 quant à elle, montrent qu'on a plus de poacées sur la modalité PI qui est une modalité fortement perturbée de par son itinéraire technique que sur la modalité moins perturbée RES2. En effet, les espèces appartenant à la famille des poacées, sont des plantes dont les graines ont une durée de vie très longue et qui repoussent dès que le sol est retourné et plus le sol sera retourné permettant ainsi l'accès à la lumière pour activer la germination, plus elles seront présentes. De plus, on a une diversité de familles plus grande sur les modalités moins perturbées que sur le PI figure 15). Différence très accentuée notamment par le fait que la famille des astéracées alors qu'elle est bien présente sur le RES2 est quasiment absente sur le PI. Ce qui permet de confirmer qu'un système cultural moins perturbé ainsi que l'implantation de couverts végétaux dans les interrangs est favorable à l'implantation d'une flore plus diversifiée.

- Dominantes

Les résultats sur les dominantes permettent de confirmer **l'hypothèse 2** selon laquelle, les différents espèces retrouvées sur les différentes modalités et rangs, permettent une prédiction de la présence effective des pollinisateurs et donc de la pollinisation est possible.car bien que les pourcentages de recouvrement des espèces dominantes soient plus élevés au niveau du PI, l'Anthémis des teinturiers (*Anthemis tinctoria*) qui est la dominante au niveau de la modalité RES2 est bien plus intéressante pour les pollinisateurs que la pimprenelle (*Sanguisorba minor*) retrouvé au niveau de la modalité PI. De plus en complément de ces résultats, on voit bien que sur l'interrang enherbé on observe comme dominante, des espèces bien plus intéressantes pour la pollinisation que sur les deux autres rangs et surtout le cavaillon.

- Fleuries

Ce résultat permet de confirmer la première partie de **l'hypothèse 1** car on voit qu'il y a plus d'espèces fleuries sur des modalités moins perturbées telles que RES2 et RES1 que sur une modalité avec une forte perturbation telle que PI.

- Intérêt de la flore présente pour le maintien des pollinisateurs : valeurs pollinisatrices des dominantes

Les résultats permettent de confirmer les deux hypothèses car ils montrent bien qu'on a plus de familles d'espèces intéressantes pour les pollinisateurs (astéracées et fabacées) sur la modalité moins perturbée RES2 que sur la modalité PI qui est la plus perturbée. De plus, le lassioglossum (*Lassioglossum Evylaeus*) l'espèce pollinisatrice la plus rencontrée sur tous les relevés d'entomologie

réalisés en 2019 (83 espèces rencontrées) est bien plus présente sur la modalité RES2 que sur la modalité PI. Elle appartenant à la super famille des hyménoptères et à la famille des **halictidae**. Le résultat observé est cohérent car c'est une espèce polylègue (qui visite une diversité importante de plantes à fleurs) mais qui affectionne particulièrement les espèces floristiques appartenant à la famille des astéracées (BRUNO MERIGUET – OPIE, 2004). Elle est donc tout naturellement plus retrouvée sur la modalité RES2 dont la proportion d'espèces appartenant à la famille des astéracées est la plus importante. Ce dernier point répond à **l'hypothèse 2** car en tenant compte des différentes espèces floristiques rencontrées sur une parcelle on peut prédire s'il y aura pollinisation et aussi le type d'espèces pollinisatrices qu'on pourra rencontrer.

- Pour aller plus loin dans les résultats

Les résultats de l'ACP et des boîtes à moustaches, permettent de confirmer **l'hypothèse 1** car en effet l'ACP montre qu'on a des espèces bien plus intéressantes pour les pollinisateurs appartenant notamment aux familles des astéracées, plantaginacées et polygonacées au niveau du RES2 qui est moins perturbé qu'au niveau du PI où on a que des espèces appartenant à la famille des poacées, qui ne présentent aucun intérêt pour les pollinisateurs. De plus, les boîtes à moustaches viennent appuyer cette hypothèse car elles permettent de voir qu'on a un plus grand nombre de valeurs pour les poacées au niveau du PI qui est perturbé qu'au niveau du RES2 qui est moins perturbé. En ce qui concerne les familles « autres » que les poacées et donc plus intéressant pour les pollinisateurs, RES2 a plus grand nombre d'espèces que la modalité PI.

V. Perspectives

Ces résultats issus du traitement des données sur les premières années du projet donnent un premier aperçu des espèces rencontrées, de la richesse spécifique sur les modalités, de la répartition des espèces sur les différentes modalités, de leur pourcentage de recouvrement et des différents pollinisateurs rencontrés sur l'essai Système. Sachant que le projet se poursuit jusqu'en 2023, il serait intéressant de maintenir avec précision les différents relevés floristiques et entomologiques. De plus, la prise en compte de facteurs variant chaque année tels que l'itinéraire technique ou encore le climat permettrait d'avoir des résultats à long terme plus intéressants et plus précis.

Le dispositif s'appuie sur un réseau de trois dispositifs expérimentaux (Wintzenheim, Montpellier et Bordeaux), il serait pertinent de mettre en commun les données collectées issues des relevés floristiques sur les trois sites. Cette démarche est commencée grâce à la base de données nationale Silex-vitiOeno qui est une base de données mise en place par le projet dans l'Unité Mixte de Recherche (UMR System de Montpellier) afin de rassembler les données expérimentales collectées sur les différents sites et permettront un travail de collaboration étroit et des résultats plus solides.

Dans le cadre de notre stage, une partie des données issues des relevés floristiques de 2019 ont déjà été importés sur Silex. La mise en commun, et la comparaison les données issues des trois dispositifs

expérimentaux permettrait de suivre l'évolution de la biodiversité sur les trois dispositifs et de voir s'il existe un pool d'espèces végétales et de pollinisateurs qui leur soit commune. La similitude en espèces végétale et pollinisateurs entre les trois sites pourra être déterminée grâce au calcul de certains indices tels que l'indice de Sorensen et l'indice de Jaccard. La caractérisation de la flore présente sur les trois sites permettra également de faire une prédiction de la pollinisation dans le temps.

Une autre piste de travail serait de compléter la liste des espèces floristiques retrouvées dans le vignoble dans la base de données I Flo_{vi} car les valeurs pollinisatrices de certaines espèces végétales restent encore à calculer.

Conclusion

Ce mémoire a permis de montrer qu'il existe un rapport étroit entre viticulture et biodiversité. Il démontre que le vignoble peut fournir un habitat privilégié aux pollinisateurs. La différence entre les systèmes (BIO, PI, RES1 et RES2) mises en place sur l'essai système ont permis d'avoir un champ d'analyse pertinent. Elle a permis de démontrer que l'itinéraire technique suivi joue un rôle important sur la richesse spécifique, les espèces rencontrées et leurs répartitions. La mise en place de couverts végétaux sur les interrangs semble être une solution intéressante pour l'installation d'espèces attractives pour les pollinisateurs et permet d'augmenter la richesse spécifique (en intégrant d'autres facteurs tels que l'ITK et le climat). Cependant, le constat d'une évolution permanente de la richesse spécifique montre que de nombreux facteurs sont interdépendants. De nombreuses perspectives de recherches sur les interactions plantes-pollinisateurs devront encore être étudiées.

Bibliographie

AGRESTE. (2020, avril). Statistique agricole annuelle 2018-2019—Données provisoires|Agreste, la statistique agricole.
https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2002/detail/

ARVALIS. (2018, mai 31). Observation de la biodiversité : Modes d'emploi de quatre pièges.
https://www.arvalis-infos.fr/comment-installer-et-relever-des-pieges-pour-suivre-les-populations--@/view-21732-arvarticle.html#cuvette

AVFRA. (2017, avril 3). Quel impact la viticulture a-t-elle sur l'environnement et la biodiversité.
https://www.avfra.com/blog/10_impact-biologique-viticulture

BRUNO MERIGUET - OPIE. (2004, mars). Suivi entomologique des Hyménoptères ApoïdesAnnées 2001, 2002 et 2003.
http://www.insectes.org/opie/pdf/357_pagesdynadocs47fcd26f98378.pdf

CAVE-VINS. (2019, janvier 24). Carte des vignobles de France. *Cave à Vin*. https://www.cave-vins.net/le-vin/carte-des-vignobles-de-france/

CBA. (2014). Liste rouge de la flore menacée. Conservatoire botanique d'alsace.
http://www.conservatoire-botanique-alsace.fr/connaissance-de-la-flore-et-des-habitats/liste-rouge-de-la-flore-menacee/

CHANTAL RABOLIN-MEINRAD, & CHRISTOPHE CHARLES SCHNEIDER. (2017). Archive ouverte HAL - Les bordures de parcelle comme moyen pour protéger la biodiversité dans le vignoble ? https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01652922/

CHEVALIER R., GAUTIER G., ARCHAUX, F., 2010. « Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix » [PDF]. N° 2, 2010, pp. 141-154.
http://hdl.handle.net/2042/34651

CLAVIEN,Y (2005).La végétation des vignes en Suisse romande. Rapport de stage, Agroscope Changrins-Wadenswill.14p.
https://www.revuevitiarbohorti.ch/wp-content/uploads/2006_06_f_756.pdf

CNIV. (2019). *Chiffres clés viticulture 2019*.
https://www.intervin.fr/etudes-et-economie-de-la-filiere/chiffres-cles

CNRS. (2018). *CNRS/sagascience—Qu'est-ce que la biodiversité ?*
https://sagascience.cnrs.fr/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA_p1_f1

DELPUECH X., 2006. « Enherbement des vignes, premier tour pour 23 candidats » [PDF]. Phytoma-La santé des végétaux 658.
https://ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/COR-29%20-%2034%20Enherb%20vigne%20658%20FINAL.pdf

FLORIAN KOHLER, JORT VERHULST, ROEL VAN KLINK, & DAVID KLEIJN. (2007). At what spatial scale do high- quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes ? - Kohler—2008—Journal of Applied Ecology—Wiley Online Library. https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2664.2007.01394.x

GINESTET, E. (2016, septembre 12). Quelle est la pollution engendrée par un verre de vin ? https://youmatter.world/fr/impact-environnemental-viticulture-vin-pesticides/

INRA. (2013). Info-Insectes—HYMENOPTERA. Ephytia. http://ephytia.inra.fr/fr/C/7525/Info-Insectes-HYMENOPTERA

INRA. (2014). Presse dossier : Les chercheurs volent au secours des abeilles. Mai 2014. https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/sante-agroecologie-vignoble/content/download/4176/38984/version/2/file/DOSSIER+ABEILLE+INRA+%28bd%29.pdf

INRA. (2020, février). Des systèmes de cultures viticoles agroécologiques testés à Montpellier. INRAE Institutionnel. https://www.inrae.fr/actualites/systemes-cultures-viticoles-agroecologiques-testes-montpellier

INTERREG. (2017, décembre 1). Qui sont les pollinisateurs sauvages? http://sapoll.eu/sapoll/qui-sont-les-pollinisateurs-sauvages/

LARVF. (2019, août 21). *Tout savoir sur le vin d'Alsace*. La Revue du vin de France. https://www.larvf.com/,vin-vignoble-alsace-riesling-gewurztraminer-sylvaner-pinot-blanc-gris-vendanges-tardives,10355,4025417.asp

LEPOITTEVIN DANIEL, & ROSE TRISTAN. (2020). PROTECTION DES CULTURES: PRATIQUES PHYTOSANITAIRES DANS LE VIGNOBLE CHAMPENOIS EN 2016. http://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2020-02-phytoviti2016_BAT_cle08f256.pdf

MORIN, J.-M. (2013). *Repères dans l'histoire de l'agriculture et de l'agriculture biologique*. 22. https://reseau-formabio.educagri.fr/files/doctelechargeable_HISTORIQUE.pdf

MTES. (2018). Les insectes pollinisateurs nous en mettent plein la vue—Ministère de la Transition écologique et solidaire. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/insectes-pollinisateurs/

OPABA. (2019, juin). *Les chiffres de la bio en Alsace | Opaba*. http://www.opaba.org/bioenalsace/agriculture-bio-en-alsace/les-chiffres-de-la-bio-en-alsace

PERROT THOMAS. (2018, juin). Contribution des pollinisateurs dans la production de colza et de tournesol en zone atelier « Plaine et Val de Sèvre ». ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/333667155_Contribution_des_pollinisateurs_dans_la_production_de_colza_et_de_tournesol_en_zone_atelier_Plaine_et_Val_de_Sevre/citations

RABOLIN, C., SCHNEIDER, C. THIOLLET-SCHOLTUS, M., & BOCKSTALLER, C. (2017). La richesse de la flore comme levier pour maintenir la biodiversité dans le vignoble ? BIO Web of Conferences, 9, 01006. https://doi.org/10.1051/bioconf/20170901006

RICOU CHARLES. (2014). Conception d'un indicateur prédictif évaluant les effets des pratiques agricoles sur la diversité floristique et ses services en grandes cultures à l'échelle de la bordure de champ [Thesis, Université de Lorraine].
http://www.theses.fr/2014LORR0107

STHDA. (2017, octobre 15). ACP - Analyse en Composantes Principales avec R : L'Essentiel - Articles - STHDA. http://www.sthda.com/french/articles/38-methodes-des-composantes-principales-dans-r-guide-pratique/73-acp-analyse-en-composantes-principales-avec-r-l-essentiel/

STRAUB PATRICK. (2020). Biodiversité : Le rôle des insectes pollinisateurs. Futura.
https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-pollinisation-service-ecologique-gratuit-970/page/8/

TREIBER R., 2015. La Liste rouge des Apidés menacés en Alsace. ODONAT. Document numérique.
http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/liste_rouge_alsace_apides_2015_livret.pdf

TYFLO. (2020). La vigne et son environnement.
https://www.tyflo.org/la-vigne-et-son-ecosysteme/

VANGENDT J., BERCHTOLD J.- P., JACOB J.- C., HOLVECK P., HOFF M., PIERNE A., REDURON J.- P., BOEUF R., COMBROUX I., HEITZLER P., TREIBER R., 2014. La Liste rouge de la Flore vasculaire menacée en Alsace. CBA, SBA, ODONAT, 96 p. Document numérique.
http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/liste_rouge_alsace_flore_vasculaire_2014_livret.pdf

VANPEENE BRUHIER S., MOYNE M. L., BRUN J. J., 1998. La richesse spécifique: un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace - Application en Haute Maurienne (Aussois, Savoie).Ingénieries eau-agriculture-territoires, Lavoisier; IRSTEA; CEMAGREF, 1998, p. 47 - p. 59. hal-00461198
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00461198/document

VIN-VIGNE. (2015). *VIGNOBLE D'ALSACE : Vins d'Alsace—Vin-Vigne.com*. http://www.vin-vigne.com/vignoble/vin-alsace.html#ixzz5ITc64auM

Annexes

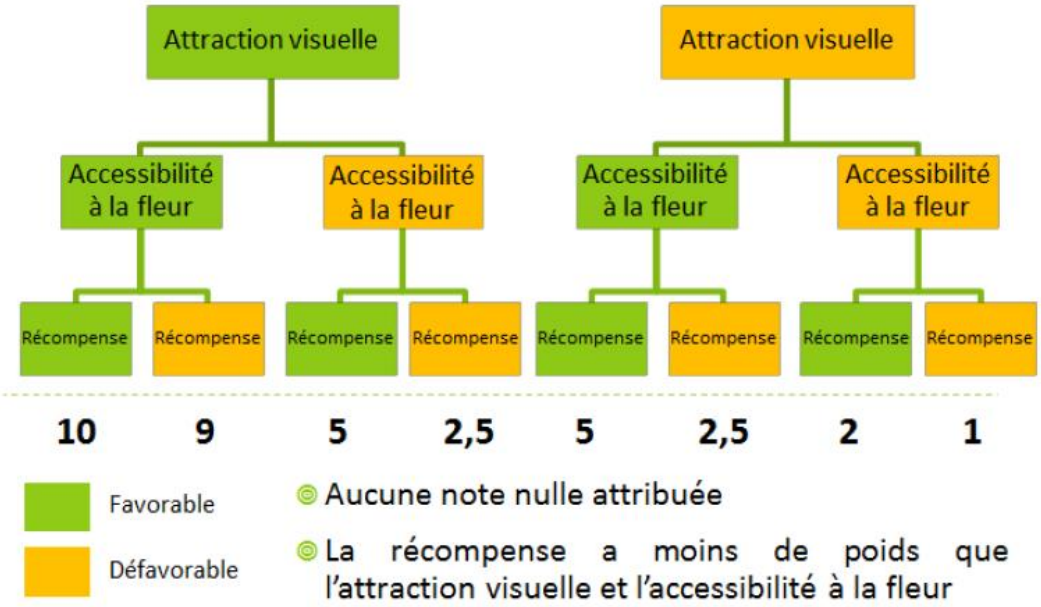
Annexe 1: Quelques espèces de la famille des Hyménoptères

Abeille domestique (*Apis melifera*).(RABOLIN-MEINRAD)©

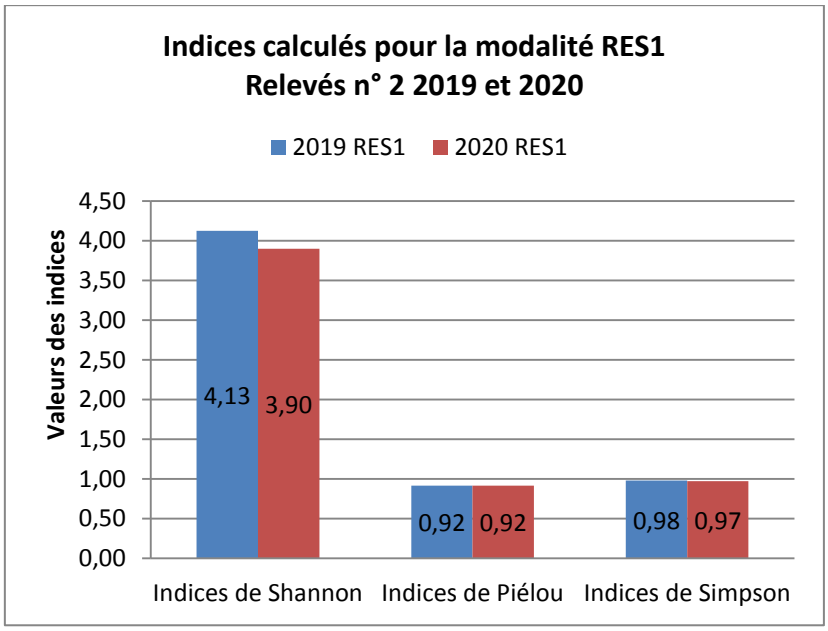
Bourdon (*Bombus terrestris)* sur une fleur de chardon laiteux. (INRA©)

Abeille sauvage (Osmia bicolor). (RABOLIN-MEINRAD)©

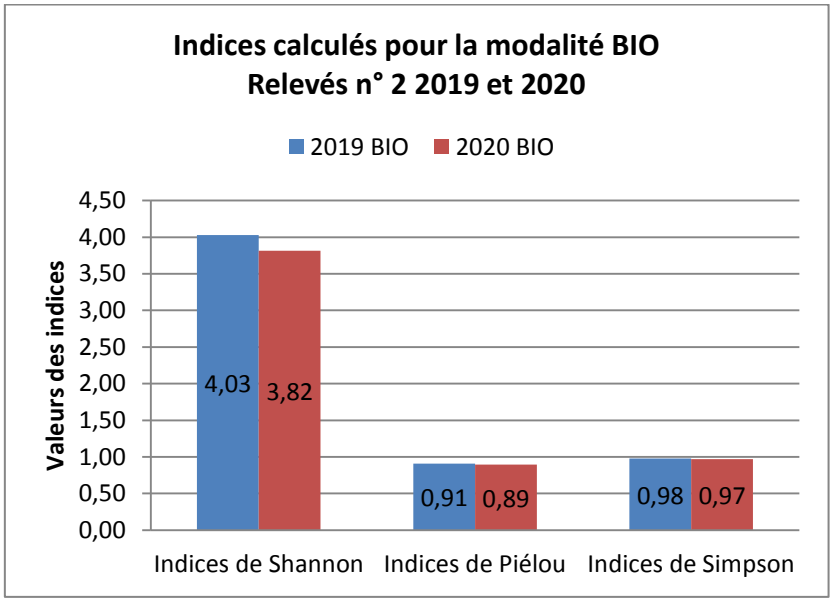
Annexe 2 : Arbre de décision global permettant le calcul de l'indicateur (RABOLIN-MEINRAD et al., 2017)



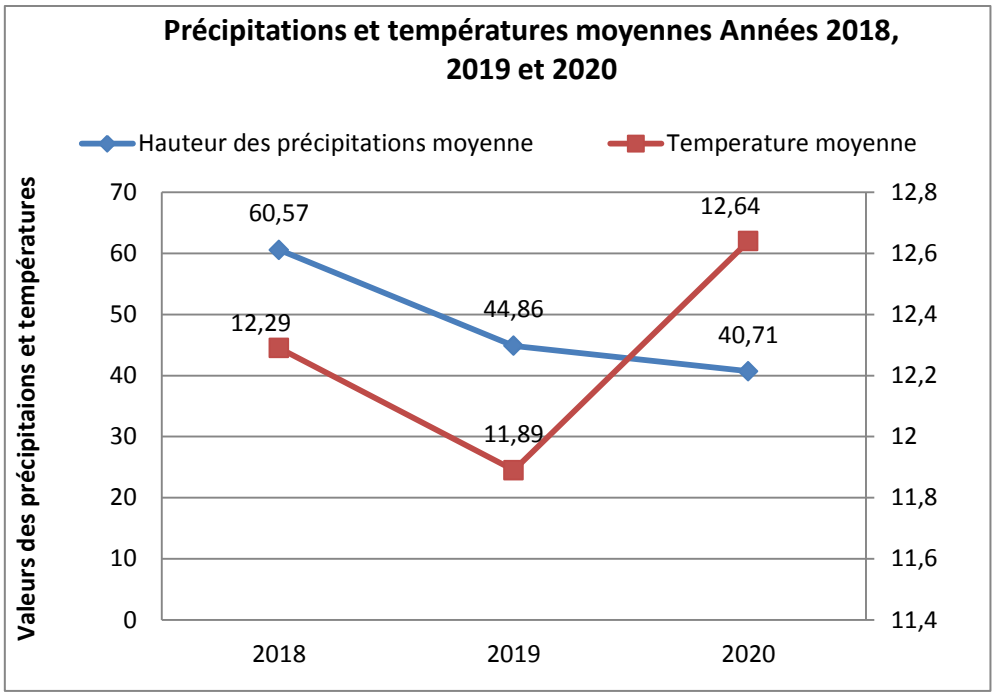
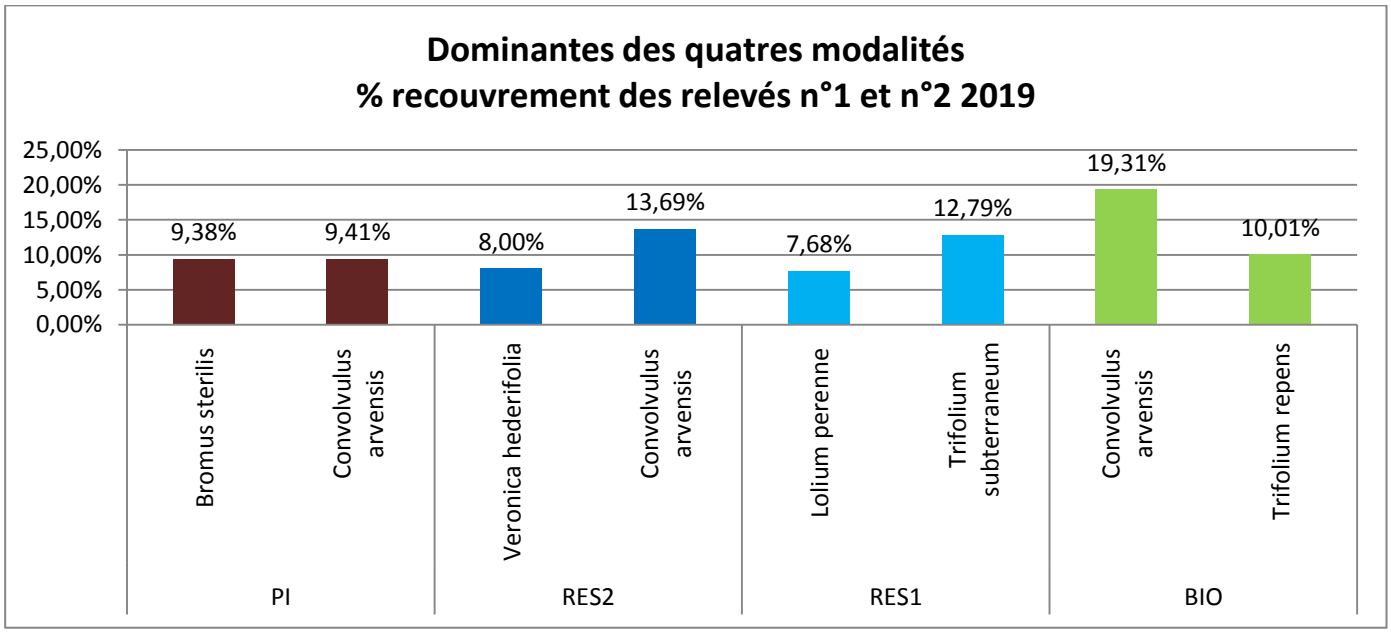
Annexe 3: Indices de diversité pour la modalité RES1



Annexe 4 : Indices de diversité pour la modalité BIO



Annexe 5: Précipitations et températures moyennes mensuelle pour 2018, 2019 et 2020 (période de Janvier à Juillet)



Annexe 6 : Dominantes des quatre modalités