



HAL
open science

**Étude de la flore locale, lien avec les abeilles sauvages
présentes de la famille des Halictidae et des
Megachilidae au sein de parcelles viticoles en Alsace,**
Sonia Pinto Loureiro Pinto, Chantal Rabolin-Meinrad

► **To cite this version:**

Sonia Pinto Loureiro Pinto, Chantal Rabolin-Meinrad. Étude de la flore locale, lien avec les abeilles sauvages présentes de la famille des Halictidae et des Megachilidae au sein de parcelles viticoles en Alsace,. Sciences de l'environnement. 2022. hal-04536573

HAL Id: hal-04536573

<https://hal.inrae.fr/hal-04536573>

Submitted on 8 Apr 2024

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.



Étude de la flore locale, lien avec les
abeilles sauvages présentes de la famille
des *Halictidae* et des *Megachilidae* au
sein de parcelles viticoles en Alsace,
un habitat favorable à la nidification et à la
disponibilité du bol alimentaire.

PINTO LOUREIRO Sonia

Pour le grade d'ingénieur industriel en agronomie
Option Développement International

ISla Huy, 2022

Sommaire


Sommaire	I
Remerciements	II
Résumé & mots clefs.....	III
Liste des abréviations	V
Introduction	VII
1 Partie théorique	1
2 Partie expérimentale	27
3 Discussion & perspectives	69
Table des matières	77
Table des figures	79
Bibliographie.....	83
Annexes	87

Remerciements

J'aimerais remercier en particulier mes deux encadrants : ma maîtresse de stage, Chantal Rabolin, qui m'a beaucoup appris pendant ces 5 mois, pour nos fructueux échanges tout au long de mon stage et de la rédaction de ce mémoire, ainsi que mon promoteur interne, Xavier Legrain, qui a su m'écouter d'une oreille attentive et me conseiller, depuis le début jusqu'à la fin, avec justesse et bienveillance.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont suivi et apporté leur aide tout au long de mon stage, en passant par la gestion administrative, les échanges, bien que furtifs, mais toujours instructifs, jusqu'aux relevés sur le terrain. Merci à toutes ces personnes : de l'équipe AGISEM, de l'équipe M2 de Nancy, de l'équipe de Bordeaux et l'équipe de Montpellier, de l'équipe administrative et technique.

J'aimerais remercier également celles qui m'ont accompagné pendant la rédaction. Je pense à Florent pour son soutien moral sans failles et à Camille pour avoir rendu la lecture de ce mémoire plus légère.

À mes parents, qui ont élevé cinq enfants dans l'amour et le partage et qui avec leurs efforts, nous ont permis de faire des études en Belgique. J'espère avoir honoré leur mémoire. 

« Rien ne vous sert de bien savoir, si vous négligez de bien faire » Publilius Syrus

Résumé & mots clefs

Ce mémoire porte sur l'étude de la flore locale et des abeilles sauvages présentes dans un essai-système d'une parcelle viticole en Alsace dans le cadre du Projet SALSA (PLAN Ecophyto). Nous avons mis en évidence la présence croissante de l'abeille sauvage *Lasioglossum* (*Halictidae*) au fil des années dans la parcelle viticole à Wintzenheim. Cette augmentation serait favorisée par la présence d'Astéracées radiées, elle-même favorisée par un itinéraire technique moins perturbé que l'itinéraire technique conventionnel. La hausse des températures favorise la nidification des *Osmia* (*Megachilidae*) au sein de la parcelle viticole tandis que le paysage forestier alentour favoriserait leur diversité.

Mots clefs : Alsace, vigne, pollinisateurs, abeilles sauvages, bol alimentaire, nidification

Liste des abréviations

AGRESTE : service de la statistique et de la prospective du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

Ast : Astéracées

AstLigule : richesse spécifique (présence/absence) du groupe d'espèces végétales de la famille des Astéracées dont la morphologie des pétales est ligulée

AstRadie : richesse spécifique (présence/absence) du groupe d'espèces végétales de la famille des Astéracées dont la morphologie des pétales est radiée

AstTubule : richesse spécifique (présence/absence) du groupe d'espèces végétales de la famille des Astéracées dont la morphologie des pétales est tubulée

BIO : agriculture biologique

Bra : Brassicacées

BrassFabautres : richesse spécifique des Brassicacées et Fabacées de couleur autres que le jaune

BrassFabjaune : richesse spécifique des Brassicacées et Fabacées de couleur jaune

CAV : cavaillon (zone sous le cep)

DA : la dose appliquée

DEPHY : Projet qui regroupe des Démonstrations, Expérimentations et Productions de références sur les systèmes économes en phytosanitaire

DR : la dose de référence du produit

Ecophyto : plan national qui vise à réduire et améliorer l'utilisation des produits phytosanitaires

EFESE : Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques

Fab : Fabacées

Floreaautres : richesse spécifique du groupe d'espèces végétales à faible valeur pollinisatrice

Florepoaceae : richesse spécifique du groupe d'espèces végétales de la famille des poacées

Florepoll : richesse spécifique du groupe d'espèces végétales à forte valeur pollinisatrice = Astéracées + Fabacées + Brassicacées

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer

IFT : Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires

INAO : Institut national de l'origine et de la qualité

INDIGO : méthode scientifique de l'évaluation de l'impact environnemental des pratiques agricoles sur l'air, le sol et l'eau

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

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

IRH : inter-rang enherbé

IRW : inter-rang travaillé

ITK : itinéraire technique

MoyCol_autres : = BrassFabautres/Florepoll

MoyCol_jaune : = BrassFabjaune/Florepoll

MoyCtgEntomo_Hali : = comptage Halictus/(comptage Halictus + comptage Lasioglossum + comptage Panurgus)

MoyCtgEntomo_Lasio : = comptage Lasioglossum/(comptage Halictus + comptage Lasioglossum + comptage Panurgus)

MoyMor_ligule : = AstLigule/Florepoll

MoyMor_radie : = AstRadie/Florepoll

MoyMor_tubule : = AstTubule/Florepoll

OAB : Observatoire Agricole de la Biodiversité

OFB : Office Français de la Biodiversité

OPABA : Organisation Professionnelle de l'Agriculture Biologique en Alsace

PB : piège à insectes « pot Barber »

PI : modalité (itinéraire technique viticole) de référence, travail du sol avec traitement herbicide au niveau du cavaillon

PST : proportionnellement à la surface traitée

RES1 : modalité (itinéraire technique viticole) à résistance variétale + confusion sexuelle + traitements fongicides

RES2 : modalité (itinéraire technique viticole) à résistance variétale + confusion sexuelle

SALSA : projet qui étudie des systèmes viticoles agroécologiques mobilisant la résistance variétale et les régulations naturelles

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Introduction

Depuis toujours, la sélection a permis aux êtres vivants capables de s'adapter, de survivre. Le réchauffement climatique pourrait rendre cette adaptation plus difficile et ainsi établir une sélection plus sévère, ce qui représente un risque majeur pour la biodiversité. Il est donc dans l'intérêt de tous de s'interroger sur les préférences de ces espèces pour se nourrir (bol alimentaire) et se reproduire (nidification) et ainsi favoriser leur pérennité. Ce mémoire, encadré par l'INRAE, porte sur l'étude de la flore locale et des abeilles sauvages présentes dans un essai-système d'une parcelle viticole à Colmar en Alsace dans le cadre du Projet SALSA (PLAN Ecophyto). Le but du projet est de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires dans les vignes, dont les herbicides. Plusieurs leviers ont été mis en place dont une alternative à la gestion de l'enherbement par voie chimique, celle d'une gestion favorable à l'écosystème environnant à la parcelle viticole. Les pollinisateurs, comme les abeilles sauvages, sont indispensables à l'équilibre d'un écosystème durable, en effet la pollinisation représente l'un des nombreux services écosystémiques rendus par la nature.

La partie théorique regroupe des éléments plus généraux sur la viticulture et les impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité en général ainsi que des éléments plus ciblés, nécessaires à la compréhension du mémoire, comme le monde viticole et le mode de fonctionnement des abeilles sauvages.

En pratique, nous cherchons à valider plusieurs hypothèses en lien avec le bol alimentaire et la nidification à l'aide de données terrain propres à des pratiques viticoles (ITK) en Alsace, en complément cette étude est complétée par des données d'autres vignobles français afin d'avoir une vision globale des abeilles sauvages en France avec différents climats.

La partie expérimentale nous permettra donc de répondre à la question suivante : « Quels sont les facteurs qui favorisent la nidification et la disponibilité du bol alimentaire, nécessaires à la présence des abeilles sauvages, dans l'essai système de la parcelle viticole INRAE à Wintzenheim ? »

1 Partie théorique

1.1 Contexte géographique

En France, il existe 16 grands vignobles français, le vignoble : d'Alsace (1), de Bordeaux (2), du Beaujolais, de Bourgogne (4), de Bugey (5), de Champagne (6), de Corse (7), du Jura (8), du Languedoc (9), de Lorraine (10), de la Loire (11), de Provence (12), Roussillon (13), du Rhône (14), de Savoie (15) et du Sud-Ouest (16) (Vin-Vigne, 2015) (cf. Figure 1).

Dans le cadre de notre étude, nous allons cibler trois vignobles français : celui d'**Alsace**, de **Bordeaux** et du **Languedoc** (icônes raisins). Ces trois vignobles français regroupent les parcelles expérimentales de l'INRAE pour le projet SALSA. Nous obtenons ainsi trois contextes pédoclimatiques différents : continental, océanique et méditerranéen.

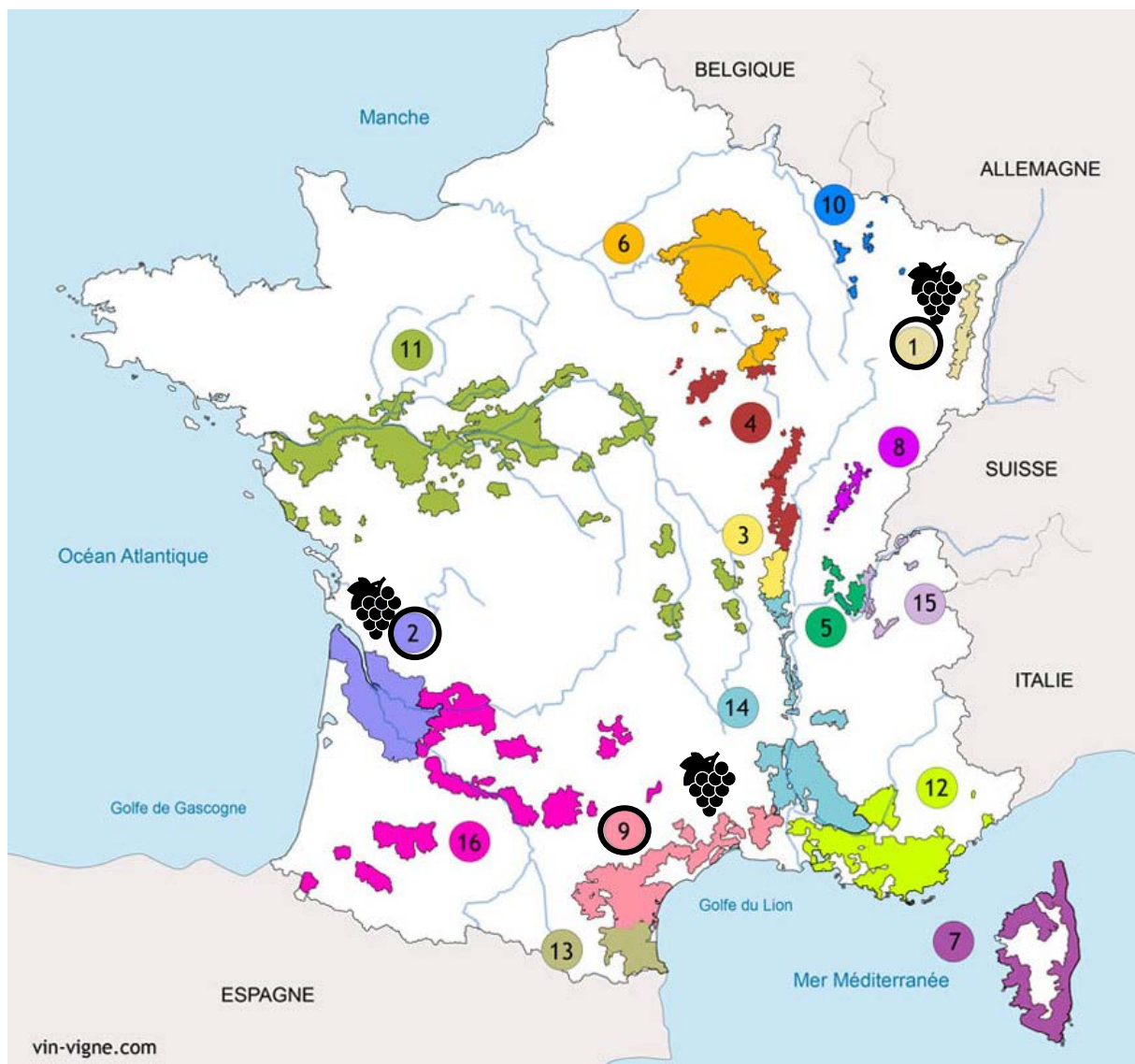


Figure 1 : carte de la répartition des vignobles français, source : site web vin-vigne.com

Le sol, selon sa nature, en plus d'être plus ou moins favorable à la nidification d'abeilles sauvages terricoles, est un des facteurs clés de ce que l'on appelle « **le terroir** ».

Le **terroir** est le composant principal pour obtenir un bon vin. Cependant, avant d'avoir du bon vin, il faut du raisin. Pour l'obtenir, les viticulteurs doivent faire face aux **conditions météorologiques**, dont les bonnes grâces sont indispensables à une production satisfaisante de la vigne. En effet, celles-ci impactent la croissance du raisin, tant de manière directe qu'indirecte. Certaines conditions météorologiques sont donc favorables à l'apparition de maladies qui touchent la vigne en général. C'est la raison pour laquelle, il nous a paru essentiel de mettre en avant les caractéristiques **pédologiques** et **météorologiques** des trois vignobles ciblés.

Colmar est une ville d'**Alsace** située au nord-est de la France. Lorsque l'on parle de paysage pédologique, l'Alsace est appelée le « *le fossé rhénan* ». Ce fossé est né de mouvements tectoniques d'une partie de l'ancien massif Vosges-Forêt Noire, donnant ainsi naissance aux collines sous-vosgiennes et à la plaine rhénane, situées entre les montagnes vosgiennes à l'ouest et la Forêt Noire à l'est (Jamagne et al., 2011). La parcelle viticole qui fait l'objet de notre étude est située à Wintzenheim, à 250 m d'altitude dans les vignobles du Sud (n° 9) (cf. Figure 2) (Party, 2003). Le sol dominant est un sol sablo-limoneux sur arène granitique. La carte du référentiel Régional Pédologique pour le Grand Est, nous permet de visualiser la diversité des sols environnants à notre parcelle (cercle rouge) (cf. Figure 3) (Chambre d'agriculture Grand Est, 2022).



Figure 2 : les petites régions naturelles d'Alsace, source : Party

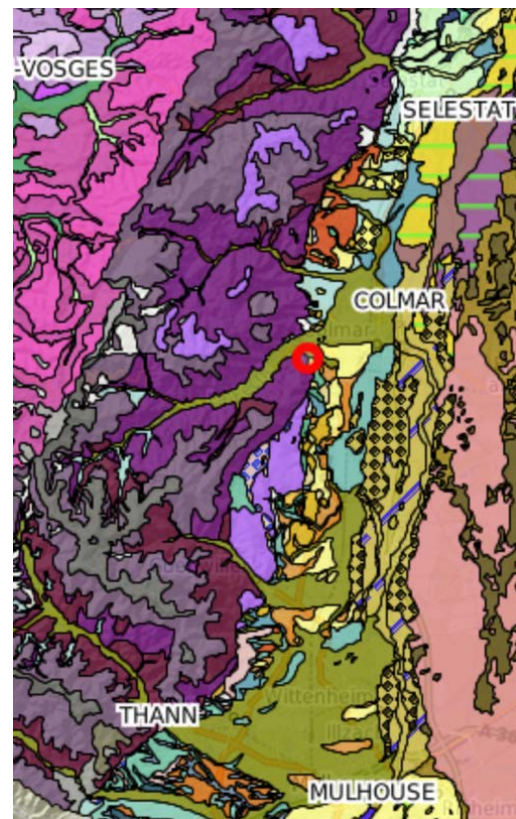


Figure 3 : carte pédologique zoom sur l'Alsace, source : RRPGE

Dans le graphique suivant (cf. Figure 4), nous observons en **Alsace** un pic de pluviosité en juin avec une hauteur de précipitations moyenne de 78 mm. La moyenne des précipitations annuelles de 2011 à 2021 est de 646,3 mm (+/- 106). C'est un peu moins que les précipitations moyennes annuelles à Huy (796,1 mm de 1991-2020) (IRM météo, 2022).

Les températures minimales moyennes indiquent un risque de gel de novembre à mars avec des températures moyennes en dessous de 4 °C. L'Alsace bénéficie de douces températures à partir du mois de juin, avec des températures maximales au-dessus de 24 °C et des températures minimales au-dessus de 14 °C, jusqu'au mois d'août.

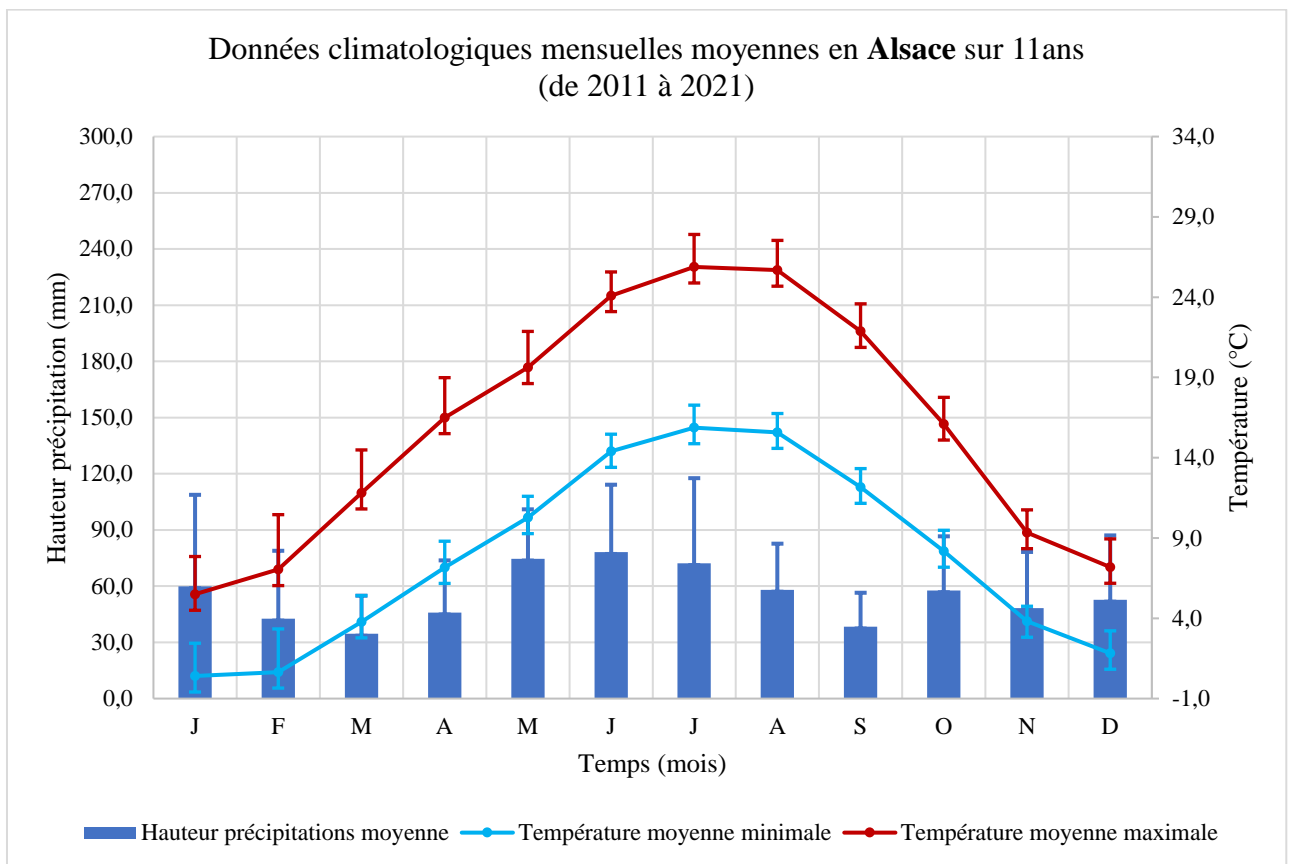


Figure 4 : Données climatologiques mensuelles moyennes en Alsace sur 11 ans de 2011 à 2021, source : site web Climatik (station Bergheim)

Une partie des vignobles de **Bordeaux** sont situés dans la région géographique de l'Entre-Deux-Mers, côte ouest de la France, délimitée par la Dordogne au nord et la Garonne au sud-ouest (VinsVignesVignerons, 2022).

Sur la carte des sols ci-dessous, on peut observer, au sein des deux bras de mer : des sols de limons sur argile imperméable, des sols argilo-calcaires et des sols lessivés.

En dehors, on trouvera : des sols de graves, des sols hydromorphes, des sables rouges et des sables lessivés, du podzol sec et du podzol humide au niveau de la Lande humide (cf. Figure 5).

La parcelle expérimentale de l'INRAE à Bordeaux se situe aux alentours de Villenave-d'Ornon, à 20 m d'altitude, entre la Lande humide à l'ouest et la Garonne à l'est. Les vignes y reposent sur un sol dont la dominance est un sol sablo-graveleux (cercle rouge) (cf. Figure 6).

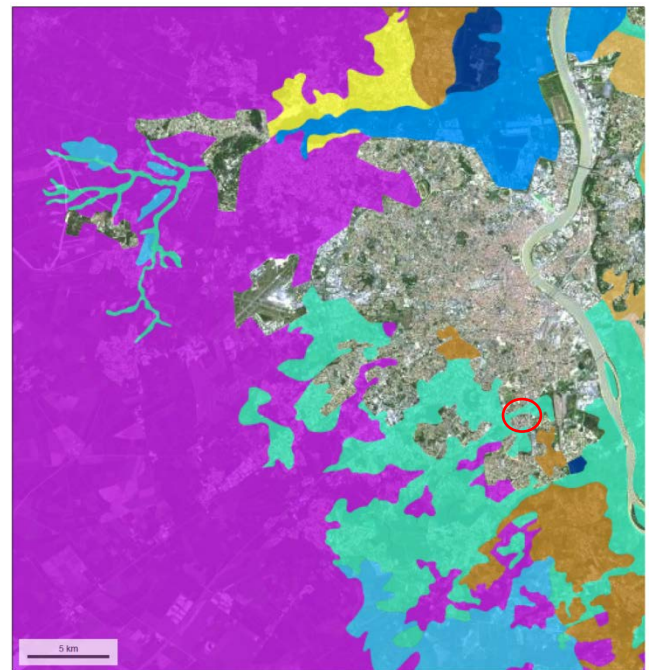


Figure 5 : carte pédologique de la Gironde, source : J. Wilbert « Atlas de la Gironde »

Figure 6 : carte pédologique de Bordeaux, source : Géoportail, la plateforme nationale française

alluvions des basses vallées	Sols hydromorphes des marais littoraux	sables lessivés de type Marsan	sols lessivés de la Double
sols argilo-calcaires variés	Tourbe	dunes côtières	sables blancs lessivés
sols de graves	podzol humide	sols lessivés des plateaux de l'Entre-Deux-Mers	
sables rouges de Barsac	podzol sec	boulbènes : limons sur argile imperméable	Agglomération urbaine de Bordeaux

Figure 7 : légende de la figure 5

La région de Nouvelle-Aquitaine (anciennement région d'Aquitaine), où se trouve la ville de **Bordeaux**, est située au large de l'océan Atlantique. Dans le graphique suivant (cf. Figure 8), nous observons un pic de pluviosité en décembre avec une hauteur de précipitations moyenne de 115 mm. La moyenne des précipitations annuelles de 2011 à 2021 est de 813,6 mm (+/- 167). C'est un peu plus que les précipitations moyennes annuelles à Huy (796,1 mm de 1991-2020) (IRM météo, 2022).

Les températures les plus froides indiquent des températures minimales en dessous de 8 °C de novembre à mars. La température moyenne maximale est atteinte en août avec 28 °C. À partir du mois de juin, les températures maximales sont au-dessus de 25 °C et les températures minimales au-dessus de 14 °C jusqu'au mois de septembre.

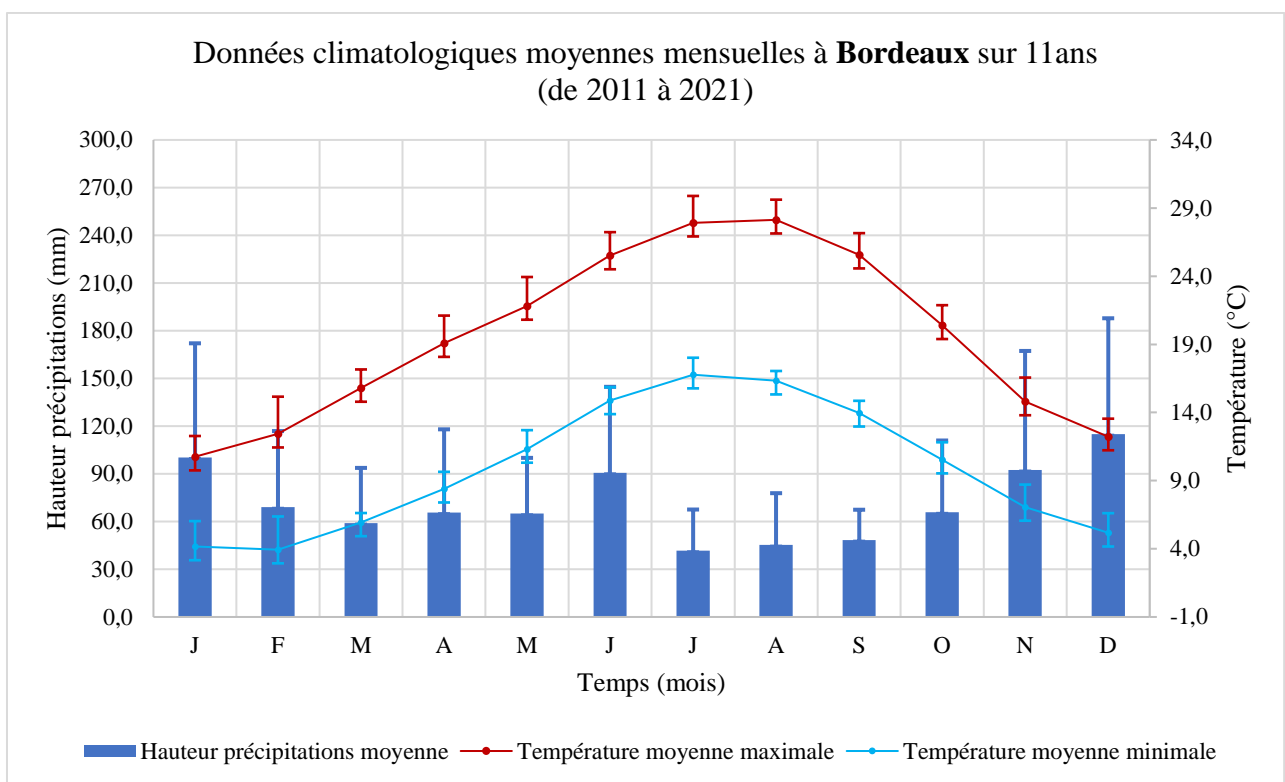


Figure 8 : données climatologiques moyennes mensuelles à Bordeaux sur 11ans (de 2011 à 2021), source : CLIMATIK (station Villenave-d'Ornon)

La ville de **Montpellier** est située dans la région d'Occitanie (anciennement dans la région du Languedoc-Roussillon) sur la côte méditerranéenne française, dans le département de l'Hérault. La parcelle expérimentale de l'INRAE est située dans le domaine du Chapitre à 10 km de Montpellier, à 5 m d'altitude (cercle rouge). Les sols des vignobles héritent en général d'un terroir caillouteux qui a pour origine d'anciens alluvions apportés par le Rhône, plus au nord (Bruno, 2015). Le sol des parcelles expérimentales est un sol à dominance argilo-calcaire par endroit, avec des sols de limons (cf. Figure 9).

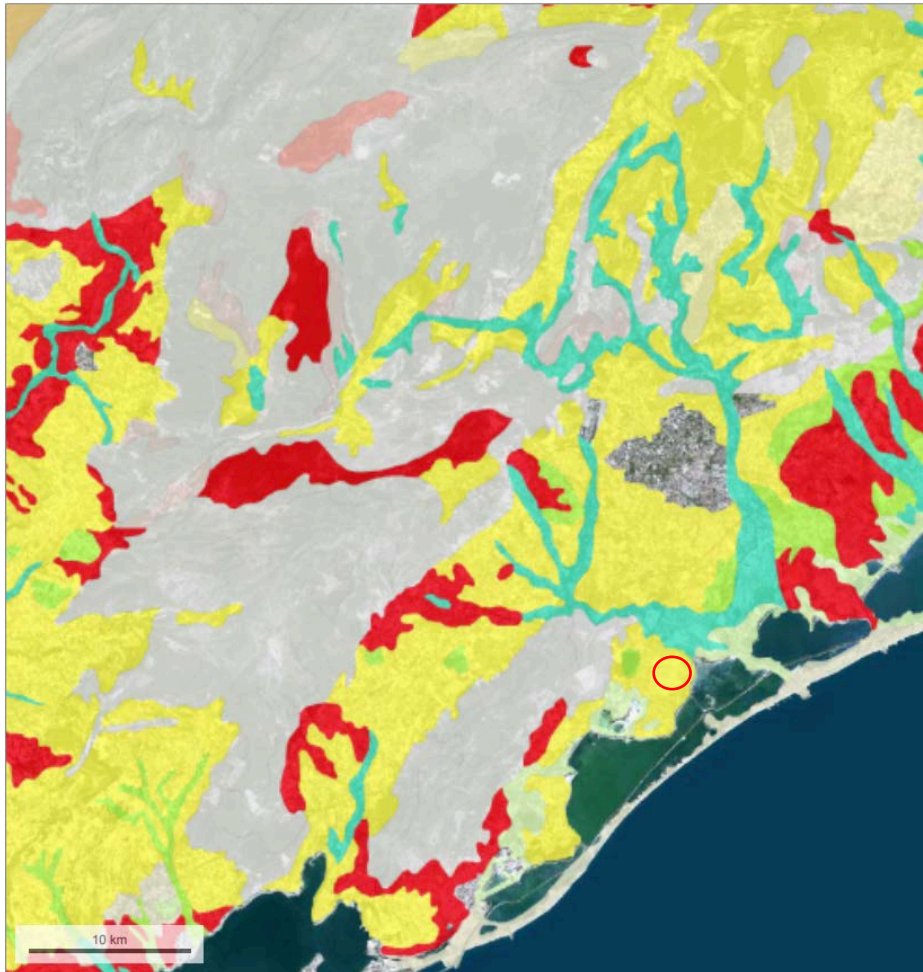


Figure 9 : carte pédologique de Montpellier, source : Géoportail

Dans le graphique suivant (cf. Figure 10), nous observons à **Montpellier** un pic de pluviosité en novembre avec une hauteur de précipitations moyenne de 80 mm. La moyenne des précipitations annuelles de 2011 à 2021 est de 488,9 mm (+/- 154,7). C'est presque 2 fois moins que les précipitations moyennes annuelles à Huy (796,1 mm de 1991-2020) (IRM météo, 2022).

Les températures minimales moyennes indiquent, de décembre à mars, des températures moyennes en dessous de 8 °C. À partir du mois de juin, les températures moyennes maximales sont au-dessus de 25 °C et les températures moyennes minimales sont au-dessus de 16 °C jusqu'au mois de septembre.

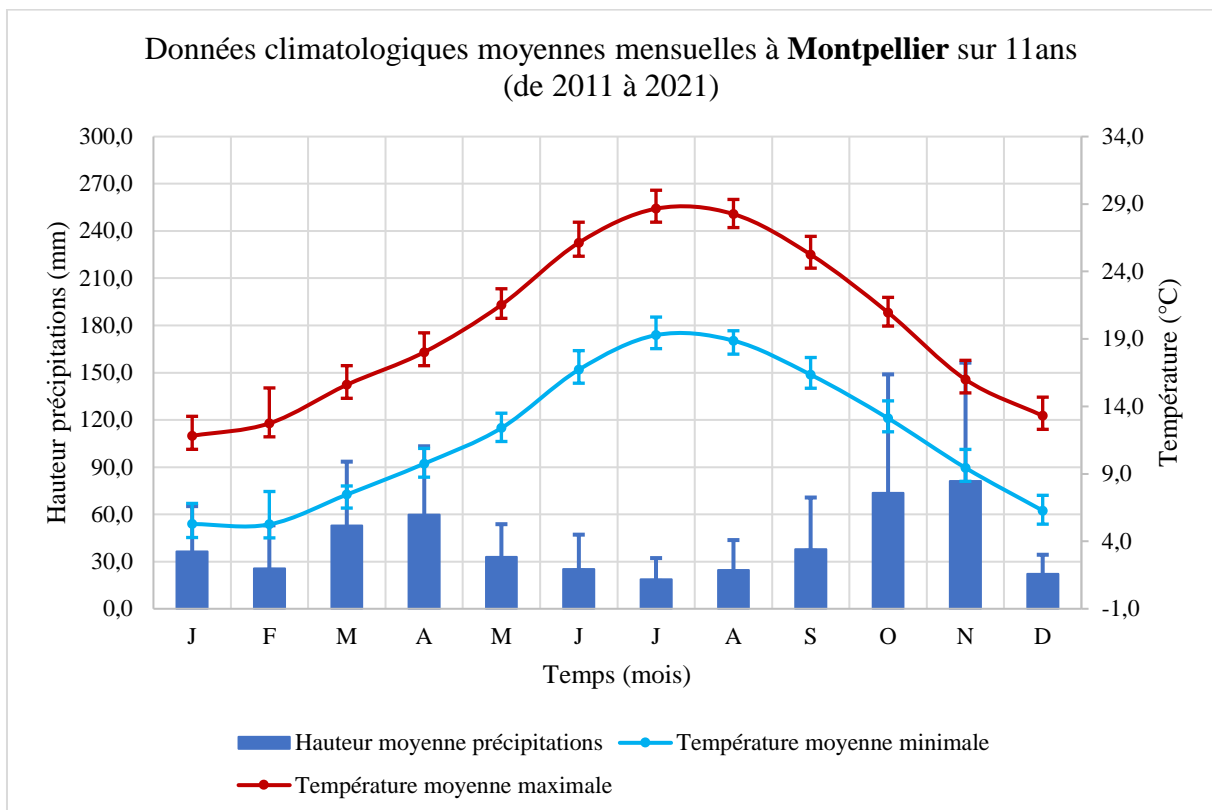


Figure 10 : données climatologiques moyennes mensuelles à Montpellier sur 11 ans (de 2011 à 2021), source : CLIMATIK (site PechRouge)

1.2 État des lieux des vignobles français en fonction de leur conduite

En 2010, les surfaces (ha) en vignes pour les vendanges mécaniques (>< vignes en faire valoir direct) de vignes biologiques et non biologiques ont été répertoriées par bassins viticoles dans l'étude. On y retrouve notamment le bassin d'Aquitaine, d'Alsace Est et du Languedoc-Roussillon. Les chiffres pour ces bassins viticoles ainsi que pour la France entière ont été repris dans le tableau suivant (cf. Tableau 1) :

Bassins viticoles	TOTAL surface vignes Vendanges mécaniques (ha)	Surface Vignes Bio/TOTAL (%)	Surface Vignes non Bio/TOTAL (%)
Aquitaine	123 059	5,7	94,3
Alsace Est	1 042	50	50
Languedoc-Roussillon	143 770	4,5	95,5
France entière	615 145	4,1	95,9

Tableau 1 : surface en vignes pour les vendanges mécaniques selon leur conduite dans divers bassins viticoles de France en 2010

Mis à part le bassin viticole de l'Alsace Est pour lequel les vignes traitées en vendanges mécaniques sont conduites à parts égales en agriculture biologique et non biologique, les autres bassins viticoles repris ci-dessus ont une surface de vignes non biologiques qui représente plus de 90 % de la surface TOTALE des vignes en vendanges mécaniques. Le constat est le même pour la France entière (FranceAgriMer, 2017).

À la demande de l'office français de la biodiversité (OFB) dans le cadre du plan Ecophyto, une enquête a été réalisée en 2019 sur les pratiques culturales en viticulture dans plusieurs bassins viticoles majeurs en France. Elle contient des données sur l'IFT et le nombre de traitements. L'IFT est souvent utilisé pour évaluer les changements dans les pratiques.

L'indice de fréquence de traitement (IFT) permet de mesurer la quantité de produits phytopharmaceutiques appliquée sur une parcelle. Il s'agit du rapport entre la dose appliquée (DA) et la dose de référence (DR) du produit, le tout, proportionnellement à la surface traitée (PST). La dose de référence est une valeur fixe tandis que la dose appliquée est variable selon l'exploitation.

$$IFT_{\text{traitement}} = \frac{DA}{DR} \times PST$$

En 2019, l'IFT pour les fongicides représente la plus grande part de l'IFT Total. Tandis que l'IFT pour les herbicides représente la plus petite part de l'IFT Total. Il s'agit du même constat pour l'Alsace, le Bordelais et le Languedoc (cf. Tableau 2).

	Alsace	Bordelais	Languedoc
IFT Herbicides	0,3 ±0,1	0,4 ±0,1	0,4 ±0,1
IFT Fongicides	8,9 ±0,3	12,4 ±0,3	8,3 ±0,3
IFT Insecticides	0,6 ±0,1	2,1 ±0,1	2,3 ±0,2
IFT Total	9,8 ±0,4	15,0 ±0,4	11,1 ±0,4
IFT Biocontrôle	2,5 ±0,2	2,9 ±0,2	1,6 ±0,1

Tableau 2 : Indice de fréquence de traitements (IFT) en 2019, moyenne par bassin viticole et type de traitement pour l'ensemble des parcelles (Alsace, Bordeaux et Languedoc)

Sur la période de 2016 à 2019, l'IFT moyen a diminué dans les bassins viticoles en Alsace, dans le Bordelais et dans le Languedoc (cf. Tableau 3).

	2016	2019
Alsace	14,9 ±0,4	9,8 ±0,4
Bordelais	17,2 ±0,4	15,0 ±0,4
Languedoc	14,0 ±0,3	11,1 ±0,4

Tableau 3 : Évolution de l'IFT moyen 2016 et 2019 pour l'ensemble des parcelles (Alsace, Bordeaux et Languedoc)

(AGRESTE, 2021 b)

L'IFT est un indicateur qui permet de suivre l'évolution des pratiques agricoles ou de les comparer à des valeurs propres à son territoire. Il est utilisé pour appuyer la mise en œuvre des politiques publiques, cependant il ne permet pas d'indiquer le niveau de risque encouru. Il existe un indicateur qui mesure les risques des produits phytosanitaires en se focalisant sur plusieurs effets de la matière active et de la dose.

L'indicateur « I-Phy » se base lui-même sur 4 autres indicateurs de risques, regroupés en 2 modules : un premier module « environnement » qui regroupe l'effet sur l'eau souterraine, l'eau de surface et l'air ainsi qu'un second module qui prend en compte les auxiliaires et la faune utile.

La valeur de I-Phy est qualitative et varie entre 0 et 10 (risque nul). Calculée pour l'ensemble des traitements i , elle s'obtient à l'aide de la formule suivante :

$$I\text{-Phy} = \text{Min} (I_{\text{physa}_i}) - SK_i (\% \text{ surface traitée})_i * (10 - I_{\text{physa}_i})/10$$

I_{physa_i} : indicateur pour l'application de la substance active i

K_i : coefficient de pondération

L'indicateur I-Phy (Phyto) est la composante « pesticides » de la méthode INDIGO, qui comprend 6 autres indicateurs : l'assolement, la succession culturale, la matière organique, le phosphore, l'azote et l'énergie.

Les notes attribuées à chaque indicateur (variant elles aussi de 0 à 10) peuvent être représentées schématiquement sous la forme d'un radar (cf. Figure 11). L'objectif étant de représenter les points forts et les points faibles d'une exploitation en grandes cultures (Bockstaller, 2020).

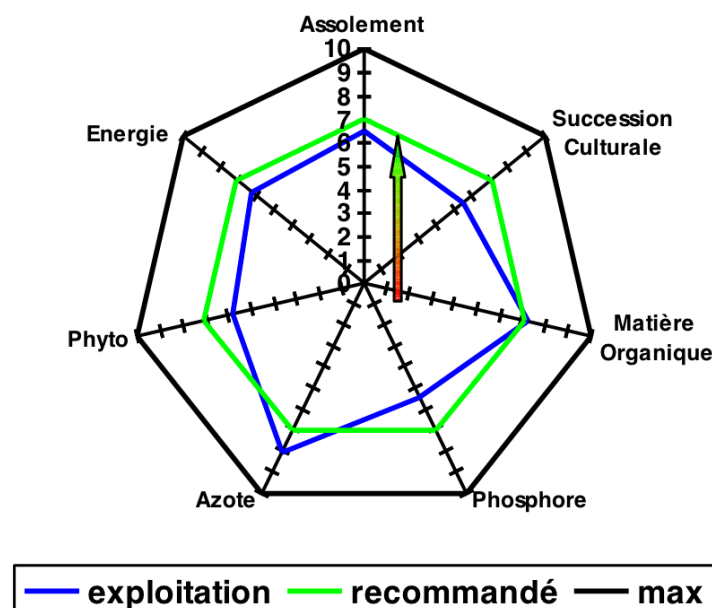


Figure 11 : représentation schématique des indicateurs agri-environnementaux des systèmes de production végétale sous forme de « radar », méthode INDIGO

La figure suivante (cf. Figure 12) est un exemple d'un diagnostic environnemental dans une parcelle viticole.

Les indicateurs évalués sont : I En (énergie), I CouvSol (couverture du sol), I Phy (phytosanitaire), I N (azote) et I MO. (matière organique).

Dans les vignobles, on ne retrouve donc pas les indicateurs de succession culturale et de phosphore, vus précédemment. L'indicateur assolement est remplacé par l'indicateur de la couverture du sol (Forget et al., 2009).

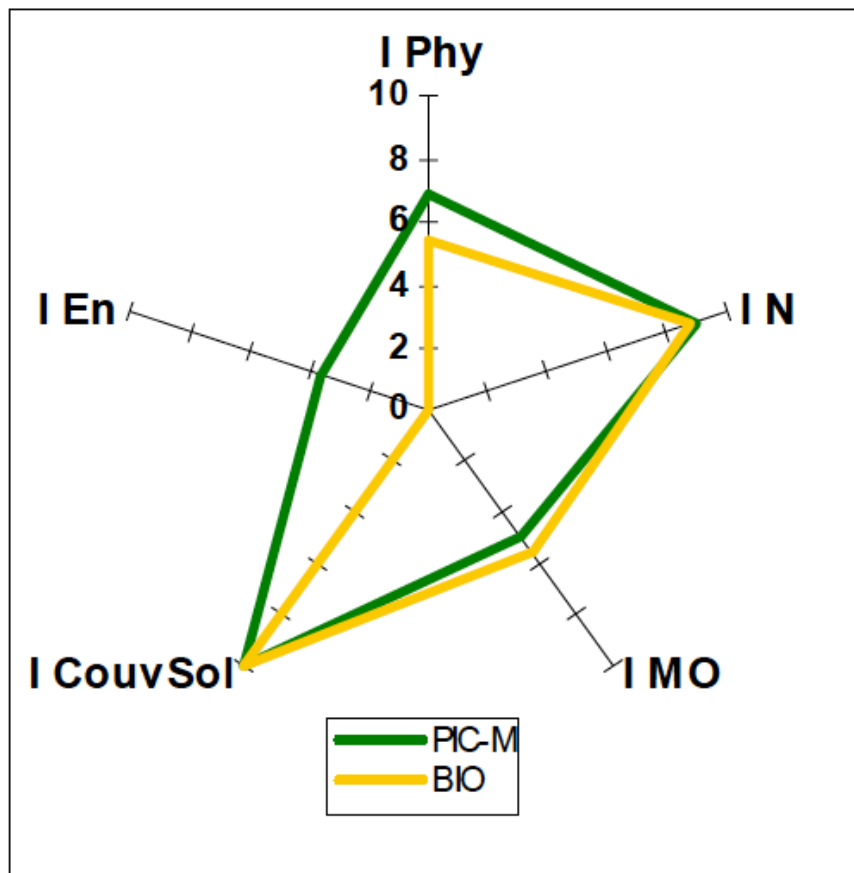


Figure 12 : exemple d'un schéma radar selon la méthode INDIGO pour une parcelle viticole en agriculture biologique (BIO) ou en production intégrée (PIC-M)

Depuis quelques années, nous nous intéressons à d'autres indicateurs pour compléter ces derniers. Il s'agit d'indicateurs de biodiversité, dont l'un d'eux sera intéressant pour notre travail : l'indicateur de pollinisation (I pol).

L'I pol est un indicateur basé sur un arbre de décision (cf. Figure 13) composé de trois paramètres décisifs : l'attraction visuelle (taille, couleur et reflet UV de la fleur), l'accessibilité à la fleur (symétrie de la fleur et forme de la corolle) et la récompense (quantité/qualité du nectar et du pollen).

Une valeur pollinisatrice est alors attribuée à la fleur selon sa capacité à attirer des pollinisateurs à un moment de l'année (Rabolin et al., 2017).

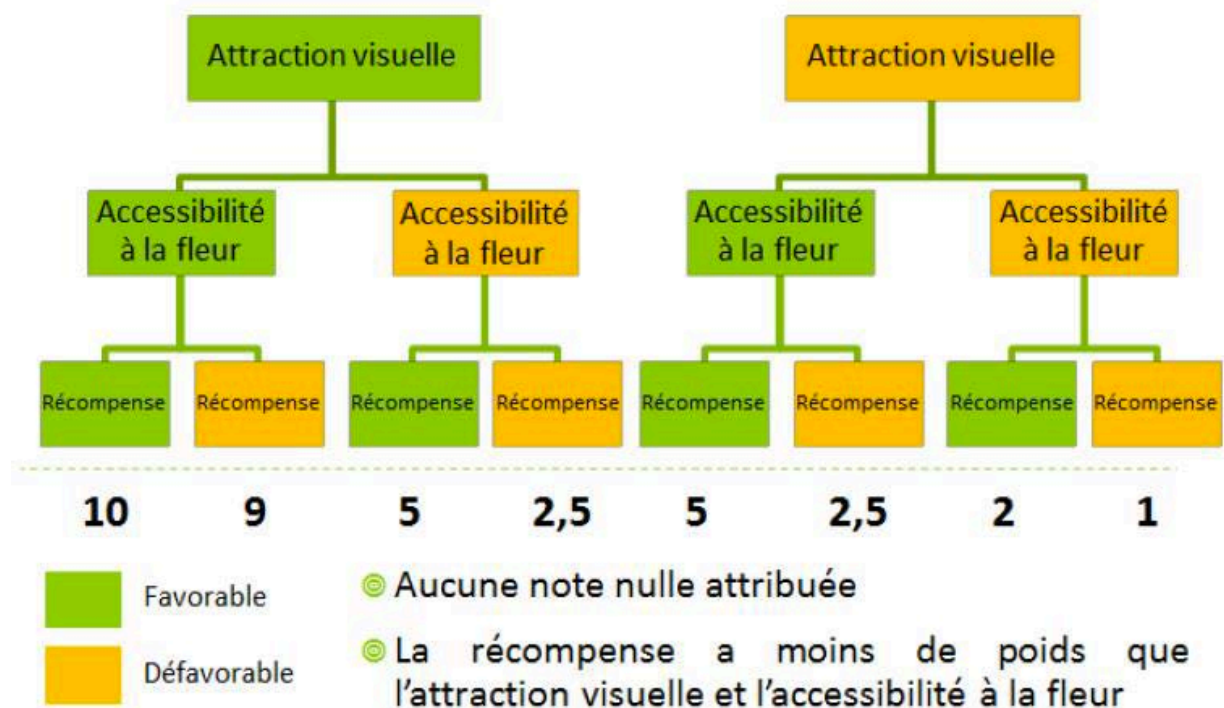


Figure 13 : arbre de décision pour l'indicateur de pollinisation

1.3 Présentation des vignobles alsaciens et gestion des vignobles en Europe

1.3.1 Types de vins

En Alsace, la vinification se fait généralement par cépage et sous 3 appellations (AOC) : l'appellation Alsace Contrôlée réservée aux cépages alsaciens (ex : Pinot blanc et le Muscat), l'appellation Alsace Grand Cru Contrôlée, qui caractérise certains vignobles en raison de leurs terroirs (51 en Alsace), l'appellation Crémant d'Alsace Contrôlée reprenant les vins effervescents élaborés selon la méthode traditionnelle (AGRESTE, 2021a).

D'autres caractéristiques peuvent être ajoutées sur l'étiquette en plus de l'appellation. Les vins de l'AOC Alsace ou Alsace **Grand cru** peuvent, s'ils respectent certaines conditions, ajouter la mention « Vendanges Tardives » ou « Sélections de Grains Nobles » en plus (INAO, 2022).

1.3.2 Gestion phytosanitaire

En viticulture, les stades phénologiques de la vigne sont décisifs dans la gestion des traitements contre les maladies et les ravageurs. En Alsace, les principales maladies sont le mildiou, l'oïdium et le botrytis. Le principal ravageur est le vers de la grappe.

Entre le premier et le dernier stade, du bourgeon d'hiver à la véraison, 81 jours s'écoulent avant la maturation. En viticulture biologique, entre le 9^e et 13^e jour du mois d'avril, qui correspond à l'étalement de la feuille, un premier traitement au cuivre est réalisé pour protéger la feuille du **mildiou**. Un second traitement est réalisé 2 à 6 jours plus tard. Un peu avant la floraison, 45 jours plus tard, les traitements se succèdent plus ou moins tous les 5 jours jusqu'à la véraison, voir au-delà en cas de forte contamination.

Du **soufre mouillable** accompagne l'application du **cuivre**, mais contrairement à ce dernier, le soufre est utilisé pour lutter contre l'**oïdium**, avec une attention particulière lors de la floraison. Le botrytis est une maladie qui a moins d'impact sur la vigne et est peu présent en Alsace. Les vers de la grappe sont les principaux ravageurs de la vigne dans cette région. Le moyen de lutte le plus utilisé est le **biocontrôle**, comme la confusion sexuelle à l'aide de phéromones de synthèse pour empêcher les papillons mâles de rencontrer les femelles (OPABA, 2012b).

En production intégrée, il s'agit de trouver des alternatives aux produits phytosanitaires tout comme dans la démarche de la viticulture biologique. Cependant, lorsque son utilisation devient indispensable pour maintenir un bon rendement, l'alternative est de **réduire le nombre de traitements et d'adapter la dose** en prenant en compte l'état de la végétation et de la pression des parasites au sein de l'exploitation.

Par exemple, dans le cas des tordeuses de la grappe, une lutte préventive par contrôle biologique va être favorisée. Toutefois, lorsque celle-ci n'est plus possible ou insuffisante par rapport aux objectifs de production, l'alternative chimique va être accompagnée d'un suivi précis du stade physiologique de la vigne et des dégâts observés de la pression parasitaire. Le but sera d'appliquer une pulvérisation optimisée en termes de quantité et de qualité.

Concernant les maladies cryptogamiques, l'aération de la vigne par la maîtrise de sa vigueur à l'aide d'une bonne gestion de l'enherbement fait partie des leviers qui limitent le recours aux produits phytosanitaires (Barbier et al., 2018).

1.3.3 Gestion de l'enherbement

La structure d'une parcelle viticole est différente de celle d'autres cultures. En effet, les ceps sont plantés en lignes et avec un espace inter-rang qui a la particularité d'être assez conséquent. En 2010, une enquête réalisée en Alsace chez des viticulteurs biologiques, montre que 65 % travaillent leurs inter-rangs un rang sur deux.

D'une part, le travail du sol dans l'inter-rang permet de restituer de la matière organique dans le sol en enfouissant l'herbe, en plus des feuilles et du bois de la vigne.

D'autre part, l'inter-rang enherbé permet de conserver une certaine humidité à la surface du sol et de restituer de la matière organique lors de la fauche. Lorsque celui-ci est maîtrisé, il s'agit également d'un moyen de gestion dans la compétition entre les plantes de l'inter-rang et la vigne pour les nutriments tel que l'azote (OPABA, 2012a).

En conventionnel, le désherbage du cavaillon (sous le cep) est réalisé à l'aide d'un traitement chimique (Imfeld et al., 2019).

Par ailleurs, l'inter-rang est propice à la végétalisation d'une strate herbacée. On y retrouve des graminées (monocotylédones) et des plantes à fleurs (mono- et dicotylédones). Les graminées, comme le ray-grass et le pâturin permettent une bonne stabilité des sols et limitent ainsi l'érosion. Les plantes à fleurs, **spontanées** comme la piloselle (Astéracées) et la vipérine vulgaire (Boraginacées) ou **semées** comme l'achillée millefeuille (Astéracées) et la phacélie (Boraginacées), sont butinées par les pollinisateurs. Les Fabacées, elles aussi pollinisées par la petite faune, constituent un bon engrais vert pour la parcelle (Le Roux, 2021). Chaque espèce végétale apporte divers bénéfices pour la culture, mais aussi certaines contraintes. C'est pourquoi la conception de mélanges fleuris fait l'objet de tests, certains depuis 10 ans, afin d'optimiser la balance des avantages et des inconvénients pour la culture (Delabays et al., 2016).

La gestion de l'enherbement concerne la flore au sein de la parcelle ainsi que celle du paysage environnant. L'institut Terres Inovia, dirige un projet (R2D2) dont l'objectif est de réguler de manière naturelle les ravageurs de culture et ainsi limiter la dépendance aux insecticides chez les agriculteurs. Pour cela, il met notamment en place des bandes fleuries ou des haies dans le paysage. Les bandes fleuries pérennes obtenues à partir de graines de plantes locales constituent une végétation diversifiée et riche, favorable au bol alimentaire des pollinisateurs (Schmidt et al., 2022). Il s'agira donc de créer des « couloirs », entre la culture et son environnement afin de créer un milieu favorable aux insectes auxiliaires. En échange de cette ressource alimentaire, les insectes auxiliaires luttent contre les ravageurs. Nous avons donc une alternative intéressante à l'utilisation d'insecticides au sein de la culture, mais qui reste à confirmer sur le long terme (Cellule d'Animation Nationale DEPHY, 2017).

1.4 État des lieux de la biodiversité en France

L'UICN établit une liste rouge afin d'évaluer l'état de risque de disparition. Pour cela, il réalise un état des lieux des espèces animales, végétales et des champignons en France et dans le monde entier. Cet outil qui permet d'établir des plans d'action pour protéger des espèces menacées.

Les espèces menacées sont classées dans les catégories suivantes : en danger critique (CR), en danger (EN) ou vulnérable (VU) (cf. Figure 14).

Ce classement se base sur cinq critères d'évaluation : déclin de la population (A), aire de répartition réduite (B), petite population & déclin (C), très petite population (D) et analyse quantitative (E).

Si l'un de ces critères est rempli, l'espèce est dite menacée. Au niveau régional, l'évaluation se fait en deux étapes : d'abord une évaluation initiale, puis un ajustement de l'évaluation initiale, notamment par rapport à la situation de l'espèce à l'extérieur de la région (UICN France, 2018).

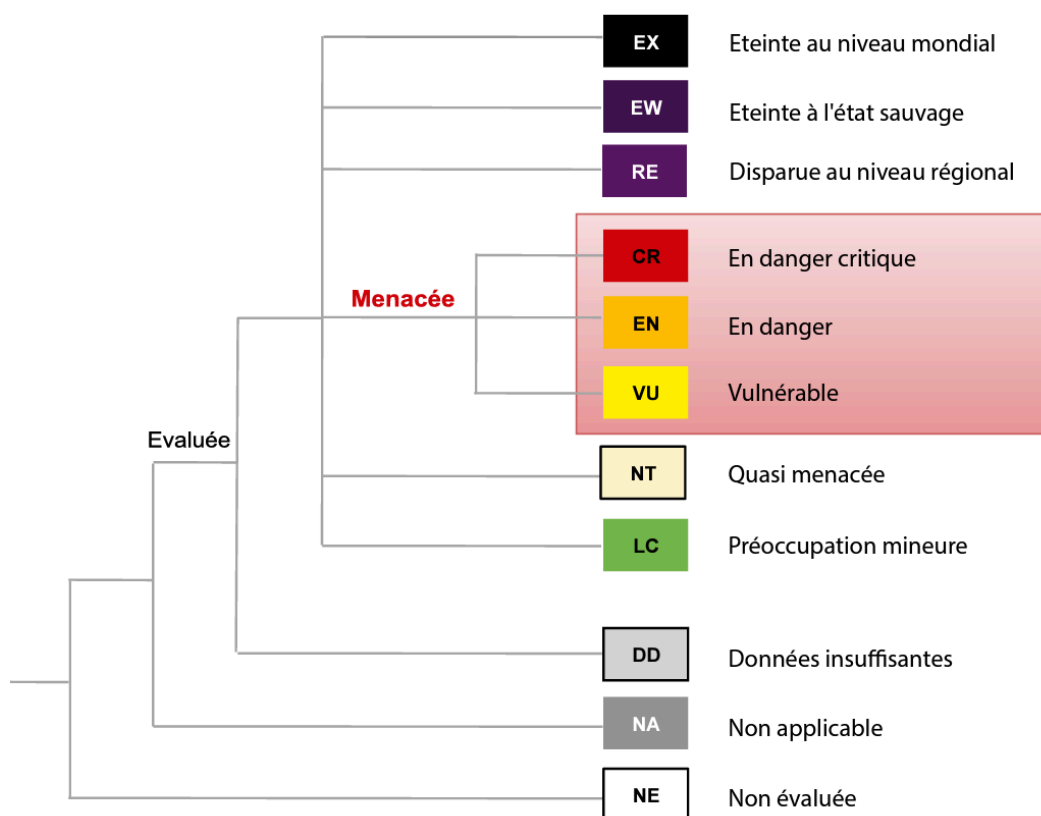


Figure 14 : présentation des catégories de l'UICN, source : Guide régional 2012 de l'UICN

1.4.1 La flore

En 2018, parmi toutes les espèces vasculaires indigènes recensées, 15 % sont menacées ou quasi menacées. En effet, celles-ci sont victimes de la dégradation de leur habitat ayant pour origine diverses pressions, comme : l'artificialisation des milieux, l'intensification des pratiques agricoles, le surpâturage, l'élargissement des pistes forestières, l'introduction de plantes envahissantes, la dégradation par piétinement touristique ou sportif, mais encore la cueillette et le climat (Union internationale pour la conservation de la nature & Comité français, 2018).

1.4.2 La faune

En 2015, près de 16 % des 38 espèces de reptiles évaluées sont classés « vulnérables », et un peu plus de 34 % des 35 espèces d'amphibiens évalués sont quasi menacées (UICN et al., 2015).

En 2016, le rapport d'évaluation de la liste rouge des espèces menacées en France montre que 15 % des 284 espèces d'oiseaux nicheurs évalués en France métropolitaine sont quasi menacés et 10 % en danger (UICN & Museum national d'histoire naturelle, 2016).

D'après une étude réalisée en 2019, plus de 40 % des espèces d'insectes sont menacées d'extinction dans les prochaines décennies, les lépidoptères et les hyménoptères étant parmi les plus touchés. La raison principale de ce déclin est l'intensification de l'agriculture (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Ce dernier constat n'est pas sans conséquence sur les mammifères insectivores, puisqu'ils se retrouvent privés de leur nourriture. En 2017, le pourcentage d'espèces quasi menacées sur les 103 espèces de mammifères terrestres évaluées est de 17 % et de 10 % supplémentaires sur les 22 espèces de mammifères marins évaluées, avec un total de 27 % (UICN et al., 2017).

De plus, les plantes et les insectes sont interdépendants, ils s'influencent mutuellement. D'après l'INPN, sur base du programme Vigie-Flore, 53 % des plantes liées aux insectes déclinent (INPN, 2022).

Une liste rouge des apidés menacés en Alsace est également disponible sur le web (Odonat, 2015).

1.5 Facteurs influençant les pollinisateurs présents dans un milieu

1.5.1 Le climat

Le climat influence la répartition des espèces au niveau de l'altitude et de la latitude. Une augmentation de température de 1 °C aurait pour conséquence le déplacement des zones climatiques vers le nord et donc la migration des espèces (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019). De plus, il existe une structuration en fonction de l'altitude chez les pollinisateurs, avec une majorité de diptères à partir de 1500 m d'altitude (Lefebvre, 2017).

En général, les abeilles domestiques sortent pour butiner quand les températures atteignent 12 à 15 °C, alors que certaines abeilles sauvages apparaissent dès 6 à 8 °C (Apis Bruoc Sella, 2022).

1.5.2 Le type de sol et la flore

Les espèces terricoles nidifient préférentiellement au niveau des sols nus ou peu végétalisés avec néanmoins certaines espèces florales comme source de nourriture. En fonction du pollinisateur, le lectisme peut différer : les abeilles sauvages qui ont des préférences floristiques sont dites oligolectiques, tandis que les abeilles généralistes sont dites polylectiques (Le Féon & François, 2017).

Les espèces végétales de la famille des Astéracées, des Fabacées et des Brassicacées sont pour la plupart des plantes à forte valeur pollinisatrice. Cette valeur dépend notamment de la couleur de la fleur, de la forme de la corolle, de la quantité et de la qualité du nectar et du pollen (Rabolin et al., 2017).

1.5.3 Les pratiques agricoles et les stress

L'utilisation d'insecticide non sélectif a des effets toxiques directs sur les auxiliaires tandis que l'utilisation d'herbicides a des effets indirects sur les habitats. Ils peuvent en effet mener jusqu'à la perte de celui-ci et donc de toutes ressources alimentaires (INRAE & IFREMER, 2022).

Lorsque l'enherbement de l'inter-rang est trop contraignant, certains viticulteurs ont recours au travail du sol par le labour afin d'enfouir les semences des adventices et ainsi détruire le couvert végétal. Cette pratique n'est pas sans conséquence sur les auxiliaires puisque l'on touche directement à leur garde-manger (Barbier et al., 2018).

Il s'agit donc de trouver un équilibre entre traitements chimiques et travail du sol en fonction des conditions de la parcelle pour limiter l'état de pression sur le milieu.

1.6 Les services écosystémiques rendus par la biodiversité

Selon l'étude EFESE, on appelle des **services écosystémiques**, des fonctions écologiques liées à des **écosystèmes** et qui apportent des **avantages** à l'humain. Il s'agit donc du lien entre la fonction écologique et le bénéfice apporté à l'Homme. Certaines fonctions écologiques nécessitent la main de l'Homme pour devenir un service. Citons par exemple la production de bois dans un écosystème forestier (Beyou et al., 2016).

Le schéma suivant (cf. Figure 15) permet de visualiser l'interdépendance entre les principales composantes de la biodiversité : la mésofaune et la macrofaune du sol, les microorganismes du sol, la matière organique dans le sol, la gestion des couverts végétaux, la nature du paysage et les auxiliaires de cultures.

Tous montrent une interconnexion entre les divers services écosystémiques rendus à l'agriculteur ou à la société (Therond & Tichit, 2017).

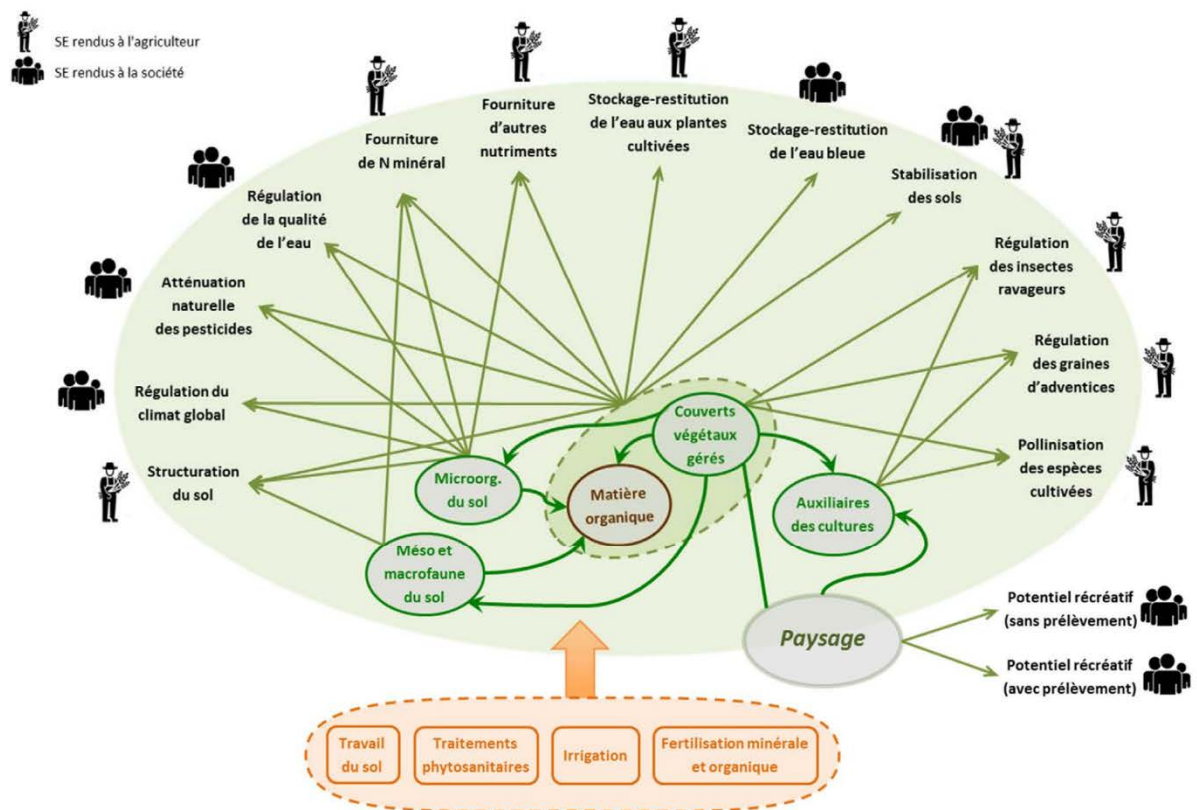


Figure 15 : principales relations entre les SE via les composantes de la biodiversité, source : EFESE

Par exemple, lorsque la régulation des insectes ravageurs n'est plus assurée par les auxiliaires de cultures il peut s'agir d'une mauvaise gestion des couverts végétaux. Ils affectent donc directement d'autres services écosystémiques, comme le stockage et la restitution de l'eau aux plantes cultivées. Mais aussi indirectement, avec la régulation de la qualité de l'eau par l'intermédiaire d'autres composantes de la biodiversité (matière organique et les microorganismes du sol).

Les pollinisateurs semblent jouer un rôle déterminant dans certains vergers de cultures délicates, comme les vergers de cassis en Bourgogne. En effet, les pollinisateurs semblent augmenter le taux de fécondation de fleurs dont la variété est peu autoféconde (ex. : Noir de bourgogne) (Anstett & De Treveret, 2021).

L'utilisation d'abeilles domestiques pour la pollinisation des vignes ne semble pas être indispensable. Néanmoins, la pollinisation spontanée présente de bas rendements contrairement à l'autopollinisation manuelle, à la pollinisation croisée manuelle ou à la pollinisation par les abeilles domestiques. Ces dernières augmenteraient d'ailleurs le rendement de la vigne. L'utilisation d'abeilles domestiques semble donc être utile pour les régions avec peu de pollinisateurs et dont les parcelles viticoles présentent de bas rendements (Martignago et al., 2017).

Les abeilles sauvages semblent assurer des rendements réguliers dans les vergers où les abeilles domestiques sont en déclin. Les abeilles sauvages viennent également suppléer ces dernières lors de faibles activités, notamment lorsque les températures sont basses (Stefani et al., 2019).

1.7 Entomologie – la famille des *Halictidae* et des *Megachilidae*

1.7.1 *Halictidae*

Les Halictidae font partie de l'ordre des hyménoptères. Il s'agit de l'une des principales familles d'Apoidea en France (Pauly & Belval, 2017). Les deux genres les plus présents à Wintzenheim sont **Lasioglossum** et **Halictus**. Ils comprennent tous deux des espèces solitaires et des espèces sociales. Cet aspect social se reconnaît dans la nidification où les ouvrières entretiennent les nids. Ceux-ci durent plusieurs années avec une reine (Manche Nature, 2016).

Ces deux espèces sont des abeilles terricoles qui nidifient dans le sol. Elles vont alors préférer les sols de nature argileuse à sablonneuse à végétation peu dense. Le genre *Lasioglossum* a la particularité de construire son nid sous forme de galeries ramifiées dont l'excédent de terre forme une cheminée à la surface. Tandis que pour le genre *Halictus*, la femelle creuse des galeries verticales en forme de rayon constituées d'une 20^{aine} de cellules. Après une période d'hibernation, le genre *Lasioglossum* s'envole de mars à juillet tandis que le genre *Halictus* s'envole plus tard, à partir du mois de mai (Bellmann, 2009).

La famille des *Halictidae* fait partie du groupe d'abeilles sauvages à langue courte qui butinent préférentiellement les fleurs à corolle ouverte comme les Astéracées (cf. Figure 16). Cependant, les abeilles sauvages de petite taille comme les *Lasioglossum* arrivent à s'introduire dans des fleurs à corolle profonde (Le Féon & François, 2017).

Parmi les espèces végétales de la famille des Astéracées, le genre *Halictus* aurait une préférence pour les Astéracées tubuliflores. Le genre *Lasioglossum* aurait, quant à lui, un penchant pour les Astéracées liguliflores (Gadoum & Pauly, 2006a).

Selon la liste rouge d'Alsace, quatre espèces du genre *Lasioglossum* sont en danger critique (CR), une dizaine en danger (EN) et une dizaine en quasi menacées (NT) tout comme quatre espèces du genre *Halictus*. On retrouve également le statut de vulnérabilité (VU) chez les deux genres (cf. Tableau 4).

Nom complet	Catégorie Liste rouge Alsace
<i>Lasioglossum buccale</i> (Perez, 1903)	CR
<i>Lasioglossum clypeare</i> (Schenck, 1853)	CR
<i>Lasioglossum convexiusculum</i> (Schenck, 1853)	CR
<i>Lasioglossum subfasciatum</i> (Imhoff, 1832)	CR
<i>Lasioglossum aeratum</i> (Kirby, 1802)	EN
<i>Lasioglossum angusticeps</i> (Perkins, 1895)	EN
<i>Lasioglossum limbellum</i> (Morawitz, 1876)	EN
<i>Lasioglossum marginatum</i> (Brullé, 1832)	EN
<i>Lasioglossum pauperatum</i> (Brullé, 1832)	EN
<i>Lasioglossum puncticolle</i> (Morawitz, 1872)	EN
<i>Lasioglossum pygmaeum</i> (Schenck, 1853)	EN
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i> (Schenck, 1861)	EN
<i>Lasioglossum quadrinotatum</i> (Kirby, 1802)	EN
<i>Lasioglossum subhirtum</i> (Lepelletier, 1841)	EN
<i>Lasioglossum tricinctum</i> (Schenck, 1874)	EN
<i>Lasioglossum bluethgeni</i> Ebmer, 1971	VU
<i>Lasioglossum costulatum</i> (Kriechbaumer 1873)	NT
<i>Lasioglossum glabriusculum</i> (Morawitz, 1853)	NT
<i>Lasioglossum intermedium</i> (Schenck, 1869)	NT
<i>Lasioglossum interruptum</i> Panzer	NT
<i>Lasioglossum laeve</i> (Kirby, 1802)	NT
<i>Lasioglossum laevigatum</i> (Kirby, 1802)	NT
<i>Lasioglossum majus</i> (Nylander, 1852)	NT
<i>Lasioglossum parvulum</i> (Schenck, 1853)	NT
<i>Lasioglossum sexnotatum</i> (Kirby, 1802)	NT

Nom complet	Catégorie Liste rouge Alsace
<i>Halictus smaragdulus</i> Vachal, 1895	VU
<i>Halictus leucaheneus</i> Ebmer, 1972	NT
<i>Halictus quadricinctus</i> (Fabricius, 1777)	NT
<i>Halictus scabiosae</i> (Rossi, 1790)	NT
<i>Halictus sexcinctus</i> Fabricius, 1775	NT

Tableau 4 : classement Liste rouge d'Alsace de *Lasioglossum* (à gauche) et *Halictus* (à droite), source : (Odonat, 2015)

1.7.2 *Megachilidae*

Les *Megachilidae* regroupent des espèces d'abeilles sauvages caulicoles. Cette famille a la particularité de nidifier dans des cavités aériennes comme des trous dans le bois ou des tiges de végétaux. Contrairement aux *Halictidae*, elles font partie du groupe d'abeilles sauvages à langue longue qui butinent les fleurs à corolle profonde (cf. Figure 16). Certains genres préfèrent les fleurs à corolle ouverte et sont réputés pour transporter le pollen grâce à des brosses ventrales (Le Féon & François, 2017).



Figure 16 : Abeille sauvage (probablement *Halictidae*) butinant une fleur à corolle ouverte (à gauche) et abeille sauvage (probablement *Megachilidae*) butinant une fleur à corolle profonde (à droite), sources photos : Chantal Rabolin (à gauche) et Florent Peyre (à droite)

2 Partie expérimentale

2.1 Hypothèses

Nos hypothèses se divisent en deux parties, car il s'agit de deux expérimentations différentes se déroulant au sein du même essai-système.

La première partie se déroule de 2019-2022 avec la prise en compte d'un relevé par an pour le lien avec la flore et trois relevés par an pour le lien avec le climat. Il s'agit de données provenant du projet SALSA réalisé en 6 années (2019-2023).

La seconde partie se déroule seulement sur l'année 2022, avec plusieurs relevés dans l'année, sur la période de fin mars à début juillet (9 relevés au total dont 7 relevés valides). Les deux premiers relevés montrent une absence totale d'abeilles sauvages.

2.1.1 Partie 1 : les abeilles sauvages terricoles

H1 : L'attraction de certaines abeilles sauvages (*Lasioglossum* & *Halictus*) pour certaines espèces végétales de la famille des **Astéracées** est liée à la **morphologie** de la fleur (tubulées, ligulées ou radiées).

H2: La modalité moins perturbée (RES2) par rapport à la modalité perturbée (PI) contient un plus grand nombre d'abeilles sauvages (*Lasioglossum* et *Halictus*) et contient une richesse spécifique plus importante en espèces végétales appartenant à la famille des Astéracées (tubulées, ligulées et radiées).

H3 : Le climat (températures, précipitations et vitesse du vent) joue un rôle majeur au niveau de la présence des espèces d'abeilles sauvages à Colmar, Bordeaux et Montpellier.

2.1.2 Partie 2 : les nichoirs directionnels

H4 : La proximité du paysage **forestier** d'un vignoble influence de manière positive sur la présence et/ou la diversité des espèces d'abeilles sauvages par rapport aux localisations du **centre** de la parcelle ou de la **ville** à Wintzenheim (nichoirs directionnels).

Sous-hypothèse : Les températures et l'itinéraire technique (ITK) influencent la nidification des abeilles sauvages.

2.2 Stratégie

L'étude se déroule dans une parcelle viticole expérimentale de l'INRAE dans la commune de Wintzenheim en Alsace. Les inter-rangs sont travaillés (IRW) et enherbés (IRH) un rang sur deux.



Figure 17 : photo et illustration des cavallons, inter-rangs travaillés (IRW) et inter-rangs enherbés (IRH)

Il s'agit d'analyser l'influence de plusieurs facteurs sur l'abondance d'abeilles sauvages au sein de parcelles viticoles. La taille de l'inter-rang en viticulture laisse place à une surface pérenne libre pour la végétation. En Alsace, l'inter-rang étant travaillé un rang sur deux, il favorise l'insertion de la flore locale au sein des vignes dans les inter-rangs enherbés (cf. Figure 17). Il serait donc intéressant d'étudier d'une part la disponibilité du bol alimentaire, lui-même plus ou moins influencé par les itinéraires techniques pratiqués dans les parcelles. Et d'autre part des facteurs qui influenceraient la nidification comme la température et les structures paysagères environnantes aux nichoirs.

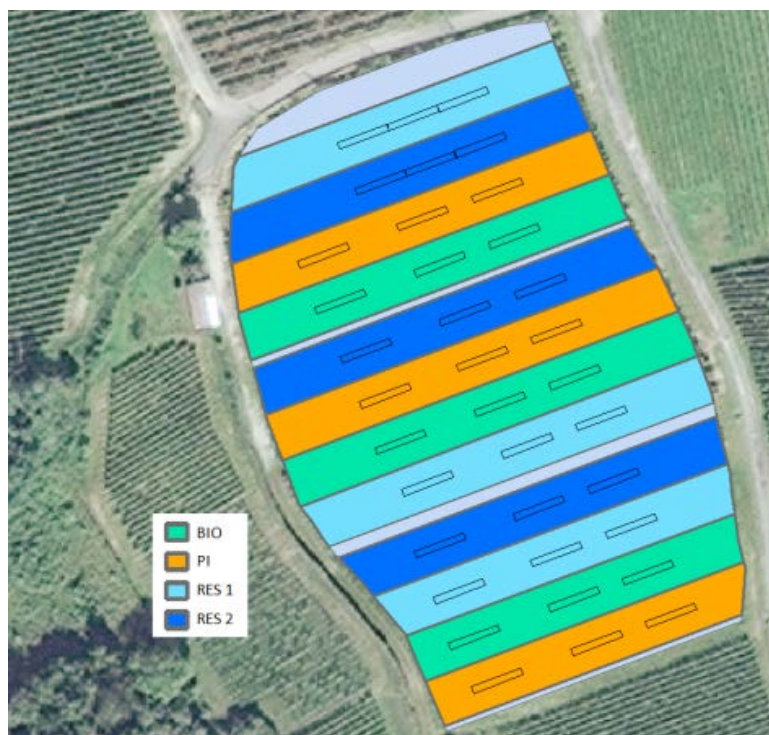


Figure 18 : photo aérienne de la parcelle d'étude avec schéma des quatre modalités

La parcelle expérimentale est divisée en quatre modalités (itinéraires techniques) différentes : PI, RES2, RES1 et BIO (cf. Figure 18). **La modalité PI** est la modalité de référence, c'est-à-dire un travail du sol avec traitement herbicide (glyphosate) au niveau du cavaillon (zone en dessus du cep). **La modalité RES2** est caractérisée par les ceps de variété résistante au mildiou et à l'oïdium, avec passage au rouleau et aucun traitement phytosanitaire. **La modalité RES1** est également une variété résistante au mildiou et à l'oïdium, mais contrairement à la modalité RES2 qui utilise la confusion sexuelle, la modalité RES1 utilise en plus des fongicides. **La modalité Bio** respecte le cahier des charges de la viticulture biologique. Un mélange de fleurs locales mellifères a été semé dans les inter-rangs enherbés contenant des espèces végétales à forte valeur polinisatrice comme : l'*Achillea millefolium*, l'*Anthemis tinctoria*, *Leucanthemum vulgare*, la *Centaurea cyanus* et la *Centaurea jacea* (cf. Figure 19).



Figure 19 : photos de certaines espèces végétales du mélange fleuri, *Achillea millefolium* (à gauche) ; *Centaurea cyanus* (au centre) et *Anthemis tinctoria* (à droite), source : photos personnelles

Nous partons donc du principe que l'abondance d'abeilles sauvages repose sur deux besoins majeurs : la disponibilité du bol alimentaire et la possibilité de nidifier. L'objectif étant de comprendre le niveau de corrélation entre l'abondance des abeilles sauvages et les facteurs qui influencent ces deux besoins : les itinéraires techniques, la flore locale, le paysage et le climat (cf. Figure 20).

Les abeilles sauvages de la famille des *Halictidae* sont les plus abondantes sur le site de Wintzenheim notamment parce que la nature du terrain (sablo-limoneux) permet la nidification de ces abeilles terricoles. C'est la raison pour laquelle cette famille a été choisie pour étudier la corrélation avec la flore locale. Cependant, étant donné son mode de nidification et la difficulté d'observer le nid sous terre, nous nous sommes tournés vers le protocole de l'OAB qui permet l'observation de l'operculation d'abeilles sauvages nidifiant de façon aérienne. Sur le site de Wintzenheim, il s'agit des *Megachilidae*.

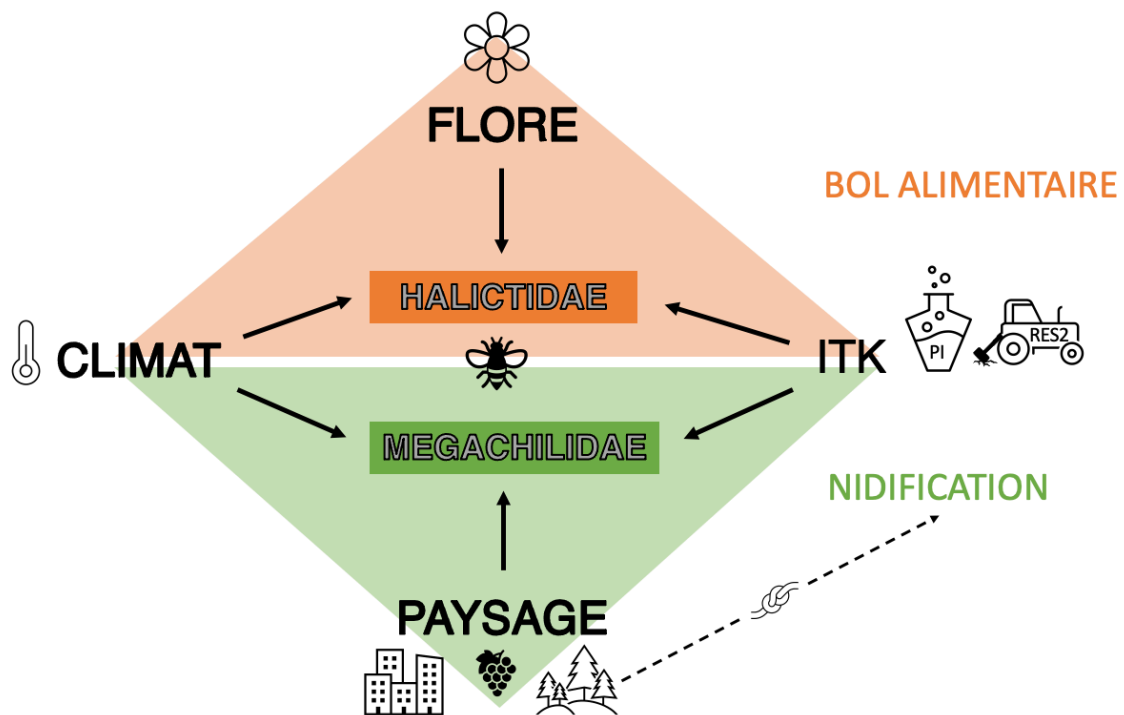


Figure 20 : schéma explicatif des liens entre les abeilles sauvages et les facteurs qui influencent le bol alimentaire et la nidification

La première partie vise à répondre aux trois premières hypothèses.

Les abeilles sauvages sont classées par rapport à leur genre (*Lasioglossum* ou *Halictus*) et l'abondance est représentée par des mesures de **comptage**. Les données entomologiques sont récoltées selon certains stades phénologiques de la vigne : la floraison, la fermeture de la grappe et la maturité à Colmar. Bordeaux et Montpellier le sont aussi, selon le même protocole, afin d'assurer la comparaison intersites de l'effet du facteur climatique sur des abeilles sauvages faisant partie d'un pool commun, comme *Lasioglossum*. Les données climatologiques sont disponibles via la base de données « ClimatiK ».

Pour la flore locale, nous nous sommes focalisés sur les espèces végétales de la famille des Astéracées, des Brassicacées et des Fabacées qui sont des familles de grand intérêt pour les pollinisateurs. Les espèces végétales de la famille des Brassicacées et de la famille des Fabacées ont été classées par rapport à la couleur de leur pétale (jaune ou autre). Les espèces végétales de la famille des Astéracées ont été classées par rapport à la morphologie de leur pétale (tubulée, radiée ou ligulée) et recensées par présence ou absence (**richesse spécifique**).

La morphologie est un critère qui selon certaines publications semble avoir de l'importance dans la récolte du pollen/nectar chez certaines abeilles sauvages. C'est notamment le cas de la famille des Astéracées (Gadoum & Pauly, 2006b).

De plus, la morphologie de la fleur est une information disponible dans la littérature et qui ne nécessite pas d'instrument de mesure ce qui facilite la reproductibilité de l'expérience. Cela nécessite néanmoins, au préalable, d'avoir mis au clair la morphologie de la fleur selon les différentes sources (Reille, 2018) (Leurquin, 2006) (Thomas et al., 2018) (cf. Figure 22).

La deuxième partie vise à répondre à l'hypothèse 4.

Pour ce faire, 72 nichoirs directionnels ont été positionnés dans le même essai système que pour la première partie (24 nichoirs du côté forêt, 24 nichoirs du côté ville et 24 nichoirs au centre, des parcelles de référence). Nous souhaitons étudier les facteurs températures, ITK et « paysage » environnant sur la nidification des abeilles sauvages au sein de la parcelle.

2.3 Matériels et méthodes

2.3.1 Les abeilles sauvages terricoles

2.3.1.1 Matériels

Les données floristiques sont récoltées à partir de photos de quadrats (50x50 cm) prises sur le terrain.

Les données de comptage entomologique ont été obtenues selon 2 méthodes de piégeage : les cuvettes et les pots Barber.

Les cuvettes colorées sont disposées à hauteur de végétation et au nombre de 6 par placette (cf. Figure 21). Elles contiennent de l'eau et du liquide vaisselle.

Les pots Barber, enterrés dans le sol avec la surface libre, sont disposés un seul par placette. Ils contiennent de l'eau, du liquide vaisselle et du sel.



Figure 21 : piège entomologique, cuvettes colorées placées au sein de l'inter-rang de la placette

Les données climatiques ont été obtenues sur le site web « CLIMATIK ».

2.3.1.2 Méthodes

Selon le plan de l'essai de base (2018), qui contient 4 modalités (PI, RES1, RES2 et Bio), chaque modalité contient 9 placettes (cf. Figure 18). Les modalités Bio ainsi que les placettes centrales ne font pas partie de l'étude sur les **abeilles terricoles**. Les modalités étudiées pour le lien avec la flore sont les modalités **PI** et **RES2** (2x6). L'influence du climat sur les 3 sites prend en compte 3 modalités : PI, RES2 et **RES1** (3x6).

Pour les deux premières hypothèses (**H1** et **H2**), l'expérimentation se déroule sur 4 années dans un essai système avec deux itinéraires techniques différents : 6 placettes PI (perturbé) et 6 placettes RES2 (non perturbé). Elle permet d'analyser les facteurs : itinéraires techniques et la flore locale.

L'information reprise dans les quadrats floristiques est la richesse spécifique de la flore par présence/absence. Les photos des quadrats sont effectuées sur l'inter-rang travaillé et l'inter-rang enherbé, dont la présence est ramenée à la placette. Le cavaillon contenant moins d'espèces végétales d'intérêts (Astéracées, Fabacées, Brassicacées) pour notre analyse statistique, les photos des quadrats n'ont pas été retenues. Le relevé floristique se déroule de mai à juillet selon l'année. Les données Flore sont celles du mois de juillet pour 2019, juin pour 2020 et mai pour 2021 et 2022.

Les espèces végétales qui font l'objet de notre étude sont celles de la famille des Astéracées (Ast), des Fabacées (Fab) et des Brassicacées (Bra) qui ont été reprises et classées conformément à leur morphologie (Astéracées) (cf. Figure 22) ou en fonction de leur couleur (Fabacées et Brassicacées) (cf. Figure 24).

Espèce végétale	Famille	Morphologie
<i>Achillea millefolium</i>	Ast	Radie
<i>Anthemis arvensis</i>	Ast	Radie
<i>Anthemis tinctoria</i>	Ast	Radie
<i>Bellis perennis L</i>	Ast	Radie
<i>Calendula arvensis</i>	Ast	Radie
<i>Carduus crispus L</i>	Ast	Tubule
<i>Carduus nutans L</i>	Ast	Tubule
<i>Centaurea cyanus L</i>	Ast	Tubule
<i>Centaurea jacea L</i>	Ast	Tubule
<i>Centaurea nigra L</i>	Ast	Tubule
<i>Chrysanthemum segetum</i>	Ast	Radie
<i>Cirsium arvensis L</i>	Ast	Tubule
<i>Cirsium vulgare Savi Ten</i>	Ast	Tubule
<i>Crepis capillaris</i>	Ast	Ligule
<i>Crepis pulchra</i>	Ast	Ligule
<i>Crepis setosa</i>	Ast	Ligule
<i>Erigeron annuus L</i>	Ast	Radie
<i>Erigeron canadensis L</i>	Ast	Radie
<i>Hypochaeris radicata L</i>	Ast	Ligule
<i>Inula conyza DC</i>	Ast	Tubule
<i>Lactuca perennis L</i>	Ast	Ligule
<i>Lactuca serriola L</i>	Ast	Ligule
<i>Leontodon hispidus L</i>	Ast	Ligule
<i>Leucanthemum vulgare Lam</i>	Ast	Radie
<i>Matricaria discoidea DC</i>	Ast	Tubule
<i>Matricaria recutita L</i>	Ast	Radie
<i>Picris echioides L</i>	Ast	Ligule
<i>Picris hieracioides L</i>	Ast	Ligule
<i>Senecio vulgaris L</i>	Ast	Tubule
<i>Sonchus arvensis L</i>	Ast	Ligule
<i>Sonchus asper L</i>	Ast	Ligule
<i>Sonchus oleraceus L</i>	Ast	Ligule
<i>Tanacetum vulgare L</i>	Ast	Radie
<i>Taraxacum officinale Weber</i>	Ast	Ligule
<i>Tussilago farfara L</i>	Ast	Radie

Figure 22 : classement par morphologie dans la famille des Astéracées présentent dans la parcelle



Figure 23 : photos prises dans la parcelle à Wintzenheim : à gauche *Centaurea jacea* L. (Ast tubulé) ; au centre *Crepis capillaris* L. (Ast Ligulé) et à droite *Leucanthemum vulgare* Lam (Ast radiée), source : photos terrain

Espèce végétale	Famille	Couleur
<i>Alliara petiolata</i>	Bra	autre
<i>Arabidopsis G</i>	Bra	autre
<i>Capsella bursa pastoris L</i>	Bra	autre
<i>Cardamine hirsuta L</i>	Bra	autre
<i>Iberis pinnata L</i>	Bra	autre
<i>Iberis sempervirens L</i>	Bra	autre
<i>Lepidium draba L</i>	Bra	autre
<i>Sinapis arvensis L</i>	Bra	jaune
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Fab	jaune
<i>Lotus corniculatus L</i>	Fab	jaune
<i>Medicago lupulina</i>	Fab	jaune
<i>Medicago sativa L</i>	Fab	autre
<i>Trifolium campestre Schreb</i>	Fab	jaune
<i>Trifolium incarnatum L</i>	Fab	autre
<i>Trifolium pratense L</i>	Fab	autre
<i>Trifolium repens L</i>	Fab	autre
<i>Trifolium resupinatum L</i>	Fab	autre
<i>Trifolium subterraneum L</i>	Fab	autre
<i>Vicia cracca L</i>	Fab	autre
<i>Vicia hirsuta L</i>	Fab	autre
<i>Vicia sativa L</i>	Fab	autre

Figure 24 : classement par couleur (jaune ou autre) dans la famille des Brassicacées et Fabacées présentes dans la parcelle



Figure 25 : photos prises dans la parcelle à Wintzenheim : à gauche *Vicia sativa* L. (Fab autre) ; au centre *Anthyllis vulneraria* (Fab jaune) et à droite *Capsella bursa pastoris* L. (Bra autre)

Les comptages entomologiques sont effectués par placette sur les modalités PI (6 placettes) et RES2 (6 placettes) pendant le mois de juin (floraison de la vigne). Les pots Barber restent 8 jours sur place et les cuvettes restent 48 heures sur place, ces dernières étant posées une à deux semaines plus tard par rapport aux pots Barber.

À partir des données de comptage entomologique, seuls les hyménoptères et les diptères ont été retenus. Parmi les hyménoptères, nous retrouvons les genres d'abeilles sauvages, *Lasioglossum* et *Halictus*.

Pour l'**hypothèse 3**, concernant l'effet du climat sur les abeilles sauvages, trois relevés entomologiques ont été effectués dans l'année. On compte 3 relevés par an, d'avril à septembre sur les années 2019, 2020 et 2021, et ce, dans les 3 sites : **Colmar, Montpellier et Bordeaux**. Deux particularités s'ajoutent pour cette hypothèse. Cette fois, en plus des modalités PI et RES2, la modalité RES1 a également été prise en compte et seules les cuvettes sont comptabilisées et non les pots Barber.

En fonction du site, la date des relevés et des stades phénologiques de la **vigne** est différente. Les différents stades de la **vigne** commencent au débourrement pour finir par la maturité (pour plus de détails, voir Annexe 5).

À Colmar, les comptages sont réalisés en juin (floraison-nouaison), en août (véraison) et en septembre (récolte).

À Montpellier, les relevés pour les années 2019 et 2020 correspondent aux stades phénologiques : juin (floraison), juillet (véraison) et août (maturité). Pour les années 2021 et 2022, les relevés ne correspondent plus aux stades phénologiques, ils sont réalisés plus tôt : en avril, mai et juin.

À Bordeaux

2019 : mai (floraison), juillet (fermeture de la grappe), août (maturité)

2020 : mai (floraison-nouaison), juin (fermeture de la grappe), septembre (récolte)

2021 : juin (floraison-nouaison), juillet (fermeture de la grappe), septembre (récolte)

N. B. : les modalités n'étant pas exactement les mêmes d'un site à l'autre, les comptages ont été pris toutes modalités confondues. De plus, la taille des parcelles n'étant pas les mêmes, aucune comparaison sur le nombre des abeilles sauvages ne sera faite entre les sites. Le but étant de comparer l'effet du climat sur les abeilles sauvages entre chaque site.

2.3.2 Les nichoirs directionnels à abeilles sauvages

2.3.2.1 Matériels

Les données climatiques ont été obtenues sur le site web « CLIMATIK ».

Un nichoir est composé de 32 tubes, matérialisés par des pailles unies à l'aide de papier collant (protocole OAB, Observatoire Agricole de la Biodiversité). Au total, 2304 pailles en carton sont utilisées afin de réaliser 72 nichoirs, placés par paire aux abords ou dans la parcelle (cf. Figure 26).

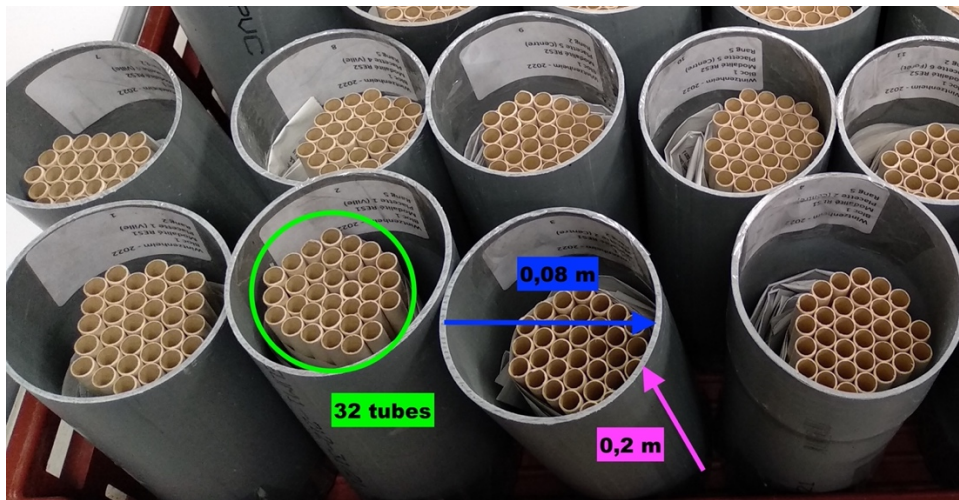


Figure 26 : photo du matériel pour un nichoir, 32 tubes en carton et un tube PVC (20 cm de long et 8 cm de diamètre)

Ensuite, l'ensemble est inséré dans un tube en PVC (8 cm de diamètre & 20 cm de longueur) et stabilisé à l'aide de papier journal ne laissant place qu'à une seule entrée orientée vers le sud. Enfin, le tout est fixé sur un piquet à 1 m du sol, à l'aide de fil de fer (cf. Figure 27).



Figure 27 : photo d'un nichoir et positionnement sur le terrain, source : photos terrain

2.3.2.2 Méthodes

La deuxième partie de l'expérimentation qui se déroule sur l'année 2022 avec 4 itinéraires techniques différents (BIO, RES2, PI et RES1) regroupe une plus grande partie de l'essai système que pour la première partie de l'expérimentation. Les données de l'échantillon sont donc réduites dans le temps, mais augmentées dans l'espace.

La parcelle est bordée par la forêt vosgienne à l'ouest et par la Ville à l'est (cf. Figure 28).

L'étude est focalisée sur le comptage d'abeilles sauvages de deux familles qui nichent de manière aérienne : les osmies et les mégachiles. Le protocole suivi est basé sur le protocole « Nichoirs à abeilles sauvages » de l'OAB.



Figure 28 : localisation de la parcelle viticole, à Wintzenheim, entourée en jaune, source : Google Earth, 2022

La répartition des nichoirs est faite de la manière suivante :

- 2 nichoirs par placette
 - 1 placette = 7 rangs de 10 ceps (Longueur : 12,5 m & Largeur : 9,9 m [1,65 m x 6])
 - 3 placettes par modalité
 - 4 modalités par Bloc
 - 3 blocs
- ➔ $2 \times 3 \times 4 \times 3 = 72$ nichoirs

Localisation au sein de la parcelle (voir plan cf. Annexe 1) :

Le protocole de l'OAB préconise de placer les nichoirs à une distance de 5 m de l'un de l'autre. Les nichoirs sont donc placés sur le rang 2 et le rang 5 c.-à-d. 4,95 m d'écart entre le rang 2 et le rang 5 ; et 6,4 m entre le rang 5 et le rang 2 suivant.

Le sens de la circulation se fait de la placette 1 (P1) vers la P2-P3 et P6-P5-P4, et ainsi de suite jusque 36 (pour plus de précisions, voir plan cf. Annexe 1)

Localisation au sein du rang :

- Ville : extrémité inférieure du bloc
- Centre : 5° ceps
- Forêt : extrémité supérieure du bloc

Des relevés photographiques seront effectués tous les 15 jours à partir du 22 mars 2022. Les données climatiques ont été prises sur la période de 15 jours avant le relevé.

Le nombre d'opercules permet de connaître l'abondance des abeilles sauvages ciblées et le nombre de types d'opercules permet de connaître la diversité au sein des abeilles sauvages ciblées (cf. Figure 29).

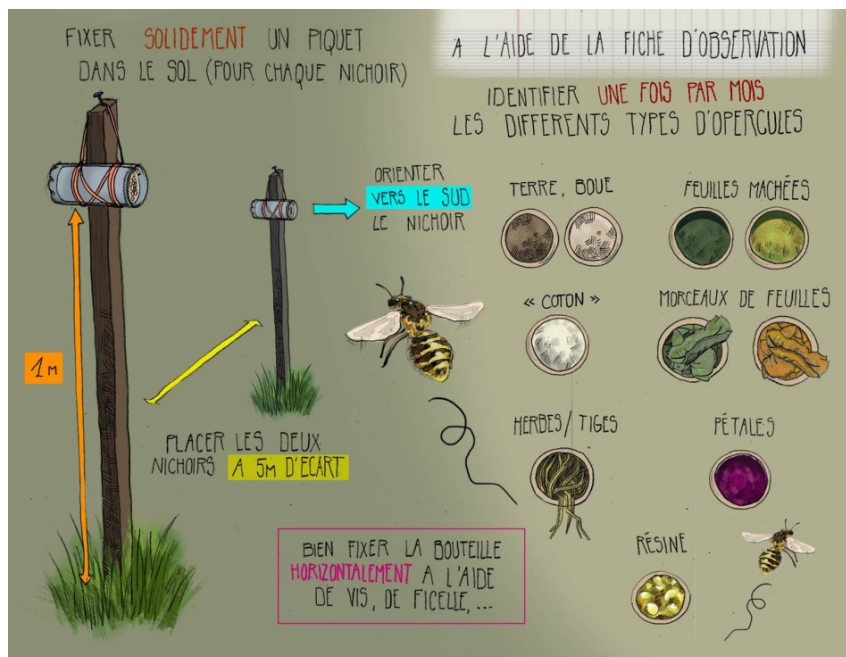


Figure 29 : schéma disposition des nichoirs et observation des opercules, source : OAB

À chaque operculation son abeille sauvage : les osmies maçonnes (1^{re} photo) bâtissent leur operculation à l'aide de « boues » ; *Osmia caerulescens* (2^e photo) confectionne une pâte à base de feuilles et de salive ; les mégachiles (3^e photo) utilisent des morceaux de feuilles ou de pétales qu'elles découpent ; quant aux anthidies (4^e photo), elles préfèrent boucher la cavité avec du « coton » (Chambre d'agriculture Dordogne, 2016) (cf. Figure 30).

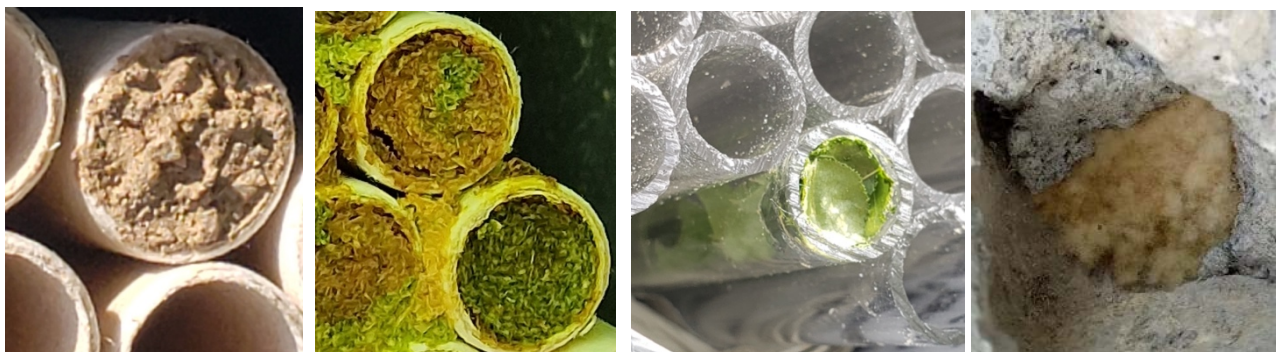


Figure 30 : correspondance entre le type d'operculation et son abeille sauvage, source photos : terrain 2022 et personnelle

Le tableau ci-dessous est un récapitulatif de la répartition des expérimentations en fonction des hypothèses dans la parcelle et dans le temps (cf. Tableau 5).

Nombre de placettes/modalité pour un relevé	H1 et H2 : Entomo, Flore et ITK Abeilles <u>terricoles</u>	H3 : Entomo et Climat Abeilles <u>terricoles</u>	H4 : Entomo et paysage Abeilles <u>caulicoles</u>
PI	6	6	9
RES2	6	6	9
RES1	0	6	9
BIO	0	0	9
TOTAL placettes pour un relevé	12	18	36
Nombre de relevés/an	1	3	9
Année(s) pour l'expérience	2019 - 2022	2019 - 2021	2022
Mode de comptage entomo	Cuvettes et pots Barber	Cuvettes <u>sans</u> pots Barber	Nichoirs
Site	Colmar	Colmar, Bordeaux et Montpellier	Colmar

Tableau 5 : récapitulatif du nombre de placettes, des modalités, du nombre de relevés par an, des années, du mode de comptage et du site pris en compte en fonction de l'hypothèse

N.B. : le nombre de placettes pour l'hypothèse 3 concerne le site de Colmar, le nombre de placettes pour les autres sites peut être différent. Le but est d'avoir des relevés entomologiques de l'ensemble des placettes pour chaque site, toutes modalités faisant partie de l'étude confondues, puisque l'intérêt est d'observer l'évolution du nombre d'abeilles sauvages au fil des années et l'influence du climat, propre à chaque site.

2.4 Résultats

2.4.1 Les abeilles sauvages terricoles

2.4.1.1 Résultats préliminaires

Les tableaux suivants représentent uniquement le relevé de juin, le mois qui comptabilise le plus d'abeilles sauvages dans l'année, sur les quatre années (2019-2022). Les 3 relevés (2019-2021) sont disponibles en annexe (cf. Annexe 2 & Annexe 3).

On remarque que les abeilles sauvages les plus présentes à Colmar sur la période de 2019 à 2022 sont les **Lasioglossum** (*L. evylaeus*, *L. dialictus* et *L. lasioglossum*), les **Halictus** et les **Panurgus** (cf. Tableau 6). Les *Lasioglossum* représentent également une grande part des pollinisateurs sur les quatre années (cf. Tableau 7).

N. B. : les modalités PI, RES2 & RES1 (BIO ne faisant pas partie du projet SALSA) ont été prises en compte. Nous avons donc 18 placettes au total (3x6) et les deux méthodes de piégeages (cuvettes et pots Barber) puisque pas de comparaison avec les autres sites ici.

Comptage JUIN	2019	2020	2021	2022
Lasioglossum	92	109	120	635
Panurgus	18	20	14	37
Halictus	6	12	45	30
Hyménoptères	171	174	229	796
Diptères	8	14	15	27
Hyménoptères + Diptères	179	188	244	823

Tableau 6 : comptage en juin des abeilles sauvages, hyménoptères et diptères de 2019 à 2022

Abeilles sauvages P/R aux pollinisateurs JUIN	2019	2020	2021	2022
Lasioglossum (%)	51,4	58,0	49,2	77,2
Panurgus (%)	10,1	10,6	5,7	4,5
Halictus (%)	3,4	6,4	18,4	3,6

Tableau 7 : proportion abeilles sauvages par rapport aux pollinisateurs présents dans la parcelle de 2019 à 2022

Dans les graphiques suivants, on observe l'évolution de la richesse spécifique (présence/absence) moyenne de la flore au sein des placettes étudiées pour le lien avec les abeilles sauvages, c.-à-d. six placettes par modalité (PI et RES2) donc 12 placettes par an.

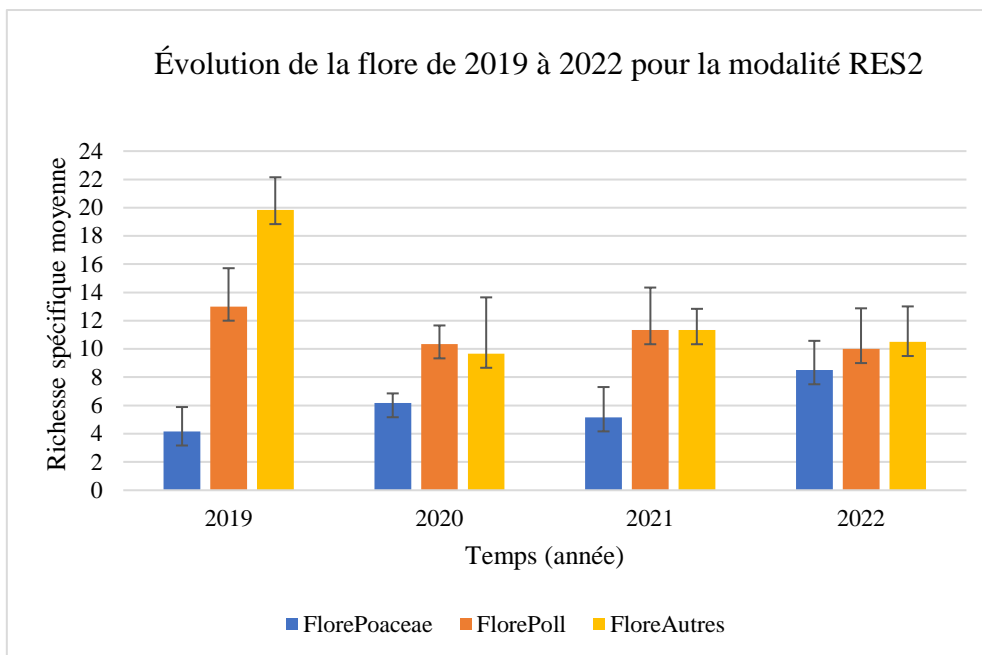


Figure 31 : évolution de la flore de 2019 à 2022 pour la modalité RES2

Au fil des années, l'écart entre les trois groupes de flore (FlorePoaceae, FlorePoll & FloreAutres) se réduit. En 2022, la richesse spécifique moyenne de la FloreAutres est supérieure aux deux autres groupes, mais suivie de très près par le groupe FlorePoll, ce qui n'était pas le cas en 2019. La richesse spécifique moyenne des poacées a augmenté en 2022 par rapport à 2019 (cf. Figure 31).

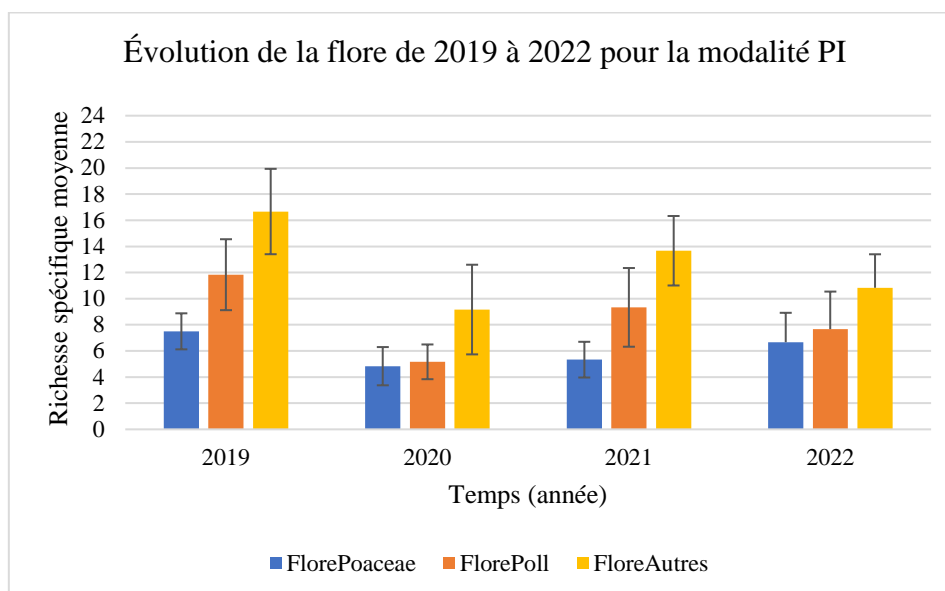


Figure 32 : évolution de la flore de 2019 à 2022 pour la modalité PI

Au fil des années, l'écart entre les trois groupes de flore (FlorePoaceae, FlorePoll & FloreAutres) se réduit. En 2022, la richesse spécifique moyenne de la FloreAutres est supérieure aux deux autres groupes et la richesse spécifique moyenne des poacées a diminué par rapport à 2019 (cf. Figure 32).

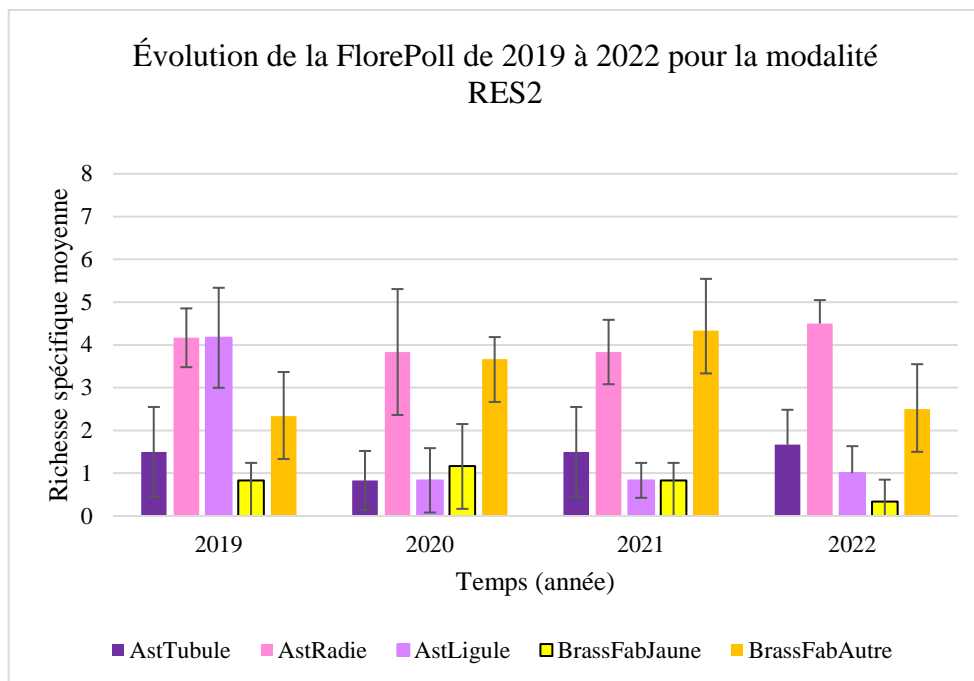


Figure 33 : évolution de la FlorePoll de 2019 à 2022 pour la modalité RES2

En 2022, parmi les groupes d'espèces végétales à forte valeur pollinisatrice (AstTubule, AstRadie, AstLigule, BrassFabJaune & BrassFabAutre) la richesse spécifique moyenne des Astéracées radiées prend le dessus sur les autres groupes, suivi des BrassFabAutre (cf. Figure 33).

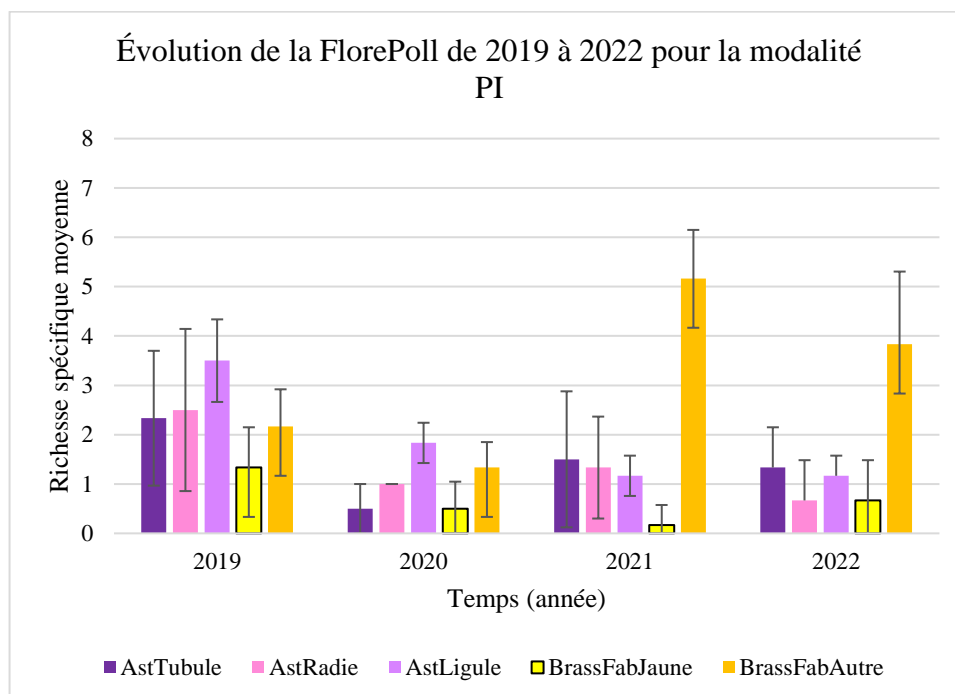


Figure 34 : évolution de la FlorePoll de 2019 à 2022 pour la modalité PI

En 2022, la richesse spécifique moyenne des BrassFabAutre prend le dessus sur les autres groupes. La richesse spécifique moyenne des Astéracées (AstTubule, AstRadie & AstLigule) en 2022 a diminué par rapport à 2019 (cf. Figure 34).

2.4.1.2 Résultats statistiques

Rappel de l'hypothèse : H1 : L'attraction de certaines **abeilles sauvages** (*Lasioglossum* & *Halictus*) pour certaines espèces végétales de la famille des **Astéracées** est liée à la **morphologie** de la fleur (tubulées, ligulées ou radiées).

Analyse en composante principale pour **Lasioglossum** :

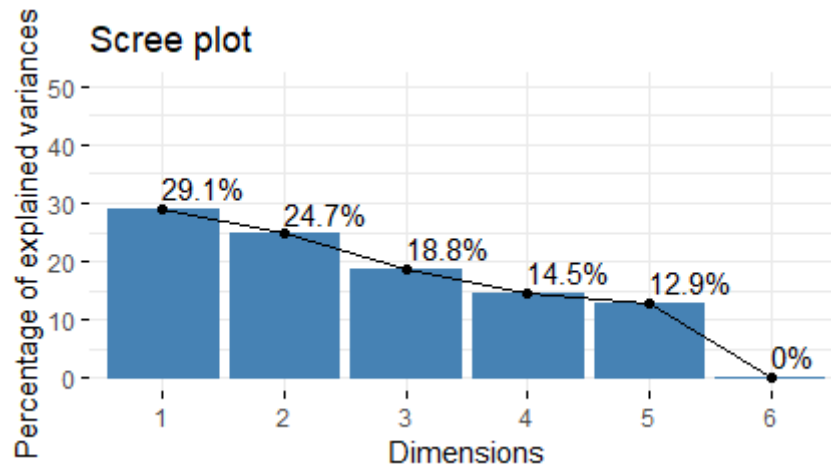


Figure 35 : pourcentage des variances expliquées Lasioglossum

Les deux premières dimensions expriment plus de 50 % de la variabilité totale, c.-à-d. que les deux premiers axes contiennent plus de la moitié de l'information du jeu de données. Les trois premiers axes permettent d'expliquer un peu plus de 70 % de l'inertie totale (cf. Figure 35).

La qualité de la représentation par rapport aux axes principaux (\cos^2) varie de 0 à 1. Dans le graphique ci-contre (cf. Figure 36), on observe que la couleur « autre que jaune » (*MoyCol_autres*) et la morphologie « radiée » (*MoyMor_radie*) pour les plantes ont les meilleures représentativités, suivi de la morphologie ligulée (*MoyMor_ligule*) pour les plantes et *Lasioglossum* (*MoyCtgEntomo_Lasio*). La couleur « jaune » (*MoyCol_jaune*) et la morphologie tubulée (*MoyMor_tubule*) pour les plantes ont les plus mauvaises représentations.

La variabilité du jeu de données peut s'observer avec la contribution exprimée en %.

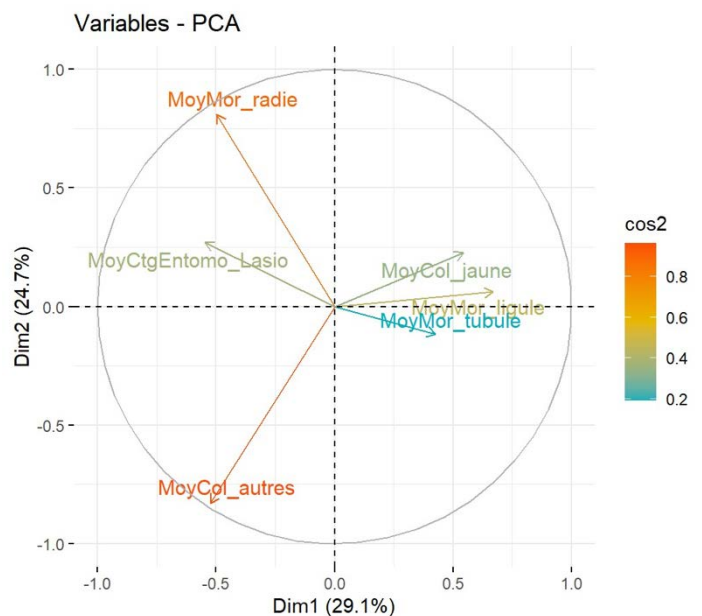


Figure 36 : représentativité des variables Lasioglossum et Flore pollinisateurs

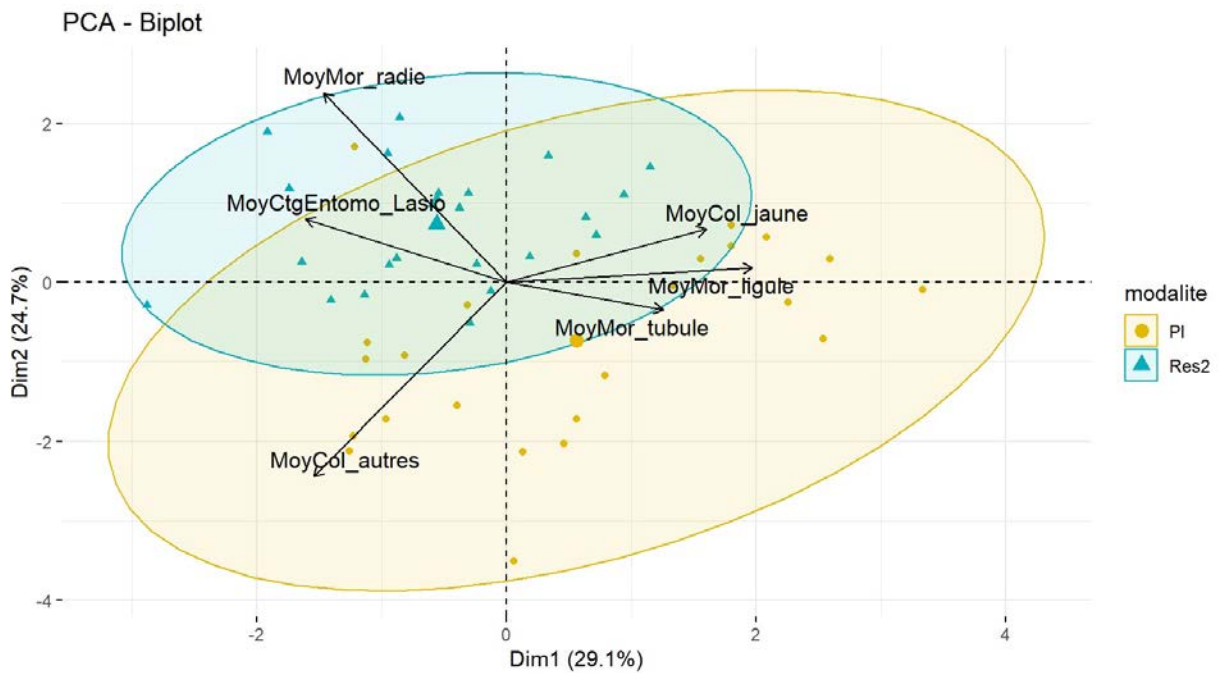


Figure 37 : représentations des variables *Lasioglossum* et Flore pollinisateurs par rapport aux 2 dimensions et groupe couleur selon la modalité

Premier axe (Dim 1) : les placettes de la modalité PI sont partagées entre le côté négatif et le côté positif tandis que les placettes de la modalité RES2 sont majoritairement concentrées du côté négatif de l'axe.

Second axe (Dim 2) : les placettes de la modalité PI se situent généralement du côté négatif de l'axe tandis que les placettes de la modalité RES2 se situent généralement du côté positif de l'axe.

Les variables MoyCtgEntomo_Lasio et MoyMor_radie sont celles avec l'angle le plus petit par rapport à l'axe positif 2, elles sont également très proches l'une de l'autre (cf. Figure 37). De 2019 à 2021, elles le sont d'autant plus (cf. Annexe 4).

Analyse en composante principale pour **Halictus** :

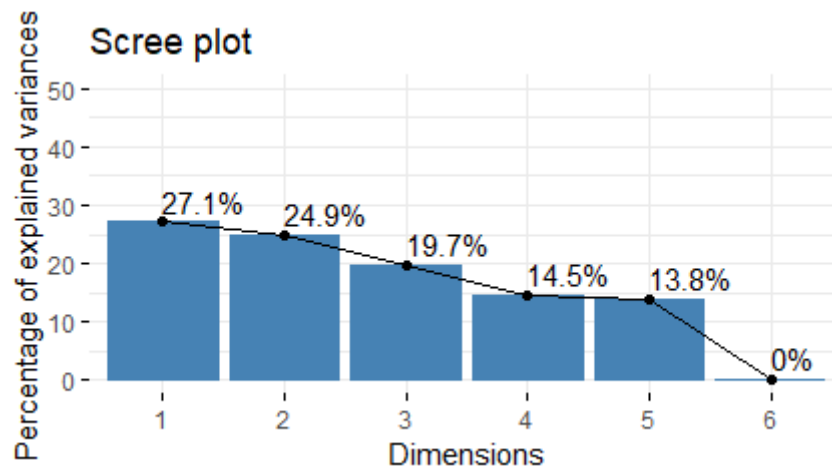


Figure 38 : pourcentage des variances expliquées Halictus

Les deux premières dimensions expriment un peu plus de 50 % de la variabilité totale, c.-à-d. que les deux premiers axes contiennent plus de la moitié de l'information du jeu de données. Les trois premiers axes permettent d'expliquer un peu plus de 70 % de l'inertie totale (cf. Figure 38).

La qualité de la représentation par rapport aux axes principaux (\cos^2) varie de 0 à 1. Dans le graphique ci-contre (cf. Figure 39), on observe que la couleur « autre que jaune » (MoyCol_autres) et la morphologie « radiée » (MoyMor_radie) pour les plantes ont les meilleures représentativités. Viennent ensuite la morphologie ligulée (MoyMor_ligule) et la couleur « jaune » (MoyCol_jaune). Enfin, la morphologie tubulée (MoyMor_tubule) pour les plantes, et Halictus (MoyCtgEntomo_Hali) ont les plus mauvaises représentations.

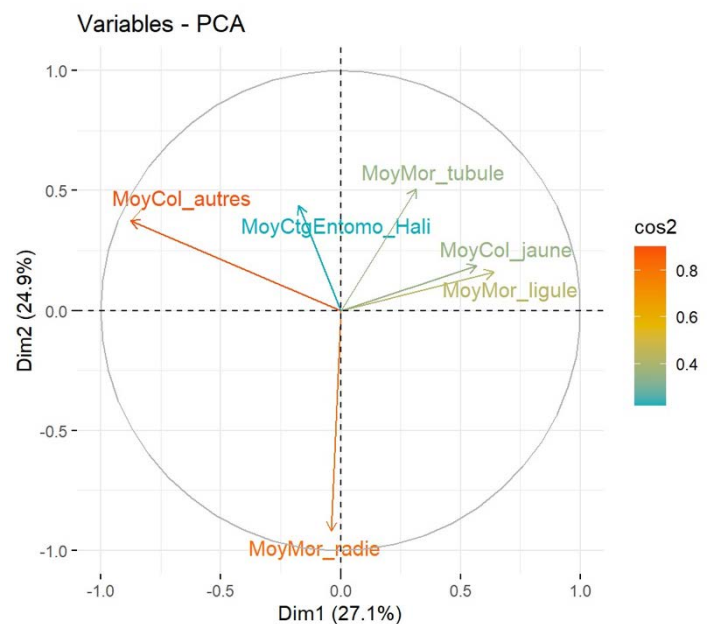


Figure 39 : représentativité des variables Halictus et Flore pollinisateurs

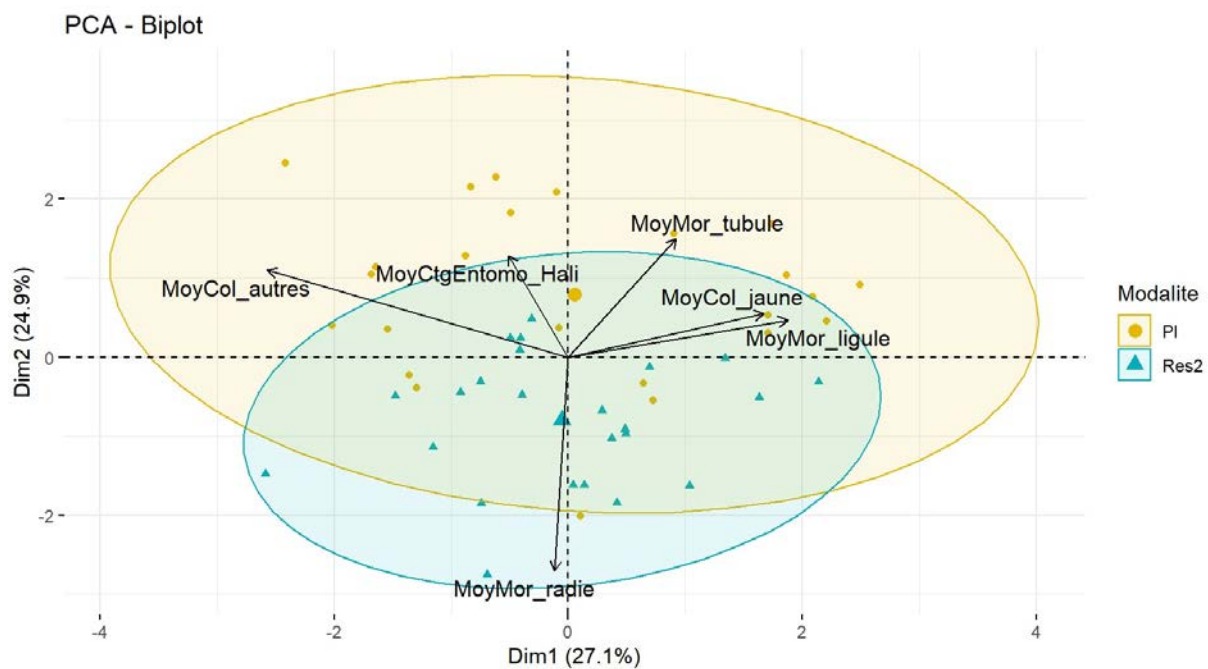


Figure 40 : représentations des variables Halictus et Flore pollinisateurs par rapport aux 2 dimensions et groupe couleur selon la modalité

Premier axe (Dim 1) : les placettes de la modalité PI et de la modalité RES2 sont toutes deux partagées entre le côté négatif et le côté positif. Cependant, la modalité RES2 est moins dispersée que la modalité PI.

Second axe (Dim 2) : les placettes de la modalité PI se situent généralement du côté positif de l'axe tandis que les placettes de la modalité RES2 se situent généralement du côté négatif de l'axe.

Les variables MoyCtgEntomo_Hali et MoyCol_autres sont très proches l'une de l'autre (cf. Figure 40).

Rappel de l'hypothèse : H2: La modalité la moins perturbée (RES2) par rapport à la modalité perturbée (PI) contient un plus grand nombre d'abeilles sauvages (*Lasioglossum* et *Halictus*) et contient une richesse spécifique en espèces végétales appartenant à la famille des Astéracées (tubulées, ligulées et radiées) plus importante.

Dans le graphique suivant (cf. Figure 41), on observe l'évolution du comptage de *Lasioglossum* (abeille sauvage) de 2019 à 2022. D'après nos données, la médiane subit une légère augmentation de 2019 à 2020 (5 à 5,92) et une diminution de 2020 à 2021 (5,92 à 4,83). C'est en 2022 que l'on remarque une nette augmentation de la médiane par rapport aux 3 autres dernières années. La médiane passe de 4,83 en 2021 à 30,75 en 2022. Selon la p-value du Kruskal.test ($5.803e^{-06} < 0,05$) cette différence est significative.

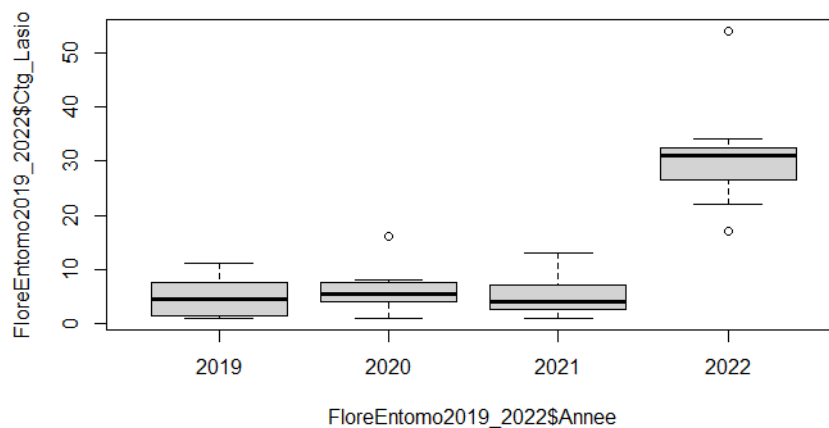


Figure 41 : évolution des comptages de *Lasioglossum* de 2019 à 2022

Dans la figure suivante (cf. Figure 42), on observe l'évolution du comptage de *Lasioglossum* comme pour la boîte à moustache précédente, mais cette fois-ci avec pour chaque année, une boîte par modalité (PI et RES2). On observe que, mise à part pour l'année 2020, la médiane pour la modalité RES2 est supérieure à la médiane pour la modalité PI.

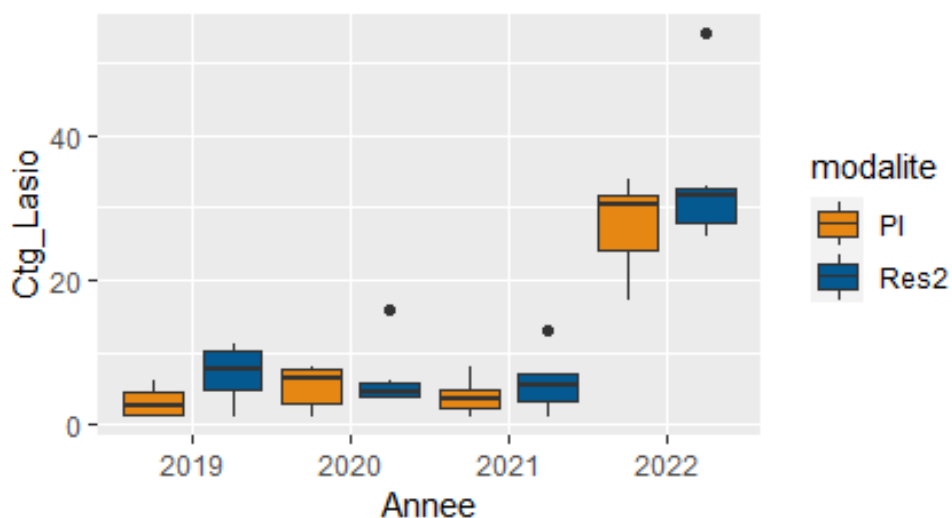


Figure 42 : évolution des comptages de *Lasioglossum* de 2019 à 2022 selon la modalité

Nous avons observé le comptage de *Lasioglossum* selon la modalité pour toute la période, de 2019 à 2022. Dans le graphique suivant (cf. Figure 43), on observe une différence de comptage pour l'abeille sauvage *Lasioglossum* entre la modalité PI (en orange) et la modalité RES2 (en bleu). La médiane pour la modalité RES2 est supérieure à la médiane pour la modalité PI, mais d'après la p-value du Wilcoxon.test ($0,2303 > 0,05$) la différence n'est pas significative.

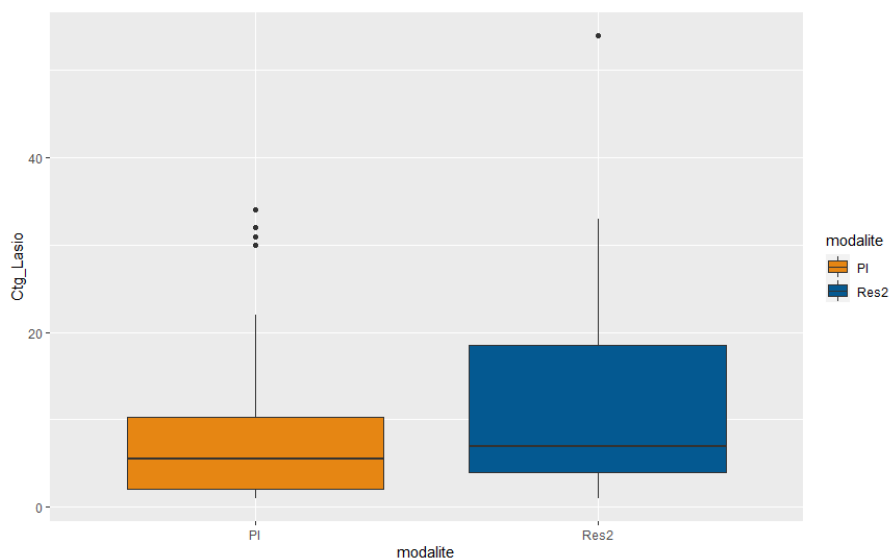


Figure 43 : Boxplot du comptage de *Lasioglossum* en fonction de la modalité de 2019 à 2022

Dans le graphique suivant (cf. Figure 44), on compare la différence de richesse spécifique des Astéracées radiées entre la modalité PI et la modalité RES2.

La médiane pour la modalité RES2 est supérieure à la médiane pour la modalité PI, et d'après la p-value du Wilcoxon.test ($1,209e^{-07} < 0,05$) la différence est significative. Le test est néanmoins fragile étant donné la faible taille de l'échantillon.

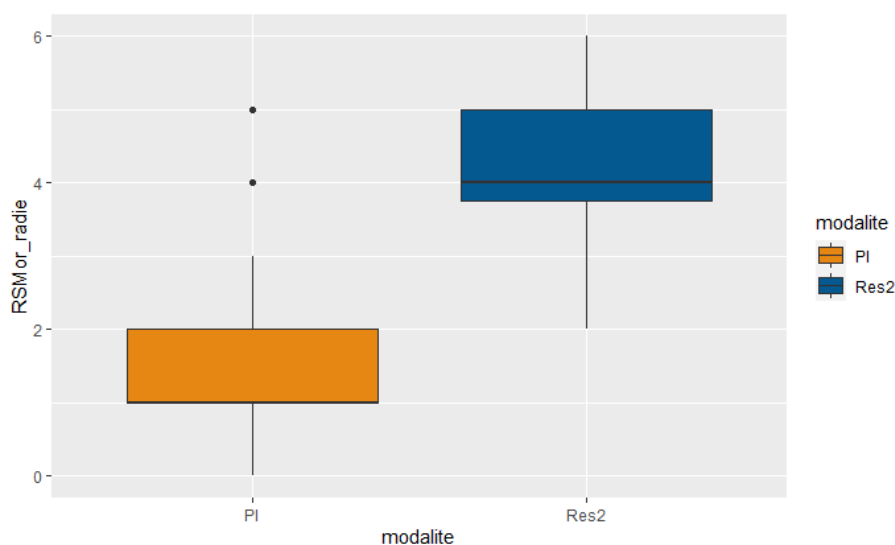


Figure 44 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées radiées en fonction de la modalité de 2019 à 2022

Dans le graphique suivant (cf. Figure 45), on compare la richesse spécifique des Astéracées tubulées entre la modalité PI et la modalité RES2. La médiane pour la modalité RES2 et la médiane pour la modalité PI ne semble pas avoir de différence.

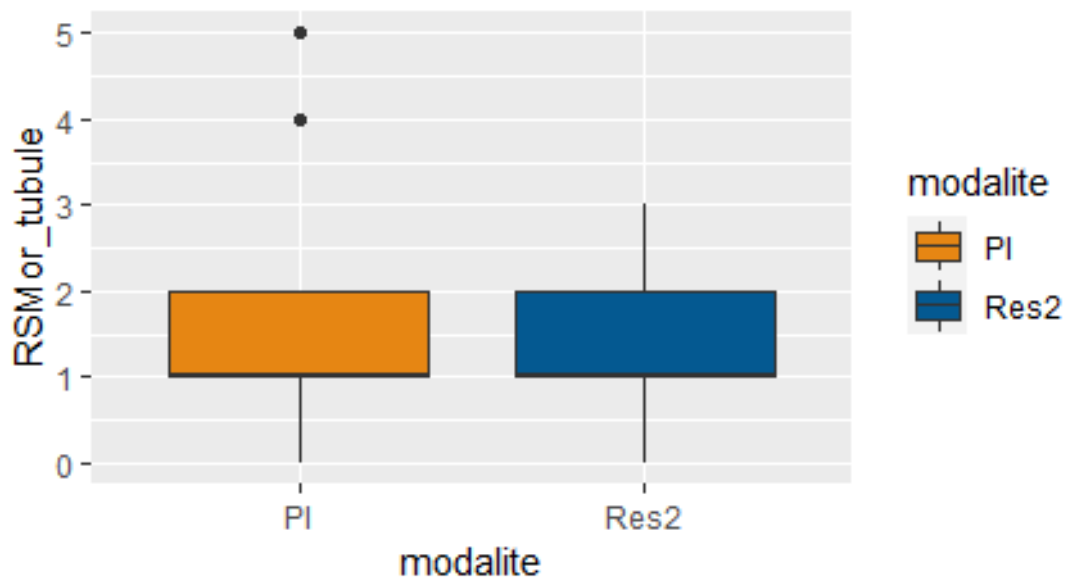


Figure 45 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées tubulées en fonction de la modalité de 2019 à 2022

Dans le graphique suivant (cf. Figure 46), on compare la richesse spécifique des Astéracées ligulées entre la modalité PI et la modalité RES2. La médiane pour la modalité PI est supérieure à la médiane pour la modalité RES2, mais d'après la p-value du Wilcox.test ($0,1825 > 0,05$) la différence n'est pas significative.

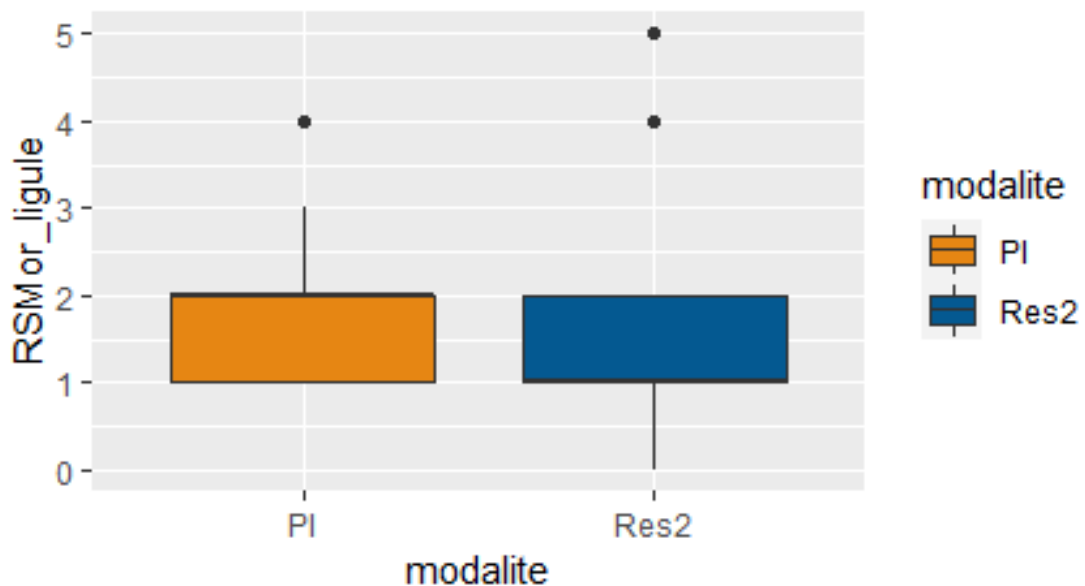


Figure 46 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées ligulées en fonction de la modalité de 2019 à 2022

2.4.1.3 Résultats comparaison évolution avec Bordeaux et Montpellier

Rappel de l'hypothèse : **H3** : Le climat (températures, précipitations et vitesse du vent) joue un rôle majeur au niveau de la présence des espèces d'abeilles sauvages (Colmar, Bordeaux et Montpellier).

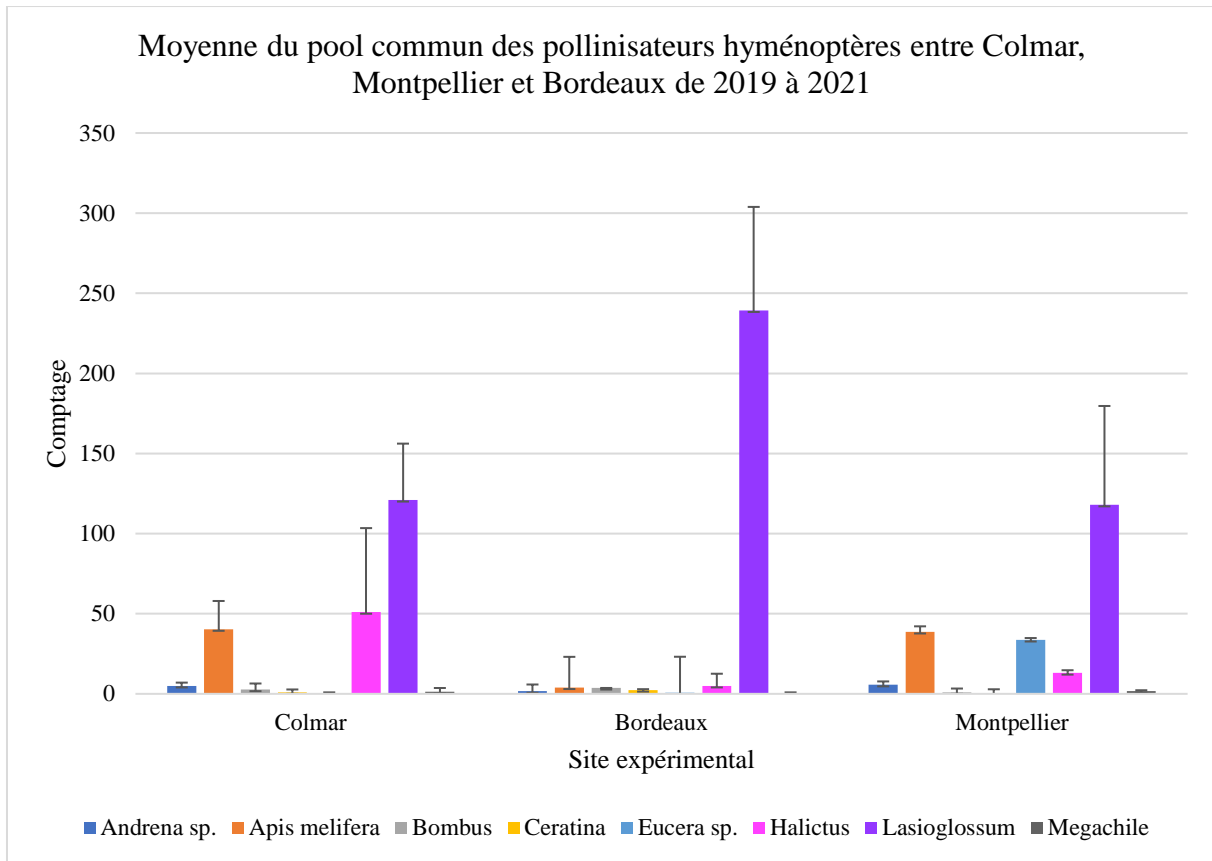


Figure 47 : moyenne comptage du pool commun des pollinisateurs hyménoptères entre Colmar, Montpellier et Bordeaux de 2019 à 2021

L'abeille sauvage **Lasioglossum** est l'abeille sauvage commune la plus abondante sur les trois sites étudiés, à Colmar, Bordeaux et Montpellier. C'est la raison pour laquelle elle a été choisie pour cette étude. De plus, l'écart-type est important, ce qui montre une grande variabilité des comptages entre les différentes années. On peut le voir au niveau de la moyenne des comptages de 2019 à 2021 (cf. Figure 47) et au niveau des comptages (cf. Tableau 8).

	Colmar			Bordeaux			Montpellier		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Halictus	14	28	111	3	6	6	12	21	6
Lasioglossum	95	107	161	172	253	293	181	121	52
Eucera	0	1	0	2	0	0	9	39	53

Tableau 8 : les 2 premiers genres d'abeilles sauvages les plus abondants (comptage) retenus pour chaque site

De 2019 à 2021, le nombre de Lasioglossum est en augmentation à Colmar et à Bordeaux. Il est toutefois en baisse à Montpellier (cf. Figure 48).

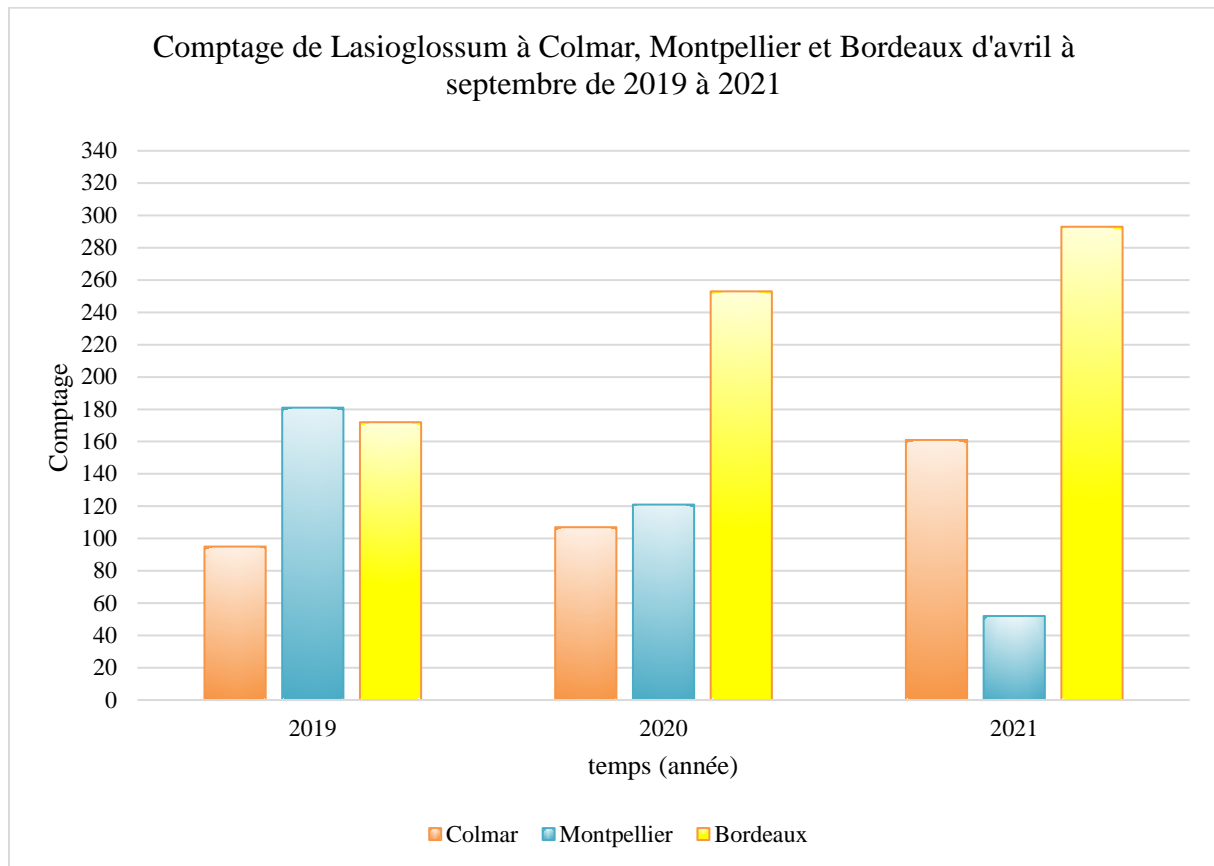


Figure 48 : comptage de Lasioglossum à Colmar, Montpellier et Bordeaux d'avril à septembre de 2019 à 2021

Dans les graphiques suivants, les comptages de lasioglossum correspondent à une moyenne de 2019 à 2021, les paramètres observés sont le comptage moyen de lasioglossum, les températures moyennes et les précipitations moyennes correspondant aux stades phénologiques de la vigne.

2.4.1.4 Résultats évolution et lien avec les températures sur les 3 sites

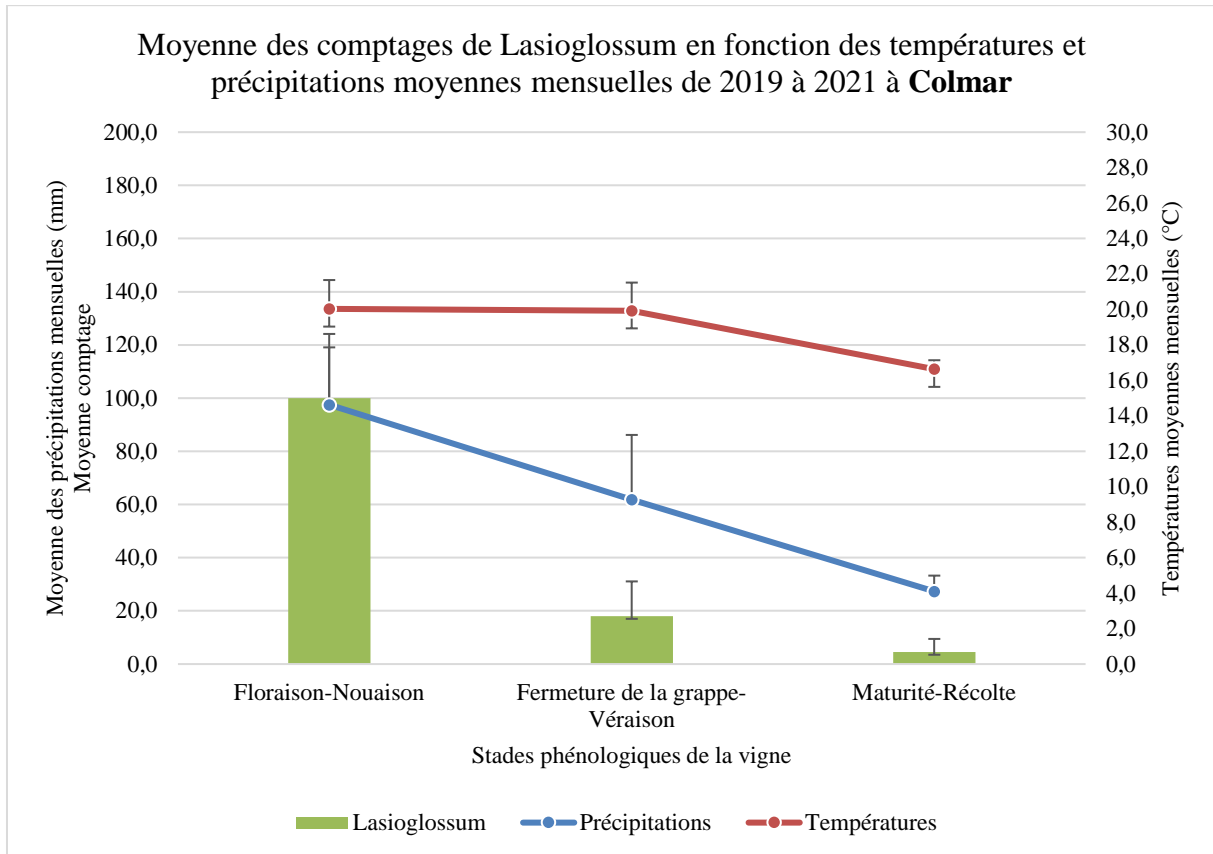


Figure 49 : moyenne des comptages de Lasioglossum en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2021 à Colmar

Le comptage moyen de lasioglossum varie de 5 à 100, les températures moyennes varient de 16,6 à 20 °C, les hauteurs des précipitations varient de 27,3 à 97,5 mm, ces 3 paramètres diminuent de la floraison à la récolte (cf. Figure 49).

Le stade phénologique « floraison-nouaison » correspond à la plus forte abondance de Lasioglossum (100) des trois stades avec une température moyenne de 20 °C et une hauteur de précipitations moyenne de 97,5 mm supérieures aux deux autres stades.

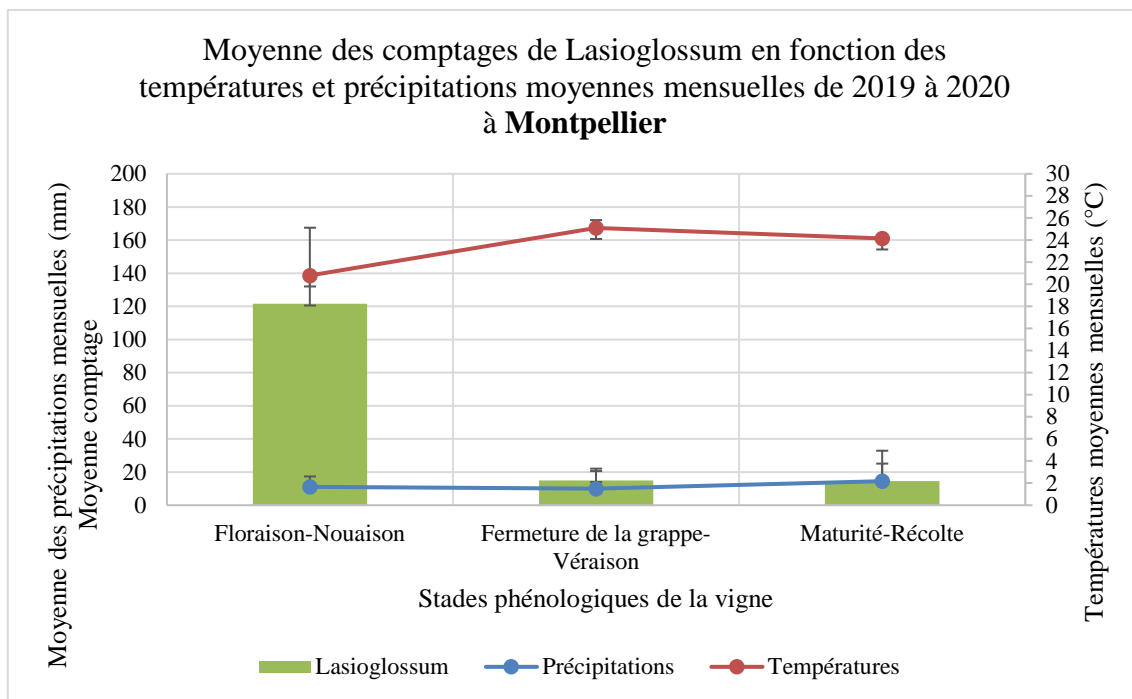


Figure 50 : moyenne des comptages de Lasioglossum en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2020 à Montpellier

Le comptage moyen de lasioglossum varie de 15 à 122, les températures moyennes varient de 21 à 25 °C, les hauteurs des précipitations varient de 10 à 15 mm. De la floraison à la récolte, les hauteurs de précipitations sont plus ou moins stables et les températures moyennes augmentent pour diminuer légèrement à la récolte (cf. Figure 50).

Le stade phénologique « floraison-nouaison » correspond à la plus forte abondance de Lasioglossum (122) des trois stades avec une température moyenne de 21 °C inférieure aux deux autres stades et une hauteur de précipitations moyenne de 11 mm.

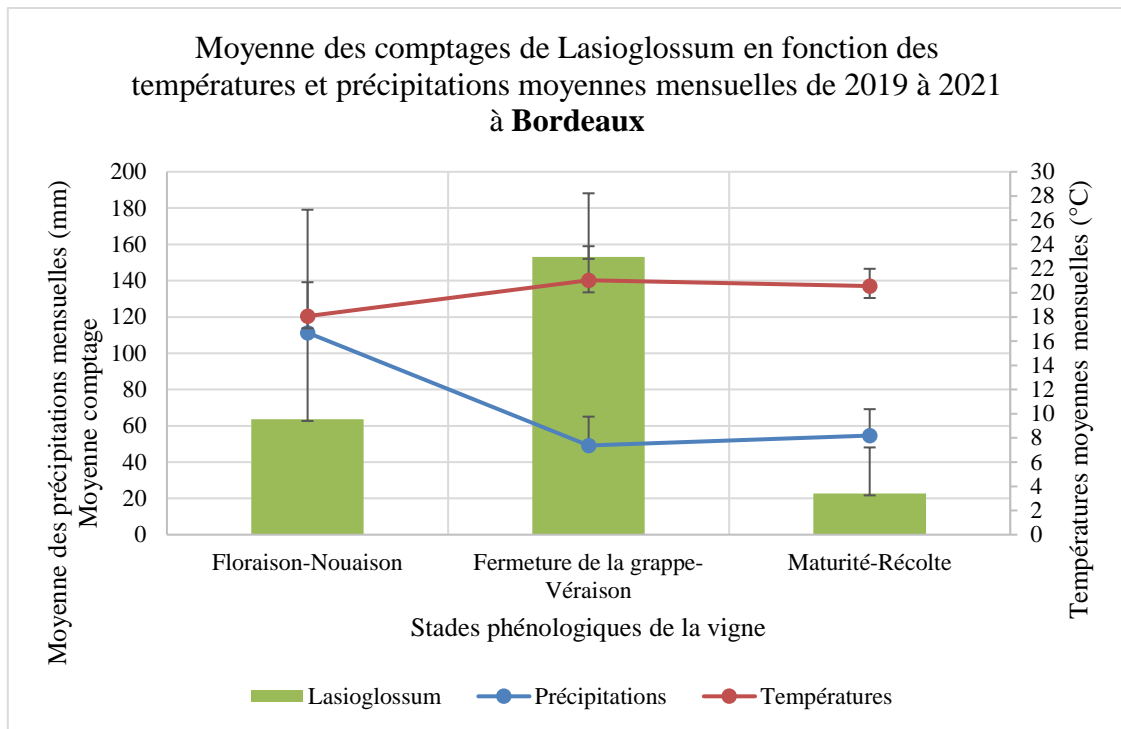


Figure 51 : moyenne des comptages de Lasioglossum en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2021 à Bordeaux

Le comptage moyen de lasioglossum varie de 23 à 153, les températures moyennes varient de 18 à 21 °C, les hauteurs des précipitations moyennes varient de 49 à 111 mm. De la floraison à la récolte, les hauteurs de précipitations moyennes diminuent tandis que les températures moyennes augmentent (cf. Figure 51).

Le stade phénologique « fermeture de la grappe-véraison » correspond à la plus forte abondance de Lasioglossum (153) des trois stades avec une température moyenne de 21 °C et une hauteur de précipitations moyenne de 49 mm. Ce qui correspond à une hauteur des précipitations moyennes la plus faible et une température moyenne la plus haute.

Dans le tableau suivant, le pic de Lasioglossum pour chaque site est repris avec le stade phénologique, la température moyenne et la hauteur des précipitations moyenne correspondants (cf. Tableau 9). La floraison-nouaison est le stade phénologique correspondant au pic de Lasioglossum à Colmar et Montpellier, mais pour Bordeaux, il s'agit du stade fermeture de la grappe-véraison.

Pic Lasioglossum	Colmar	Bordeaux	Montpellier
Stades phénologiques	Floraison-nouaison	Fermeture de la grappe-véraison	Floraison-nouaison
Comptage Lasioglossum	100	153	122
Température moyenne (°C)	20	21	21
Hauteur précipitations (mm)	97,5	49	11

Tableau 9 : récapitulatif des températures et hauteurs de précipitations moyennes au pic de Lasioglossum pour les 3 sites

2.4.2 Les nichoirs directionnels à abeilles sauvages

Rappel de l'hypothèse : **H4** : La proximité du paysage **forestier** d'un vignoble influence de manière positive sur la présence et/ou la diversité des espèces d'abeilles sauvages par rapport aux localisations du **centre** de la parcelle ou de la **ville** à Wintzenheim (nichoirs directionnels).

Sous-hypothèse : Les températures et l'ITK influencent la nidification des abeilles sauvages.

Les données de températures ont été prises sur le site web « CLIMATIK » de l'INRAE. La station météo choisie est celle de **Bergheim**, à 20 km de Wintzenheim. Il ne s'agit pas de la station la plus proche, mais la station la plus proche, Colmar, présente des erreurs de températures (ex -19 °C en température minimale le 17 avril).

Températures journalières (°C)	*R1	R2	<u>R3</u>	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Mois	MARS	AVRIL		MAI			JUN		JUILLET
Date relevé	22/03	05/04	20/04	03/05	17/05	31/05	14/06	27/06	12/07
Période (+/- 15 jours avant le relevé)	07/03 – 21/03	22/03 – 04/04	05/04 – 19/04	20/04 – 02/05	03/05 – 16/05	17/05 – 30/05	31/05 – 13/06	14/06 – 26/06	27/06 – 11/07
Tmin	-2,8	-2,5	1,5	5,3	9,6	7,1	9,8	13,2	12,5
Tmax	17,6	22,3	24	20	28,5	32,4	28,9	35,9	29,8
Tmoy Min	1,7	0,1	5	9,3	11,9	13	15,7	18,4	16,3
Tmoy Max	12	15,4	18,6	14,6	23,3	25,1	23	30,8	23,9

Tableau 10 : données de températures journalières station de Bergheim, source : « CLIMATIK » ; *R = relevé ; N. B. : R3 premier relevé avec présence d'abeilles sauvages

On peut remarquer dans le tableau ci-dessus (cf. Tableau 10) que les températures minimales rencontrées entre le 07 mars et le 11 juillet varient entre -2,8 °C et 13,2 °C.

Les températures minimales les plus basses rencontrées sont négatives jusqu'au deuxième relevé inclus. À partir du 3^e relevé, la température minimale la plus basse rencontrée, dans les 15 derniers jours, est de 1,5 °C. C'est à partir du 3^e relevé que les températures minimales les plus basses passent en positif.

Les températures maximales rencontrées entre le 07 mars et le 11 juillet varient entre 17,6 °C et 35,9 °C.

On peut remarquer deux pics de températures (>30 °C) : 32,4 °C et 35,9 °C. Le premier pic correspond à la période avant le 6^e relevé et le second pic correspond à la période avant le 8^e relevé.

Pour la même période, les températures moyennes varient entre 0,1 °C et 30,8 °C.

Lors du premier relevé (n° 1) et du second relevé (n° 2), il n'y a pas eu d'operculation dans la parcelle.

N. B. : Dans les graphiques suivants, les amorces ne sont pas prises en compte, uniquement les tubes fermés.

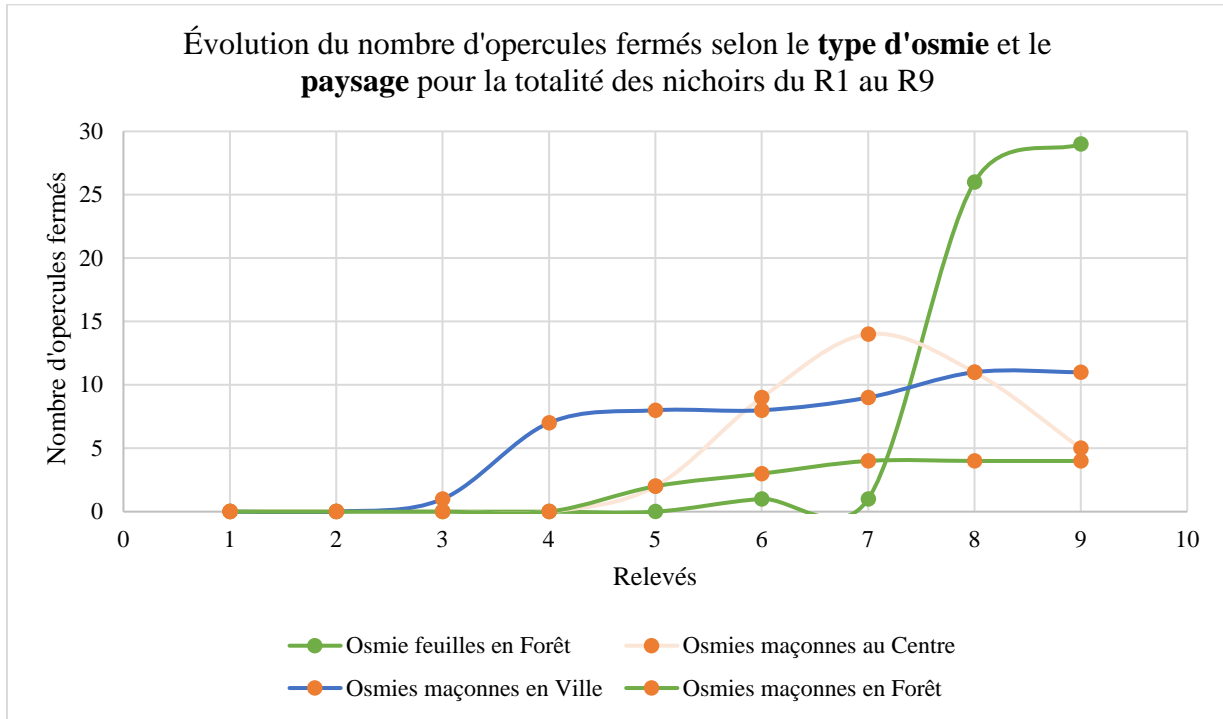


Figure 52 : évolution du nombre d'opercules fermés selon le type d'osmie et le paysage pour la totalité des nichoirs du R1 au R9

Les osmies feuilles apparaissent du côté **forêt** de la parcelle à partir du relevé n° 6. Un pic de tubes fermés a lieu du relevé n° 7 au relevé n° 8, le bilan passe de 1 tube fermé à 26 tubes fermés. Finalement, 29 tubes sont fermés à la fin des relevés (n° 9).

Le premier tube fermé d'osmies maçonnes a été notifié lors du relevé n° 3 dans les nichoirs en **ville**. En ville, le nombre de tubes fermés augmente jusqu'au dernier relevé (n° 9) avec 11 tubes fermés. Les premières osmies maçonnes apparaissent au **centre** et côté **forêt** de la parcelle à partir du relevé n° 5. Les tubes fermés d'osmies maçonnes au **centre** augmentent nettement du relevé n° 5 au relevé n° 6. Au relevé n° 9, le plus grand nombre de tubes fermés d'osmies maçonnes est atteint du côté **ville**, puis au **centre** et suivi de très près par le côté **forêt** (cf. Figure 52).

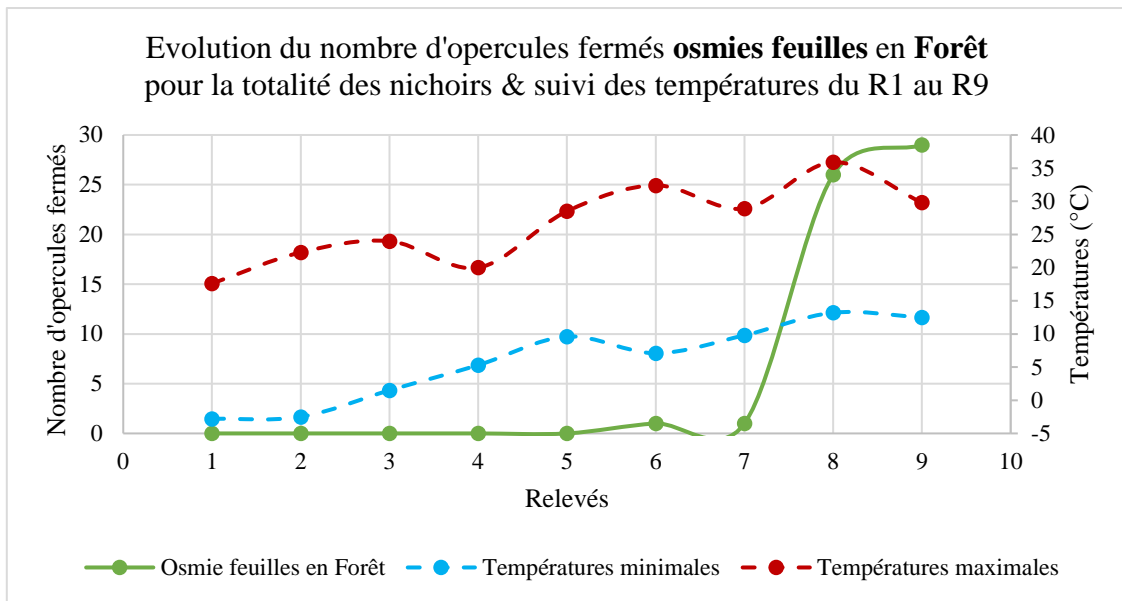


Figure 53 : évolution du nombre d'opercules fermés *osmies* feuilles en forêt pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9

N.B. : du relevé 7 au relevé 8, le nichoir contenant les *osmies* à feuilles machées, n'est pas le même. En effet le nichoir qui contenait un tube fermé en R7 n'était plus fermé en R8 (celui-ci étant considéré comme une amorce n'est plus comptabilisé). En R8, et il y a apparition d'un nouveau nichoir de 26 tubes fermés.

Pour le premier relevé avec présence d'*osmies* feuilles (n° 6), les températures minimales sont de 7,1 °C et les températures maximales sont de 32,4 °C. Le pic de tubes fermés du relevé n° 7 au relevé n° 8 correspond à une augmentation des températures maximales de 28,9 °C à 35,9 °C. La température maximale du dernier relevé n° 9 est de 29,8 °C (cf. Figure 53).

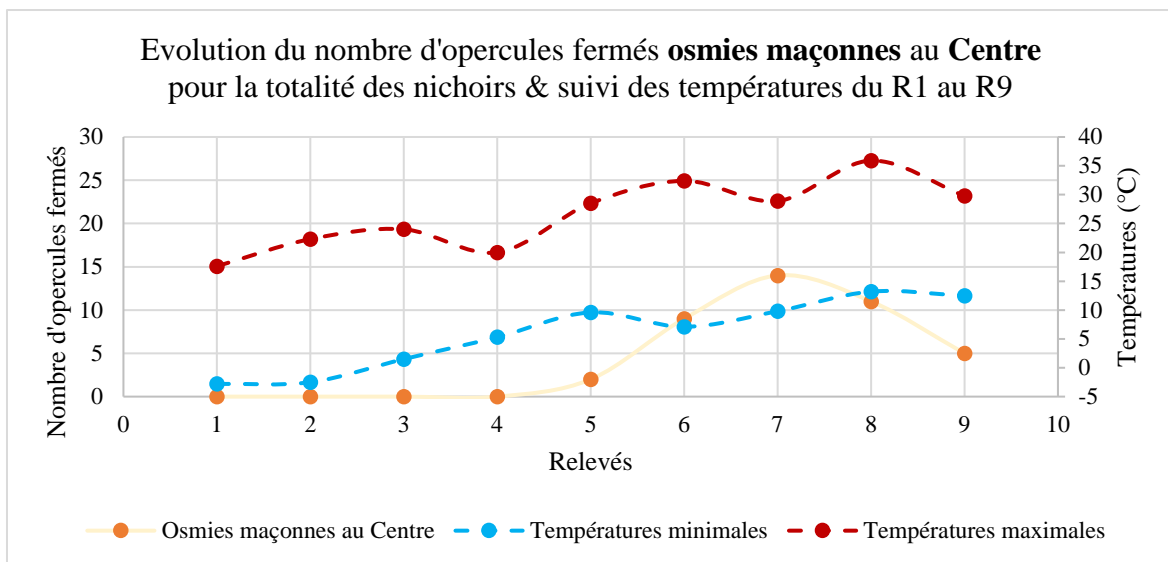


Figure 54 : évolution du nombre d'opercules fermés osmies maçonnées au Centre pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9

L'apparition des osmies maçonnées au centre au relevé n° 5 indique des températures minimales de 9,6 °C. L'augmentation des tubes fermés du relevé n° 5 au relevé n° 6 est accompagnée de l'augmentation des températures maximales, de 28,5 °C à 32,4 °C. Les températures maximales atteignent 35,9 °C au relevé n° 8. À partir du relevé n° 7, les osmies maçonnées diminuent jusqu'au dernier relevé (n° 9) (cf. Figure 54).

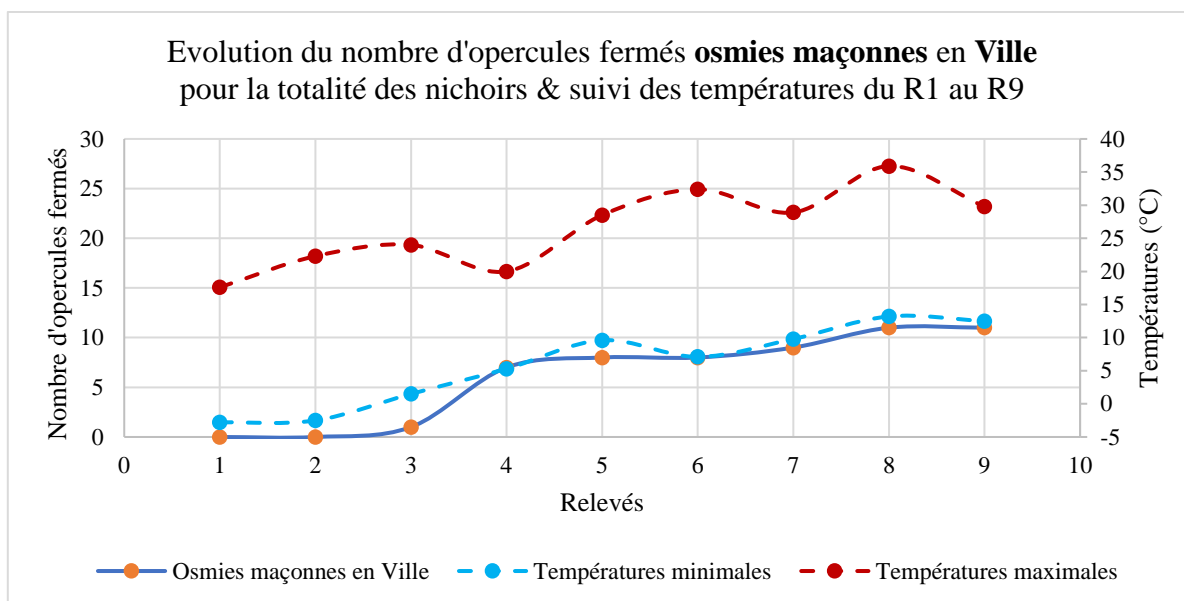


Figure 55 : évolution du nombre d'opercules fermés osmies maçonnées en Ville pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9

Les tubes fermés des osmies maçonnées en ville apparaissent à partir du relevé n° 3, ce qui correspond à des températures minimales de 1,5 °C. Elles passent en positif par rapport au relevé n° 2. Les températures maximales augmentent du relevé n° 1 au relevé n° 8 de 17,6 °C à 35,9 °C. Les tubes fermés d'osmies maçonnées atteignent leur maximum au relevé n° 8. Il n'y a pas d'évolution dans le nombre de tubes fermés du relevé n° 8 au relevé n° 9 (cf. Figure 55).

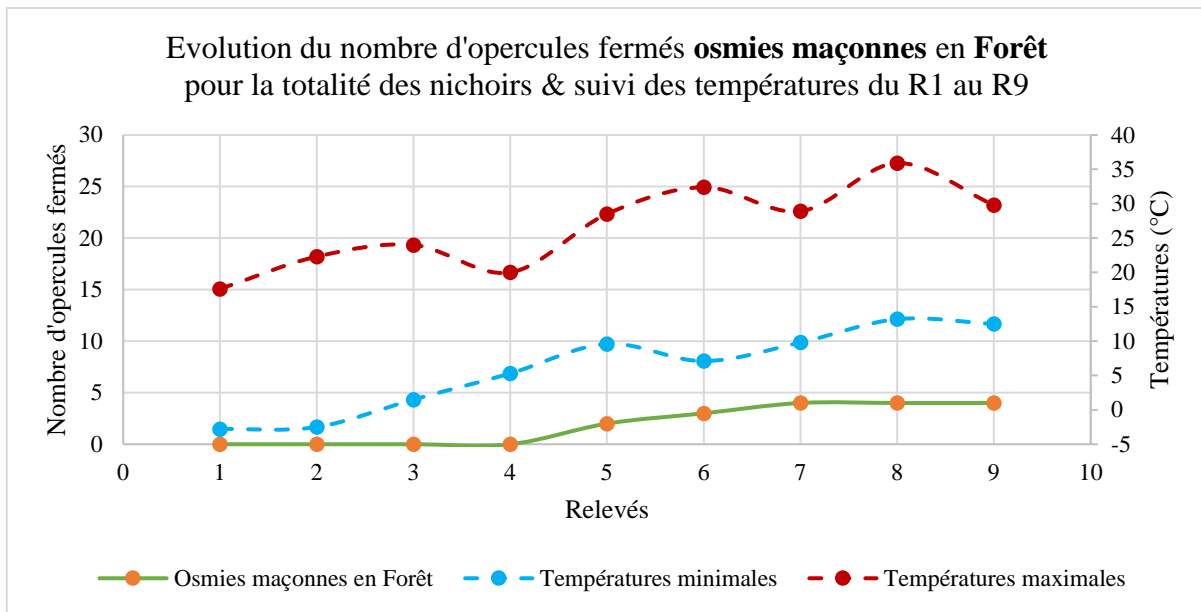


Figure 56 : évolution du nombre d'opercules fermés osmies maçonnes en forêt pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9

L'apparition d'osmies maçonnes en forêt au relevé n° 5 correspond à des températures minimales de 9,6 °C et des températures maximales de 28,5 °C. Les températures maximales évoluent positivement jusqu'au relevé n° 8, cependant le nombre de tubes fermés d'osmies maçonnes augmente du relevé n° 5 au relevé n° 7. À partir du relevé n° 7, le nombre de tubes fermés se stabilise jusqu'au dernier relevé n° 9 (cf. Figure 56).

Dans les graphiques suivants, l'effet du paysage est observé à l'échelle du nichoir et non plus des tubes comme précédemment. L'état des nichoirs est constaté au dernier relevé (n° 9), les nichoirs pris en compte contiennent des operculations fermées et des amorces. Le parasitisme et l'absence d'activité d'abeilles sauvages (vide sain/parasité) sont également pris en compte dans l'état des nichoirs. Les nichoirs vides et sains sont ceux dont les tubes n'ont pas été habités et le tube PVC (protection des tubes) n'a pas été parasité.

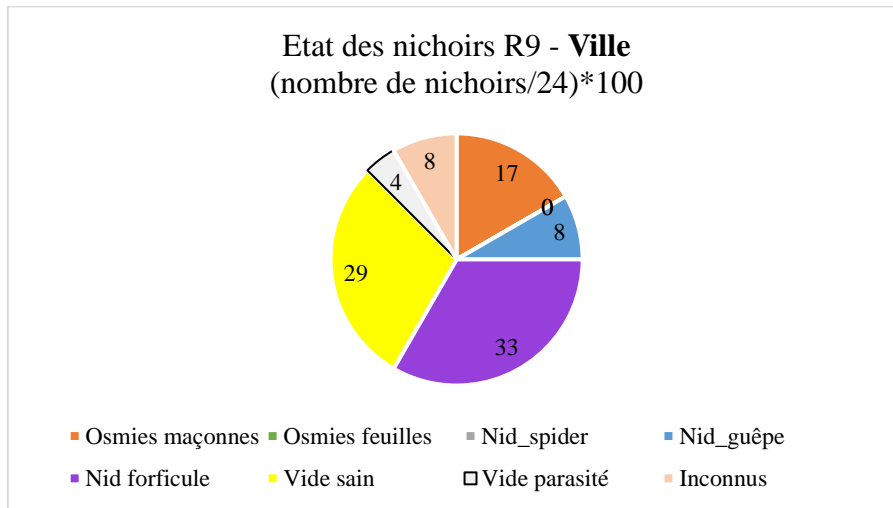


Figure 57 : état des nichoirs R9 - Ville

En **ville**, la majorité des nichoirs sont parasités par des forficules (33 %) et vides sains (29 %). Les **osmies maçonnées** sont présentes dans 17 % des nichoirs. Le parasitisme par des guêpes est à 8 % ainsi que les inconnus. Les nichoirs vides et parasités sont ceux dont les tubes n'ont pas été habités, mais le tube PVC (protection des tubes) est parasité (4 %) (cf. Figure 57).

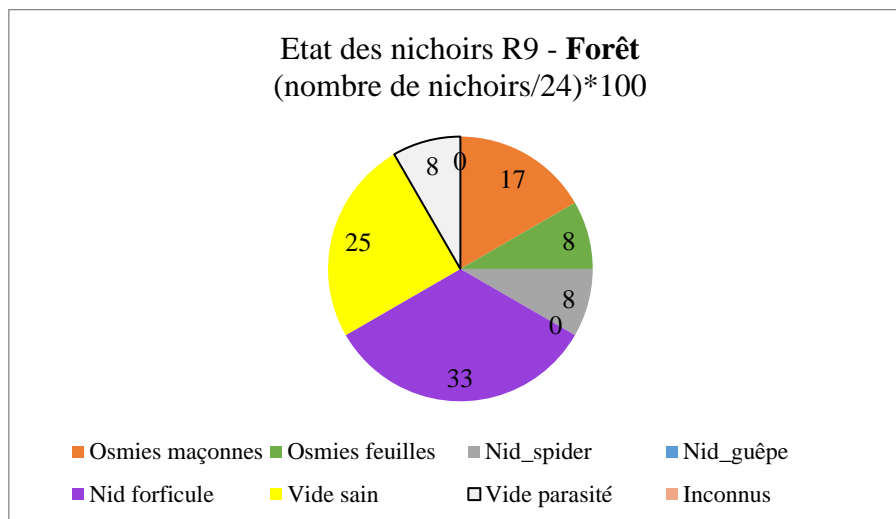


Figure 58 : état des nichoirs R9 – forêt

En **forêt**, la majorité des nichoirs sont parasités par des forficules (33 %) et vides sains (25 %). Les **osmies maçonnées** sont présentes dans 17 % des nichoirs. Le parasitisme par des araignées (Nid_spider) est à 8 % ainsi que les nichoirs vides parasités. Les **osmies feuilles** sont présentes dans 8 % des nichoirs (cf. Figure 58).

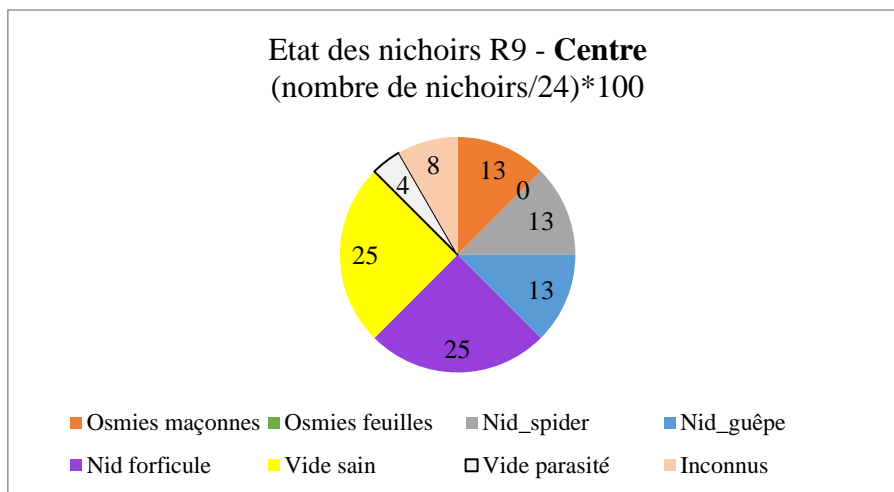


Figure 59 : état des nichoirs R9 - Centre

Au centre de la parcelle, la majorité des nichoirs sont parasités par des forficules (25 %) et vides sains (25 %). Le parasitisme par des guêpes (Nid_guêpe) est à 13 % ainsi que les araignées (Nid_spider). Les osmies maçonnes sont présentes dans 13 % des nichoirs. Certains nichoirs sont habités, mais l'identité des habitants est inconnue (8 %) (cf. Figure 59).

Le graphique suivant concerne le **relevé n°9 (dernier relevé)**, la proportion de nichoirs contenant des osmies maçonnes est répertoriée selon le paysage et la modalité (RES1, RES2, PI & Bio). Pour les osmies à feuilles machées, il y a un seul nichoir en forêt et qui correspond à la modalité PI.

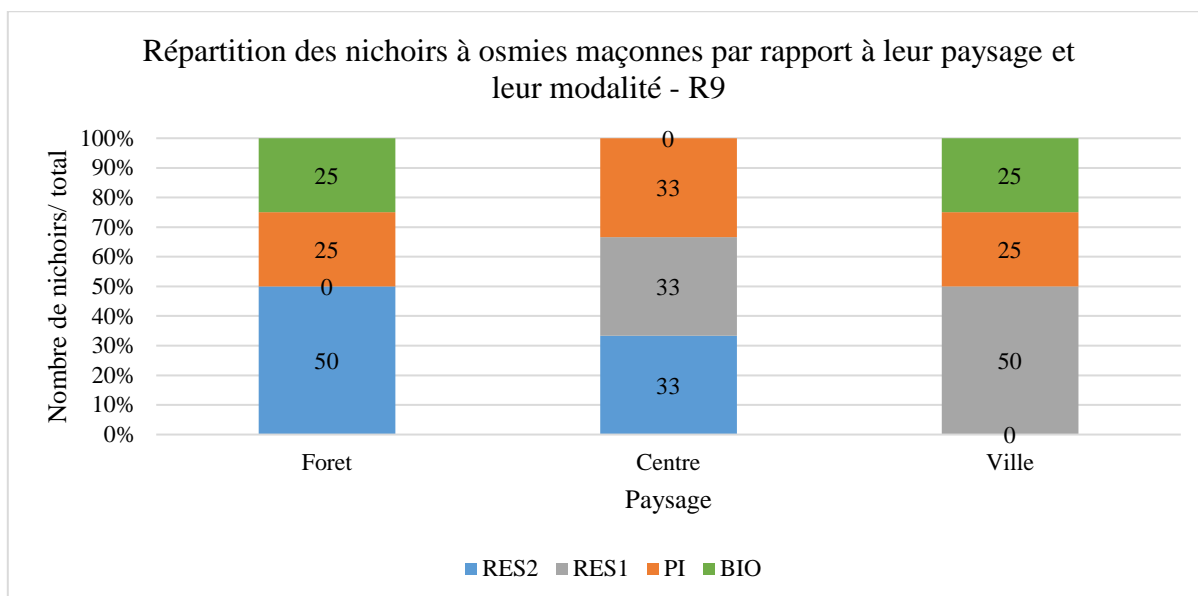


Figure 60 : répartition des nichoirs à osmies maçonnes par rapport à leur paysage et leur modalité - R9

En **ville**, 50 % des nichoirs contenant des osmies maçonnes sont dans la modalité RES1, 25 % dans la modalité BIO et 25 % dans la modalité PI. En **forêt**, 50 % des nichoirs contenant des osmies maçonnes sont dans la modalité RES2, 25 % dans la modalité BIO et 25 % dans la modalité PI. Au **centre**, les osmies maçonnes sont réparties de façon égale dans les modalités RES1, RES2 et PI, à savoir 33 % (cf. Figure 60).

3 Discussion & perspectives

3.1 Les abeilles sauvages terricoles

3.1.1 Les abeilles sauvages terricoles à Colmar

H1 : L'attrance de certaines abeilles sauvages (*Lasioglossum* & *Halictus*) pour certaines espèces végétales de la famille des **Astéracées** est liée à la **morphologie** de la fleur (tubulées, ligulées ou radiées).

Pour identifier les plantes hôtes spécifiques à certaines abeilles sauvages, certaines études se basent sur l'observation du butinage (Pauly & Vereecken, 2018) ou sur l'analyse de pollen prélevé sur l'insecte (Michez et al., 2008). Ce n'est pas le cas de notre étude, ici il s'agit de croiser des données floristiques et des données entomologiques provenant de relevés effectués de manière indépendante. L'objectif est d'étudier ces variables de manière indépendante et ensuite d'étudier de manière statistique (ACP) s'il existe un lien entre ces variables indépendantes.

Certes, les abeilles sauvages présentes dans les pièges posés dans la parcelle ne constituent pas un lien direct avec la présence la flore de la parcelle. Contrairement à l'observation de butinage qui s'applique à un instant « t » dépendant de plusieurs variables comme le climat. Dans ce cas-ci, les pièges sont eux restés sur place pendant une période qui englobe la présence des abeilles sauvages tout au long de la journée, ce qui permet d'avoir un aperçu plus global des abeilles présentes sur le site à la période choisie dans l'année.

Par ailleurs, il est important de bien distinguer le bol alimentaire et la nidification pour les abeilles sauvages et pour les abeilles domestiques.

Les abeilles sauvages parcourent une faible distance entre leur lieu de nidification et leur bol alimentaire. Le bol alimentaire et le lieu de nidification sont interdépendants. Les abeilles domestiques parcourent plusieurs kilomètres pour leur bol alimentaire (Stefani et al., 2019). En effet, les ouvrières ont pour rôle d'aller chercher de la nourriture et de revenir à la ruche, elles ne sont donc pas à la recherche d'un lieu de nidification.

D'après l'ACP réalisé sur les données de 2019 à 2022 (cf. Figure 37), l'abondance de l'abeille sauvage **Lasioglossum** semble être corrélée à la richesse spécifique des **Astéracées à morphologie radiée**. De plus, l'abondance de l'abeille sauvage **Halictus** semble être corrélée à la richesse spécifique des **Brassicacées et Fabacées de couleur autre que le jaune** (cf. Figure 40). L'abeille sauvage *Lasioglossum* serait préférentiellement attirée par les astéracées liguliflores tandis qu'*Halictus* plutôt par les astéracées tubuliflores (Gadoum & Pauly, 2006b).

Étant donné la faible représentativité et contribution de l'abeille sauvage *Halictus*, l'analyse n'a pas été faite sur *Panurgus*, car tout comme *Halictus*, ils sont présents en faible quantité par rapport à *Lasioglossum* dans la parcelle (cf. Tableau 6).

H2: La modalité moins perturbée (RES2) par rapport à la modalité perturbée (PI) contient un plus grand nombre d'abeilles sauvages (*Lasioglossum* et *Halictus*) et contient une richesse spécifique en espèces végétales appartenant à la famille des Astéracées (tubulées, ligulées et radiées) plus importante.

De 2019 à 2022, la médiane de l'abondance de l'abeille sauvage *Lasioglossum* dans la modalité RES2 est supérieure à la médiane de l'abondance de l'abeille sauvage *Lasioglossum* dans la modalité PI, mais non significative (cf. Figure 43). De plus on peut remarquer dans l'ACP (cf. Figure 37) que les placettes pour la modalité PI et les placettes RES2 n'ont pas la même distribution.

Ensuite, pour les traits morphologiques des Astéracées, les différences constatées ne sont pas significatives, mais on remarque les différences suivantes. La médiane pour la morphologie radiée des Astéracées est supérieure pour la modalité RES2 par rapport à la modalité PI (cf. Figure 44). Il n'y a pas de différence entre les deux modalités pour la morphologie tubulée des Astéracées (cf. Figure 45). La médiane pour la morphologie ligulée des Astéracées est inférieure pour la modalité RES2 par rapport à la modalité PI (cf. Figure 46).

On remarque aussi dans les graphiques préliminaires qu'en 2022, la richesse spécifique des Astéracées radiées a pris le dessus sur la richesse spécifique des autres espèces végétales à forte valeur pollinisatrice dans les parcelles de la modalité RES2 (cf. Figure 33). Dans les parcelles de la modalité PI, la richesse spécifique des Brassicacées et Fabacées de couleur autre que le jaune a pris le dessus sur la richesse spécifique des autres espèces végétales à forte valeur pollinisatrice (cf. Figure 34). La modalité RES2 serait plus favorable à la richesse spécifique des Astéracées radiées et à l'abondance de l'abeille sauvage *Lasioglossum*. L'augmentation de *Lasioglossum* pourrait s'expliquer par une bonne installation du mélange fleuri dans la parcelle.

Ces résultats viennent appuyer d'autres études qui alertent sur l'impact néfaste des produits phytosanitaires sur la biodiversité et l'importance de la réduction de leur utilisation dans le monde agricole de manière générale (Lenseigne & Lauerjat, 2019). C'est dans ce genre d'environnements, qu'il est d'autant plus important de mettre en place des mesures pour remédier à des déficits en fleurs à haute valeur pollinisatrice et des pratiques agricoles en accord avec la survie des pollinisateurs (Sutter & Aebi, 2019). Les mesures prises en concertation avec les corps de métiers concernés, dont les chercheurs, les agriculteurs, les conseillers agricoles et les apiculteurs seront d'autant plus efficaces.

À l'avenir, il faudrait prendre en compte aussi le cavaillon, car si celui-ci contenait peu d'espèces végétales d'intérêt pour les pollinisateurs en 2019, certaines espèces végétales ont migré de l'inter-rang vers le cavaillon en 2022.

3.1.2 Les abeilles sauvages terricoles à Colmar et ailleurs en France

H3 : Le climat (températures, précipitations et vitesse du vent) joue un rôle majeur au niveau de la présence des espèces d'abeilles sauvages (Colmar, Bordeaux et Montpellier).

À Colmar, on remarque une nette augmentation de *Lasioglossum* en 2022 par rapport aux années précédentes, au niveau du comptage et proportionnellement aux autres pollinisateurs (cf. Tableau 7). En 2022, le nombre de *Lasioglossum* représente presque 7 fois plus que le nombre de *Lasioglossum* en 2019 et 5 fois plus par rapport à 2021. D'après le test statistique réalisé, cette différence est significative (cf. Figure 41).

De 2019 à 2021, la même tendance est constatée sur le site de Bordeaux où les *Lasioglossum* sont en augmentation en 2021 par rapport aux années précédentes, tandis qu'à Montpellier les *Lasioglossum* sont en diminution (cf. Figure 48).

Il se pourrait qu'un hiver doux permette aux *Lasioglossum* d'effectuer leur cycle en moins d'une année si la diapause se voit interrompue par des hausses de températures. Dans les abeilles sauvages, une étude faite sur l'*Osmia iridis*, montre que dans le cas où des étés, des automnes et des printemps chauds mènent à une émergence précoce de l'adulte et une nidification précoce, alors on pourrait voir la proportion de cycles effectués en une année être favorisée par rapport aux cycles réalisés en deux années dans des zones où ce dernier mode est dominant (Forrest et al., 2018).

De 2019 à 2021, nous avons observé l'effet de la température moyenne sur l'abondance de *Lasioglossum* pour 3 stades phénologiques de la vigne sur les 3 sites (Floraison-nouaison, fermeture de la grappe-véraison & maturité-récolte). Le pic de *Lasioglossum* correspond à une température moyenne de +/- 20 °C sur les 3 sites avec une hauteur de précipitations moyenne variant de 11 à 97,5 mm selon le site (cf. Tableau 9). Il pourrait être intéressant d'observer l'influence de la température dans le sol sur la nidification des *Lasioglossum* et donc il faudrait effectuer des relevés de températures au sein de la parcelle. La littérature montre que la température du sol affecte fortement le processus de nidification chez des abeilles sociales du genre *Lasioglossum* (Weissel et al., 2006).

Nous avons étudié les données au regard du climat continental (Colmar), le climat méditerranéen (Montpellier) et le climat océanique (Bordeaux), mais pas le climat alpin, celui-ci viendrait compléter l'étude. Il aurait été intéressant de choisir une parcelle viticole en altitude pour avoir un essai système qui nous permette d'observer l'effet de l'altitude sur les abeilles sauvages. Les vignes plantées à la plus haute altitude en France se situent dans les Pyrénées-Orientales à 1.340 m d'altitude (David, 2021). J'ai moi-même observé des abeilles sauvages dans les Hautes-Alpes à +/- 1700 m d'altitude. Il pourrait s'agir de parcelles viticoles dans les Hautes-Alpes par exemple à Saint-Martin-de-Queyrières, un lieu qui se situe entre 1050 et 1300 mètres d'altitude (Pays des Écrins, 2017).

3.2 Les nichoirs directionnels

H4 : La proximité du paysage forestier d'un vignoble influence de manière positive sur la présence et/ou la diversité des espèces d'abeilles sauvages par rapport aux localisations du **centre** de la parcelle ou de la **ville** à Wintzenheim (nichoirs directionnels).
Sous-hypothèse : Les températures et l'ITK influencent la nidification des abeilles sauvages.

Dans le cadre de notre étude, nous avons voulu étudier l'influence du changement de températures sur le taux d'operculation dans nos nichoirs, ainsi que l'influence de l'ITK et du paysage ville ou forêt sur le taux d'operculation pour observer la nidification chez les abeilles sauvages qui nichent de façon aérienne. La phénologie des abeilles sauvages fait l'objet de plusieurs études, notamment l'influence du changement de températures sur la présence de certaines abeilles sauvages (Bartomeus et al., 2011).

Les températures semblent influencer la nidification, de manière globale l'activité des abeilles sauvages a commencé quand les températures minimales sont passées en positif. Pour les températures maximales, on remarque aussi des pics de nidification au-dessus de 30 °C. La température conditionne l'abondance des osmies et des mégachiles (Batôt & Rabolin-Meinrad, 2021).

Les osmies maçonnes sont les plus nombreuses dans la parcelle. On ne remarque pas de différence entre la forêt et la ville pour les nichoirs colonisés par les osmies maçonnes, mais plus de nichoirs ont été colonisés en forêt et en ville qu'au centre de la parcelle (cf. Figure 57, Figure 58, Figure 59). Les abeilles sauvages mégachiles seraient plus nombreuses aux abords de la parcelle, où la pression serait moins forte qu'au sein même de celle-ci (Batôt & Rabolin-Meinrad, 2021).

De plus, la forêt influencerait d'avantages la présence de diversité dans la parcelle, puisqu'au contraire de la ville et du centre de la parcelle, des osmies feuilles ont colonisé des nichoirs du côté forêt (cf. Figure 58). Le paysage forestier favoriserait une plus grande abondance d'espèces d'abeilles sauvages dont des espèces polylectiques et des espèces tardives (Carrié, 2016).

Au niveau de l'itinéraire technique, les nichoirs colonisés par les osmies maçonnes sont en majorité dans la modalité RES1 pour la ville, dans la modalité RES2 pour la forêt. De plus aucun nichoir n'a été colonisé dans la modalité RES2 pour la ville et aucun nichoir n'a été colonisé pour la modalité RES1 pour la forêt. Les osmies feuilles ont colonisé un seul nichoir qui se trouve dans la modalité PI (cf. Figure 60). Il se pourrait que le nombre de tubes fermés à la fin des relevés soit sous-estimé étant donné que les nichoirs ont été parasités. Le parasitisme est favorisé lorsque la température augmente (Forrest & Chisholm, 2017).

3.3 Conclusion

À travers ce mémoire, nous avons mis en évidence certains facteurs ayant un impact sur le déséquilibre d'un écosystème au sein d'une parcelle viticole, avec au centre de cet écosystème, les abeilles sauvages de la famille des *Halictidae* et des *Megachlidae*.

Il serait intéressant de suivre l'évolution des *Lasioglossum* l'année prochaine (2023) et de la comparer avec l'augmentation en 2022.

Les pratiques au sein des inter-rangs et le changement climatique semble jouer un rôle dans le déséquilibre de populations d'abeilles sauvages. La valorisation de certaines espèces végétales au sein de la parcelle peut influencer la présence de certaines abeilles sauvages. Le paysage autour de la parcelle peut, quant à lui, renforcer la diversité au sein de celle-ci. Ces facteurs n'expliquent pas toute cette instabilité à eux seuls. Les raisons sont multifactorielles.

Nous avons également mis en évidence la dominance d'une espèce d'abeille sauvage au sein d'un milieu agricole. Il pourrait s'agir d'un aperçu du déséquilibre que pourrait causer l'apparition d'espèces émergentes sur nos espèces locales, s'il s'avère que celles-ci sont mieux adaptées aux changements climatiques. Nous ne pouvons pas jouer directement sur le climat, mais nous pouvons améliorer nos pratiques pour favoriser nos espèces locales.

Nous espérons avoir apporté certaines pistes sur le potentiel d'une parcelle viticole comme lieu d'accueil pour une certaine biodiversité et ouvrir tout un champ de possibilités sur d'autres milieux qui du premier abord peuvent sembler peu accueillants. Il s'agit de trouver un équilibre entre production et biodiversité.

Ce mémoire rappelle l'importance des assemblages de communautés végétales avec un nombre important d'espèces favorisant la biodiversité à travers les interactions entre les populations animales (pollinisateurs et microfaune) et végétales.

Nous espérons également avoir sensibilisé chacun sur la fragilité de la biodiversité qui nous entoure de manière plus ou moins proche.

Table des matières

Sommaire	I
Remerciements	II
Résumé & mots clefs.....	III
Liste des abréviations	V
Introduction	VII
1 Partie théorique	1
1.1 Contexte géographique	3
1.2 État des lieux des vignobles français en fonction de leur conduite	11
1.3 Présentation des vignobles alsaciens et gestion des vignobles en Europe	17
1.3.1 Types de vins.....	17
1.3.2 Gestion phytosanitaire.....	17
1.3.3 Gestion de l'enherbement.....	18
1.4 État des lieux de la biodiversité en France	19
1.4.1 La flore	20
1.4.2 La faune.....	20
1.5 Facteurs influençant les pollinisateurs présents dans un milieu	21
1.5.1 Le climat.....	21
1.5.2 Le type de sol et la flore	21
1.5.3 Les pratiques agricoles et les stress.....	21
1.6 Les services écosystémiques rendus par la biodiversité.....	23
1.7 Entomologie – la famille des <i>Halictidae</i> et des <i>Megachilidae</i>	25
1.7.1 <i>Halictidae</i>	25
1.7.2 <i>Megachilidae</i>	26
2 Partie expérimentale	27
2.1 Hypothèses.....	29
2.1.1 Partie 1 : les abeilles sauvages terricoles	29
2.1.2 Partie 2 : les nichoirs directionnels.....	29
2.2 Stratégie	31
2.3 Matériels et méthodes	35
2.3.1 Les abeilles sauvages terricoles.....	35
2.3.1.1 Matériels	35

2.3.1.2	Méthodes	36
2.3.2	Les nichoirs directionnels à abeilles sauvages	40
2.3.2.1	Matériels	40
2.3.2.2	Méthodes	41
2.4	Résultats.....	45
2.4.1	Les abeilles sauvages terricoles.....	45
2.4.1.1	Résultats préliminaires	45
2.4.1.2	Résultats statistiques	48
2.4.1.3	Résultats comparaison évolution avec Bordeaux et Montpellier.....	55
2.4.1.4	Résultats évolution et lien avec les températures sur les 3 sites	57
2.4.2	Les nichoirs directionnels à abeilles sauvages	61
3	Discussion & perspectives	69
3.1	Les abeilles sauvages terricoles	71
3.1.1	Les abeilles sauvages terricoles à Colmar	71
3.1.2	Les abeilles sauvages terricoles à Colmar et ailleurs en France.....	73
3.2	Les nichoirs directionnels	74
3.3	Conclusion	75
	Table des matières	77
	Table des figures	79
	Bibliographie.....	83
	Annexes	87

Table des figures

Figure 1 : carte de la répartition des vignobles français, source : site web vin-vigne.com.....	3
Figure 2 : les petites régions naturelles d'Alsace, source : Party	4
Figure 3 : carte pédologique zoom sur l'Alsace, source : RRPGE	4
Figure 4 : Données climatologiques mensuelles moyennes en Alsace sur 11 ans de 2011 à 2021, source : site web Climatik (station Bergheim)	5
Figure 5 : carte pédologique de la Gironde, source : J. Wilbert « Atlas de la Gironde »	6
Figure 6 : carte pédologique de Bordeaux, source : Géoportail, la plateforme nationale française	6
Figure 7 : légende de la figure 5	6
Figure 8 : données climatologiques moyennes mensuelles à Bordeaux sur 11ans (de 2011 à 2021), source : CLIMATIK (station Villenave-d'Ornon).....	7
Figure 9 : carte pédologique de Montpellier, source : Géoportail.....	8
Figure 10 : données climatologiques moyennes mensuelles à Montpellier sur 11 ans (de 2011 à 2021), source : CLIMATIK (site PechRouge)	9
Figure 11 : représentation schématique des indicateurs agri-environnementaux des systèmes de production végétale sous forme de « radar », méthode INDIGO	13
Figure 12 : exemple d'un schéma radar selon la méthode INDIGO pour une parcelle viticole en agriculture biologique (BIO) ou en production intégrée (PIC-M)	14
Figure 13 : arbre de décision pour l'indicateur de pollinisation.....	15
Figure 14 : présentation des catégories de l'UICN, source : Guide régional 2012 de l'UICN	19
Figure 15 : principales relations entre les SE via les composantes de la biodiversité, source : EFESI	23
Figure 16 : Abeille sauvage (probablement <i>Halictidae</i>) butinant une fleur à corolle ouverte (à gauche) et abeille sauvage (probablement <i>Megachilidae</i>) butinant une fleur à corolle profonde (à droite), sources photos : Chantal Rabolin (à gauche) et Florent Peyre (à droite)	26
Figure 17 : photo et illustration des cavaillons, inter-rangs travaillés (IRW) et inter-rangs enherbés (IRH)	31
Figure 18 : photo aérienne de la parcelle d'étude avec schéma des quatre modalités	32
Figure 19 : photos de certaines espèces végétales du mélange fleuri, <i>Achillea millefolium</i> (à gauche); <i>Centaurea cyanus</i> (au centre) et <i>Anthemis tinctoria</i> (à droite), source : photos personnelles	32
Figure 20 : schéma explicatif des liens entre les abeilles sauvages et les facteurs qui influencent le bol alimentaire et la nidification.....	33
Figure 21 : piège entomologique, cuvettes colorées placées au sein de l'inter-rang de la placette	35
Figure 22 : classement par morphologie dans la famille des Astéracées présentent dans la parcelle	37
Figure 23 : photos prises dans la parcelle à Wintzenheim : à gauche <i>Centaurea jacea</i> L. (Ast tubulé); au centre <i>Crepis capillaris</i> L. (Ast Ligulé) et à droite <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam (Ast radiée), source : photos terrain	37

Figure 24 : classement par couleur (jaune ou autre) dans la famille des Brassicacées et Fabacées présentes dans la parcelle	38
Figure 25 : photos prises dans la parcelle à Wintzenheim : à gauche <i>Vicia sativa</i> L. (Fab autre) ; au centre <i>Anthyllis vulneraria</i> (Fab jaune) et à droite <i>Capsella bursa pastoris</i> L. (Bra autre) 38	38
Figure 26 : photo du matériel pour un nichoir, 32 tubes en carton et un tube PVC (20 cm de long et 8 cm de diamètre).....	40
Figure 27 : photo d'un nichoir et positionnement sur le terrain, source : photos terrain	40
Figure 28 : localisation de la parcelle viticole, à Wintzenheim, entourée en jaune, source : Google Earth, 2022	41
Figure 29 : schéma disposition des nichoirs et observation des opercules, source : OAB	42
Figure 30 : correspondance entre le type d'operclation et son abeille sauvage, source photos : terrain 2022 et personnelle	42
Figure 31 : évolution de la flore de 2019 à 2022 pour la modalité RES2.....	46
Figure 32 : évolution de la flore de 2019 à 2022 pour la modalité PI.....	46
Figure 33 : évolution de la FlorePoll de 2019 à 2022 pour la modalité RES2.....	47
Figure 34 : évolution de la FlorePoll de 2019 à 2022 pour la modalité PI	47
Figure 35 : pourcentage des variances expliquées Lasioglossum.....	48
Figure 36 : représentativité des variables Lasioglossum et Flore pollinisateurs.....	48
Figure 37 : représentations des variables Lasioglossum et Flore pollinisateurs par rapport aux 2 dimensions et groupe couleur selon la modalité	49
Figure 38 : pourcentage des variances expliquées Halictus.....	50
Figure 39 : représentativité des variables Halictus et Flore pollinisateurs.....	50
Figure 40 : représentations des variables Halictus et Flore pollinisateurs par rapport aux 2 dimensions et groupe couleur selon la modalité	51
Figure 41 : évolution des comptages de Lasioglossum de 2019 à 2022	52
Figure 42 : évolution des comptages de Lasioglossum de 2019 à 2022 selon la modalité.....	52
Figure 43 : Boxplot du comptage de Lasioglossum en fonction de la modalité de 2019 à 2022	53
Figure 44 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées radiées en fonction de la modalité de 2019 à 2022	53
Figure 45 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées tubulées en fonction de la modalité de 2019 à 2022	54
Figure 46 : Boxplot de la richesse spécifique des Astéracées ligulées en fonction de la modalité de 2019 à 2022	54
Figure 47 : moyenne comptage du pool commun des pollinisateurs hyménoptères entre Colmar, Montpellier et Bordeaux de 2019 à 2021	55
Figure 48 : comptage de Lasioglossum à Colmar, Montpellier et Bordeaux d'avril à septembre de 2019 à 2021	56
Figure 49 : moyenne des comptages de Lasioglossum en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2021 à Colmar.....	57
Figure 50 : moyenne des comptages de Lasioglossum en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2020 à Montpellier.....	58

Figure 51 : moyenne des comptages de <i>Lasioglossum</i> en fonction des températures et précipitations moyennes mensuelles de 2019 à 2021 à Bordeaux	59
Figure 52 : évolution du nombre d’opercules fermés selon le type d’osmie et le paysage pour la totalité des nichoirs du R1 au R9	62
Figure 53 : évolution du nombre d’opercules fermés osmies feuilles en forêt pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9	63
Figure 54 : évolution du nombre d’opercules fermés osmies maçonnées au Centre pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9.....	64
Figure 55 : évolution du nombre d’opercules fermés osmies maçonnées en Ville pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9.....	64
Figure 56 : évolution du nombre d’opercules fermés osmies maçonnées en forêt pour la totalité des nichoirs & suivi des températures du R1 au R9.....	65
Figure 57 : état des nichoirs R9 - Ville	66
Figure 58 : état des nichoirs R9 – forêt	66
Figure 59 : état des nichoirs R9 - Centre.....	67
Figure 60 : répartition des nichoirs à osmies maçonnées par rapport à leur paysage et leur modalité – R9	67

Tableau 1 : surface en vignes pour les vendanges mécaniques selon leur conduite dans divers bassins viticoles de France en 2010	11
Tableau 2 : Indice de fréquence de traitements (IFT) en 2019, moyenne par bassin viticole et type de traitement pour l’ensemble des parcelles (Alsace, Bordeaux et Languedoc).....	12
Tableau 3 : Évolution de l’IFT moyen 2016 et 2019 pour l’ensemble des parcelles (Alsace, Bordeaux et Languedoc)	12
Tableau 4 : classement Liste rouge d’Alsace de <i>Lasioglossum</i> (à gauche) et <i>Halictus</i> (à droite), source : (Odonat, 2015).....	25
Tableau 5 : récapitulatif du nombre de placettes, des modalités, du nombre de relevés par an, des années, du mode de comptage et du site pris en compte en fonction de l’hypothèse	43
Tableau 6 : comptage en juin des abeilles sauvages, hyménoptères et diptères de 2019 à 2022	45
Tableau 7 : proportion abeilles sauvages par rapport aux pollinisateurs présents dans la parcelle de 2019 à 2022	45
Tableau 8 : les 2 premiers genres d’abeilles sauvages les plus abondants (comptage) retenus pour chaque site.....	55
Tableau 9 : récapitulatif des températures et hauteurs de précipitations moyennes au pic de <i>Lasioglossum</i> pour les 3 sites.....	59
Tableau 10 : données de températures journalières station de Bergheim, source : « CLIMATIK » ; *R = relevé ; N. B. : R3 premier relevé avec présence d’abeilles sauvages 61	

Annexe 1 : plan des nichoirs à abeilles sauvages dans la parcelle à Wintzenheim.....	87
Annexe 2 : comptage annuel des abeilles sauvages, des hyménoptères et des diptères de 2019 à 2021	88
Annexe 3 : proportion annuelle des abeilles sauvages par rapport aux pollinisateurs présents dans la parcelle sur les 3 relevés de 2019 à 2021	88
Annexe 4 : ACP Lasioglossum 2019-2021	89
Annexe 5 : stades phénologiques de la vigne, source : Agroscope.....	90

Bibliographie

- AGRESTE. (2021a). *Filière viticulture Alsace*.
- AGRESTE. (2021 b). *Enquête Pratiques culturelles en viticulture en 2019 — IFT et nombre de traitements*.
- Anstett, M. C., & De Treveret, M. L. (2021). *La pollinisation du cassis : État des lieux dans un contexte de changements anthropiques*.
- Apis Bruoc Sella. (2022, août). *Y'a plus d'saison ! Les abeilles affectées par le climat ?*
<http://www.apisbruocsella.be/fr/y-plus-d-saison-les-abeilles-affect-es-par-le-climat>
- Barbier, J., Constant, N., DELIERE, L., & Guisset, M. (2018). *CEPVITI Co-conception de systèmes viticoles économes en produits phytosanitaires—Guide méthodologique*.
- Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (51), 20645-20649.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1115559108>
- Bellmann, H. (2009). *Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe : L'identification, le comportement, l'habitat*. Delachaux et Niestlé.
- Beyou, W., Darses, O., & Kervinio, Y. (2016). *L'essentiel du cadre conceptuel*.
- Bockstaller, C. (2020). Évaluation agri-environnementale des systèmes de production végétale à l'aide d'indicateurs. *HAL archives ouvertes*.
- Bruno. (2015, octobre 20). Vignobles et terroirs autour de Montpellier. *Vignobles du sud*.
<http://www.vignobles-du-sud.fr/des-galets-et-encore-des-galets-mais-quel-rapport-avec-le-vin/>
- Cellule d'Animation Nationale DEPHY. (2017). *Restauration de la régulation naturelle et augmentation de la Robustesse des systèmes de culture pour une réduction Durable de la Dépendance aux insecticides (R2D2)*.
- Chambre d'agriculture Dordogne. (2016). *Bilan abeilles solitaires—Synthèse annuelle*.
- Chambre d'agriculture Grand Est. (2022, août). *Référentiel Régional Pédologique pour le GrandEst*.
<https://grandest.nosterritoires.fr/adws/app/f5dbb9ff-4e09-11e8-b0c4-312c65e710a1/>
- Delabays, N., Pétremand, G., & Fleury, D. (2016). Comparaison de six mélanges pour l'enherbement viticole dans l'arc lémanique. *Revue suisse Viticulture*.
- Forget, D., Lacombe, J., & Durand, A. (2009). Évaluation agri-environnementale de la conduite de la vigne en agriculture biologique et en production intégrée. *HAL archives ouvertes*.
- FranceAgriMer. (2017). *Les chiffres-clés de la filière Viti-Vinicole—Données statistiques*

2008/2018.

Gadoum, S., & Pauly, A. (2006a). *Courrier scientifique du parc naturel régional du Vexin français*.

Gadoum, S., & Pauly, A. (2006 b). *Courrier scientifique du parc naturel régional du Vexin français*.

IMFELD, G., DUROCHER, E., GUINOISEAU, M., MEITE, F., WIEGERT, C., GUYOT, B., PERNIN, E., LANGENFELD, A., NASSR, N., KLEIN, C., & PAYRAUDEAU, S. (2019). *La gestion du sol influence l'export du cuivre dans des parcelles d'un vignoble alsacien*. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.HS.09>

INAO. (2022). *Fiche produit : Alsace grand cru Altenberg de Bergheim Riesling*.

INPN. (2022). *Lettre d'information N° 93*.

INRAE & IFREMER. (2022). *Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques*.

IRM météo. (2022). *Statistiques climatiques des communes belges : Huy*.

Jamagne, M., Eimberck, M., & Desbourdes, S. (2011). *Grands paysages pédologiques de France*. Éditions Quae.

Le Roux, C. (2021). *La petite faune des vignobles, une contribution à la biodiversité*. Éditions « France agricole ».

Lefebvre, V. (2017). *Origine de la diversité des insectes pollinisateurs d'altitude : Le cas des diptères Empidinae dans le Parc National du Mercantour*.

Le Féon, Violette, & François, Denis. (2017). *Abeilles sauvages et dépendances vertes routières*.

Leurquin, J. (2006). *Étude des astéracées jaunes de la Belgique et des régions voisines*.

Manche Nature. (2016). *L'Argiope : Les Halictidés de la Manche*.

Martignago, M., Martins, R., & Harter-Markes, B. (2017). HONEY BEE CONTRIBUTION TO 'BORDÔ' GRAPEVINE FRUIT PRODUCTION IN SOUTHERN BRAZIL. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017155>

Michez, D., Patiny, S., Rasmont, P., Timmermann, K., & Vereecken, N. J. (2008). Phylogeny and host-plant evolution in Melittidae s.l. (Hymenoptera: Apoidea). *Apidologie*, 39 (1), 146-162. <https://doi.org/10.1051/apido:2007048>

Ministère de la transition écologique et solidaire. (2019). *Rapport de synthèse : L'environnement en France 2019*.

Odonat. (2015). *Liste rouge des Apidés menacés en Alsace*.

- OPABA. (2012a). *Fiche technique : La fertilisation en viticulture biologique.*
- OPABA. (2012 b). *Fiche technique : La protection du vignoble en viticulture biologique.*
- Party, J.-P. (2003). *Guide des sols d'Alsace : Piémont haut-rhinois et Ochsenfeld.*
- Pauly, A., & Belval, S. (2017). *Atlas des Halictidae de France (Hymenoptera : Apoidea).*
- Pauly, A., & Vereecken, N. (2018). Les abeilles sauvages des pelouses calcaires de Han-sur-Lesse (Hymenoptera : Apoidea). *Belgian Journal of Entomology.*
- 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>
- Reille, M. (2018). *Astéracées.*
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Schmidt, A., Kirmer, A., Hellwig, N., Kiehl, K., & Tischew, S. (2022). Evaluating CAP wildflower strips : High-quality seed mixtures significantly improve plant diversity and related pollen and nectar resources. *Journal of Applied Ecology*, 59(3), 860-871. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14102>
- Stefani, P., Häseli, A., & Weidmann, G. (2019). *Fiche technique : Les abeilles maçonnes, pollinisatrices efficaces.*
- Therond, O., & Tichit, M. (2017). *Les services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles, résumé de l'étude réalisée par l'INRA.*
- Thomas, R., Busti, D., Maillart, M., Poinot, J., & Mansion, D. (2018). *Petite flore de France : Belgique, Luxembourg, Suisse* (Nouvelle éd. mise à jour). Belin.
- UICN France. (2018). *Guide pratique pour la réalisation de listes rouges régionales des espèces menacées—Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration.*
- UICN & Museum national d'histoire naturelle. (2016). *Rapport d'évaluation : Liste rouge des espèces menacées en France, oiseaux nicheurs de France métropolitaine (2016).*
- UICN, Museum national d'histoire naturelle, Société française pour l'étude et la protection des mammifères, & Office national de la chasse et la faune sauvage. (2017). *Rapport d'évaluation : Liste rouge des espèces menacées en France, mammifères de France métropolitaine.*
- UICN, Museum national d'histoire naturelle, & Société Herpétologique de France. (2015). *Rapport d'évaluation : La liste rouge des espèces menacées en France, reptiles et amphibiens de France métropolitaine.*
- Union internationale pour la conservation de la nature & Comité français. (2018). *La liste rouge*

des espèces menacées en France : Flore vasculaire de France métropolitaine.

VinsVignesVignerons. (2022, août). *Le vignoble/L'Entre-Deux-Mers/Bordeaux/Régions*.
<http://www.vinsvignesvignerons.com/Regions/Bordeaux/L-Entre-Deux-Mers/Le-vignoble>

Vin-Vigne. (2015). *Vignoble de France*. <http://www.vin-vigne.com/vignoble/vin-sud-ouest.html>

Annexes

	BLOC 3						BLOC 2						BLOC 1						
	PI	BIO	RES1	RES2	RES1	RES2	RES1	BIO	PI	RES2	BIO	PI	BIO	PI	RES2	BIO	PI	RES2	RES1
F	P36	P33	P30	P27	P24	P24	P21	P18	P18	P15	P12	P9	P6	P6	P3				
O	R5	R2	R5	R5	R5	R2	R5	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2
R	N71	N66	N60	N54	N48	N47	N42	N36	N35	N30	N24	N18	N12	N11	N6				
Ê																			
T																			
C	P35	P32	P29	P26	P23	P23	P20	P17	P17	P14	P11	P8	P5	P5	P2				
E	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5
N	N70	N64	N58	N52	N46	N45	N40	N34	N33	N28	N22	N16	N10	N9	N4				
T																			
R																			
E																			
V	P34	P31	P28	P25	P22	P22	P19	P16	P16	P13	P10	P7	P4	P4	P1				
I	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2
L	N68	N62	N56	N50	N44	N43	N38	N32	N31	N26	N20	N14	N8	N7	N2				
L																			
E																			

P = placette ; R = rang et N = nichoir

Remarque : Trois nichoirs pédagogiques supplémentaires au niveau du rang 6 BIO BLOC 3 (ville, centre et forêt), voir trait rouge en pointillé sur tableau

Annexe 1 : plan des nichoirs à abeilles sauvages dans la parcelle à Wintzenheim

Comptage annuel (3 relevés/an) de 2019 à 2021

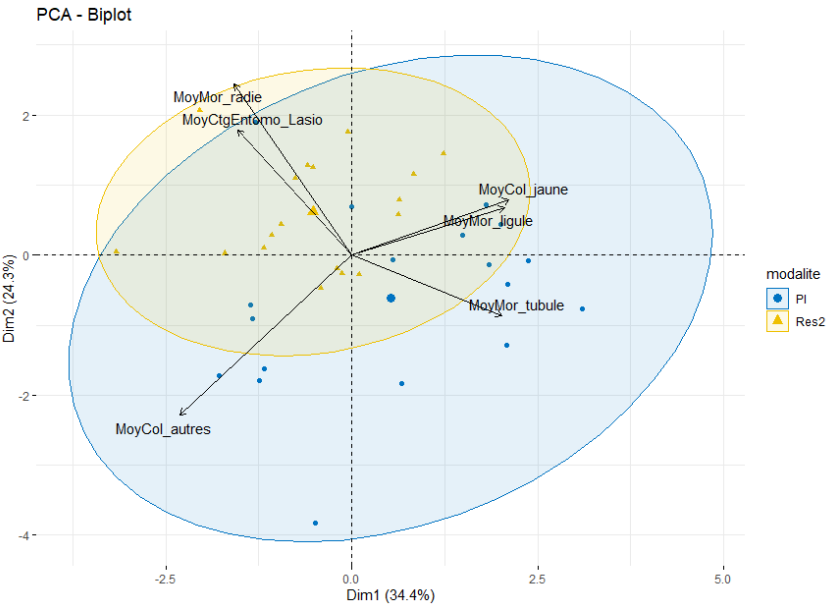
Comptage annuel	2019	2020	2021
Lasioglossum	106	121	161
Panurgus	18	20	14
Halictus	15	32	112
Hyménoptères	203	221	368
Diptères	10	31	94
Hyménoptères + diptères	213	252	462

Annexe 2 : comptage annuel des abeilles sauvages, des hyménoptères et des diptères de 2019 à 2021

Abeilles sauvages P/R aux pollinisateurs annuel	2019	2020	2021
Lasioglossum (%)	50	48,0	34,8
Panurgus (%)	8,5	7,9	3,0
Halictus (%)	7,1	12,7	24,2

Annexe 3 : proportion annuelle des abeilles sauvages par rapport aux pollinisateurs présents dans la parcelle sur les 3 relevés de 2019 à 2021

Remarque : se référer à la légende, car le code couleur est différent du graphique 2019-2022



Annexe 4 : ACP Lasioglossum 2019-2021

Stades phénologiques repères de la vigne

Auteurs: Bernard Bloesch et Olivier Viret, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon

0


Débournement



00 (A)



00-01 (A)



01 (A)



05 (B)




09 (C)

1

Développement des feuilles



10 (D)



11 (D-E)
Première feuille étalée et écartée de la pousse



12 (E)
Deuxième feuille étalée



13 (E)
Trois feuilles étalées



14 (E-F)
Quatre feuilles étalées, stade 53 possible

5

Apparition des inflorescences



53 (F)



55 (G)



57 (H)

6

Floraison



61 (I)



62-63 (I)



65 (I)




67-69 (L)

7

Développement des fruits



71 (J)



73 (K)



75 (K)



77 (L)

8

Maturation des baies



81 (M)



83-85 (N)



89 (N)

Stades

Code BBCH	Code Baggolini
00 → 09	(A → C)
10 → 14	(D → F)
53 → 55	(F → H)
61 → 69	(I)
71 → 77	(J → L)
81 → 89	(M → N)

Sources

- Baggolini M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Revue suisse d'Agriculture et d'Arboriculture* 8 (1), 4-6.
- Lancelotti P. D., Benninger H., Van den Broek H., Langshädeldecker, Süsses R., Viret O. & Willeminger A., 1991. A uniform system for describing grape phenology and vine development. *Acta Hort.* 119, 591-601.
- Bloesch B. & Viret O., 2008. Stades phénologiques repères de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 40 (6): I-IV.

Photographies: Giorgio Siorzi