



HAL
open science

Caractérisation de la flore dans le vignoble Alsacien pour évaluer la biodiversité floristique et les services écosystémiques rendus

Ophélie Jezequel, Chantal Rabolin-Meinrad

► To cite this version:

Ophélie Jezequel, Chantal Rabolin-Meinrad. Caractérisation de la flore dans le vignoble Alsacien pour évaluer la biodiversité floristique et les services écosystémiques rendus : Évaluation du niveau de stress d'une parcelle de vignoble impactée par différents facteurs. Sciences de l'environnement. 2018. hal-02909970

HAL Id: hal-02909970

<https://hal.inrae.fr/hal-02909970>

Submitted on 31 Jul 2020

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

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

Caractérisation de la flore dans le vignoble Alsacien pour évaluer la biodiversité floristique et les services écosystémiques rendus

Evaluation du niveau de stress d'une parcelle de vignoble impactée par différents facteurs



Ophélie JEZEQUEL

Mémoire de fin d'étude

Promotion 157

Année 2017-2018

Encadrante : Mme RABOLIN- MEINRAD Chantal

Co-encadrant : M SCHNEIDER Christophe

Responsable du module : M CLEMENT Jean-Didier

Tuteur : M FAUCON Michel-Pierre



Résumé

La viticulture est une culture phare en France. Au-delà de ses attraits culturels, c'est une des cultures les plus dépendantes en produits phytosanitaires avec un IFT de 12,5 (4,1 pour un blé) (PAIN, 2010). 80% des 19 traitements phytosanitaires moyens par an sont destinés à lutter contre le mildiou et l'oïdium (Agreste, 2014). Ces intrants entraînent des conséquences importantes sur l'environnement : la pollution des eaux, des conséquences sur la santé humaine et le déclin de la biodiversité ainsi que l'érosion de la diversité floristique (CLAVIEN *et al.*, 2006 ; RABOLIN *et al.*, 2017b). Pour maintenir le vignoble Française, des mesures pour augmenter et conserver la biodiversité dans les paysages viticoles ont été mis en place. Dans le cadre du projet PEPSVI, Mon stage de fin d'étude fut de caractériser l'impact que certains facteurs ont sur la composition floristique des différents compartiments d'une vigne et quels sont les services écosystémiques rendus. Pour cela, plusieurs campagnes de relevés floristiques ont eu lieu par an suivant des méthodes de « présence/absence » et de quantification par « recouvrement ». Le projet a été mené sur 11 sites d'Alsace de 2014 à 2018 suivant différents systèmes en différenciant le cavaillon du rang enherbé et du rang travaillé.

Les résultats démontrent une certaine hétérogénéité de richesse spécifique entre les différents sites. Les facteurs impactant le plus cette richesse spécifique sont l'itinéraire technique et la climatologie en fonction de la localisation des parcelles. De plus, la distance de la parcelle de vigne avec les éléments adjacents (naturels et anthropiques) semblent impactée la composition floristique à l'inverse des différents systèmes de production. Les familles botaniques les plus représentées des relevés floristiques sont les Poacées, les Astéracées et les Fabacées. Ces deux dernières familles ont une forte valeur pollinisatrice et peuvent jouer un rôle au sein du vignoble si elles sont bien entretenues (RABOLIN *et al.*, 2017b ; URCPIE, 2013).

Abstract

Viticulture is a flagship crop. Beyond its cultural attractiveness, it is one of the most phytosanitary product dependent crop with a Treatment Frequency Index of 12.5 (4.1 for wheat) (PAIN, 2010). 80% of the 19 average phytosanitary treatments per year are intended to fight mildiou and oïdium disease (Agreste, 2014). Those input lead to serious consequences for environment: water pollution, human health effects and biodiversity decline as well as floral diversity loss (CLAVIEN *et al.*, 2006 ; RABOLIN *et al.*, 2017b). To maintain French vineyard, measures to increase and preserve wine-growing landscape biodiversity have been made. In the PEPSVI project, my internship purpose was to characterized factors impact on the vine compartment of floristic composition and which ecosystem service are provided. Several floristic survey were carried out per year with "presence/absence" and "recovery" quantification methods. This project was conducted on 11 Alsace sites from 2014 to 2018 with different agricultural system on the grapevine row, the inter-row sown with grass and the tilled inter-row.

Results showed some level of heterogeneity of specific richness between sites. The most specific richness influencing Factors were technical operations and climatology depending of the parcels location. Moreover, the distance between a vineyard plot and the naturals/anthropogenic elements seems to impact the floristic composition in contrast to agricultural systems. The most flora families represented were Poaceae, Asteraceae and Fabaceae. Those two last families may provide pollination ecosystem services if they are well managed (RABOLIN *et al.*, 2017b ; URCPIE, 2013).

Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier Chantal Rabolin et Christophe Schneider qui m'ont accompagné et aidé tout au long de mon stage. Merci pour leur générosité, leurs bons conseils et d'avoir partagé leur passion de la botanique.

Merci à Christian Bockstaller ainsi qu'à toute l'équipe AGISM pour m'avoir accueillie et aidé dans la réalisation de mon rapport. Je remercie le projet PEPSVI et toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de celui-ci. Merci à Nathalie Carnovale pour sa gentillesse, ainsi qu'à tous les autres occupants de la « serre » : Marie Thiollet-Scholtus, Julie Wohlfahrt, Olivier Thérond, Anne Poutaraud, Aimé Blatz, Rémi Kohler... J'ai pu ainsi découvrir le travail au sein d'une équipe de recherche et acquérir de nombreuses connaissances dans le domaine de l'agro-écologie.

Merci à Michel Pierre FAUCON pour m'avoir encadrée sur différents projets au cours de mon master ASET dont ce stage de fin d'étude, pour sa disponibilité et sa gentillesse. Je remercie également mon école UniLasalle Beauvais pour l'enseignement des professeurs qui m'ont vu grandir et gagner en maturité durant ces 5 dernières années. Je remercie le corps enseignant de la spécialité ASET qui m'a accompagné durant ces deux dernières années et qui m'ont beaucoup aidé dans la recherche de mon projet professionnel.

Merci à l'équipe des non-permanents pour leur bonne humeur à chaque repas de midi près de notre jardin partagé. Je tiens particulièrement à remercier Alix et Bruno pour leurs conseils sur mon projet et Eve, Renaud et Manon pour l'utilisation du logiciel R et des choix des tests statistiques adéquats.

Mille fois merci à Anouk et Caroline avec qui j'ai partagé le même bureau pendant ce stage. Merci pour les rires et discussions partagés ensemble ainsi que de m'avoir soutenu dans les moments difficiles.

A Anouk, Emmanuelle et Mélanie, avec qui je partageais mes soirées au sein des logements de l'INRA et qui ont fait de cet endroit, une « coloc » remplie de souvenirs chaleureux.

Je remercie toutes les personnes externes qui ont accepté de m'assister dans la réalisation et la relecture de ce rapport.

Mots clés :

Agriculture durable, agronomie, auxiliaire, biodiversité, durabilité, enherbement, flore, indicateur, pollinisation, pratique agricole, produit phytosanitaire, relevé floristique, système écosystémique, vin, viticulture

Crédit photos :
JEZEQUEL 2018

BERTHELOT, 2014; Quelestcetanimal, 2011; LAURENCE, 2017 ; COACOLO, 2017

Table des matières

Résumé	1
Abstract	1
Remerciements	2
Mots clés :	2
Table des matières	3
Table des illustrations	5
Liste des tableaux.....	6
Liste des annexes.....	6
Abréviations :	7
Glossaire :	8
Introduction.....	9
Synthèse bibliographique.....	10
I. Culture pérenne : vignes septentrionales.....	11
I.1. Demande mondiale et nationale	11
I.2. Vignes Alsaciennes et cépages	12
I.3. Influence des pesticides, pouvoir sur le rendement et la biodiversité	13
I.3.1. Pesticides : Efficacité, dépendance et impacts	13
I.3.2. Effets sur l’environnement.....	14
II. Le concept de biodiversité	16
II.1. Rôle de la biodiversité en agriculture et services écosystémiques.....	16
II.2. Evaluation environnementale (indicateurs)	17
II.3. La pollinisation.....	18
II.3.1. Principaux pollinisateurs	19
II.3.2. Rôle des pollinisateurs sur les cultures	20
II.3.3. I FLOVI®.....	21
II.4. Alternatives et innovation ; enherbements des rangs des vignes	22
III. Systèmes de culture innovants : PEPSVI	24
III.1. Contexte du projet.....	24
III.1. Caractérisation de la flore locale	25
III.2. Facteurs explicatifs du comportement des communautés végétales.....	26
III.3. Etat des connaissances	26

Matériels et méthodes	28
I. Constitution du réseau de parcelle	29
II. Relevés floristiques : méthodologie	31
III. Traitement de données	33
Résultats et Discussion	34
I. Résultats.....	35
I.1. Présence/Absence	35
I.1.1. Facteurs liés à la parcelle	36
I.1.2. Facteurs liés à l’environnement adjacent	38
I.1.3. Facteurs caractéristiques des communautés végétales	40
I.1.4. Indices de biodiversité	42
I.2. Recouvrement	43
II. Discussion.....	45
III. Perspectives et points d’amélioration de l’étude	49
Conclusion	50
Références bibliographiques :.....	51
Annexes	63

Table des illustrations

Figure 1 - Production de vin par département en 2014 (Data-gouv, 2014).....	11
Figure 2 - Répartition du vignoble en Alsace (INRA, 2010a)	12
Figure 3 - Les pesticides voyagent et contaminent l'environnement (Mas Mauran, 2018)	14
Figure 4 - Indice de fréquence de traitement pour quelques productions en France (en nombre de doses par ha) (INRA, 2016).....	15
Figure 5 - Une abeille domestique (à gauche) et une abeille sauvage (à droite) (RABOLIN-MEINRAD ®, 2018).....	19
Figure 6 - Un bourdon terrestre Figure 7 - Un syrphe (RABOLIN-MEINRAD ®, 2018)	19
Figure 8 - Schéma des 3 compartiments pris en compte dans le calcul de l'indicateur (RABOLIN-MEINRAD <i>et al.</i> , 2017a).....	21
Figure 9 - Enherbement un rang sur deux (Semfor, 2018).....	23
Figure 10 - Vue aérienne des parcelles du projet PEPSVI (BUCHMANN, 2016)	29
Figure 11 - Courbe aire-espèce de CLAVIEN, 2005 (MERLEN, 2015).....	31
Figure 12 - Les différentes composantes du vignoble (MERLEN, 2015).....	32
Figure 13 - Répartition des quadras sur les parcelles de Wintzenheim (répétition n°2) (BUCHMANN, 2016).....	32
Figure 14 - Evolution de la richesse spécifique totale des parcelles PEPSVI de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés	35
Figure 15 - Richesse spécifique moyenne des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés	36
Figure 16 - Itinéraire technique des sites PEPSVI de 2014 à 2017	37
Figure 17 - Richesse spécifique moyenne totale des différents compartiments de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés.....	37
Figure 18 - Richesse spécifique moyenne des différents compartiments de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés	37
Figure 19 - Richesse spécifique moyenne par modalité de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés.....	38
Figure 20 - Richesse spécifique moyenne par famille biologique avec le nombre d'espèces par famille présentes sur PI 2014 et non BIO 2018 (encadré vert) et présentes sur BIO 2018 et non sur PI 2014 (encadré rouge).....	38
Figure 21 - Richesse spécifique moyenne totale considérant l'environnement bordant les sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés.....	39
Figure 22 - Richesse spécifique moyenne en fonction de l'environnement bordant les sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés	39
Figure 23 - Répartition des familles botaniques des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés	40
Figure 24 - Répartition des types de Raunkier des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés ..	41
Figure 25 - Répartition des stratégies de Grime des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés	41
Figure 26 - Pourcentage du recouvrement des différents systèmes de Wintzenheim de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés.....	43
Figure 27 - Pourcentage du recouvrement total des systèmes de Wintzenheim de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés.....	43
Figure 28 - Pourcentage du recouvrement espèces de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés (sans prendre en compte le sol nu).....	43
Figure 29 - Répartition des familles botaniques de 2016 à 2018 en fonction du recouvrement à Wintzenheim	44

Liste des tableaux

Tableau 1 - Caractéristiques des sols des sites PEPSVI (RABOLIN-MEINRAD et al, 2017b).....	30
Tableau 2 - Description des systèmes et caractéristiques des sites PEPSVI (BUCHMANN, 2016)	30
Tableau 3 - Nombre d'espèces totales recensés entre 2014 et 2018	35
Tableau 4 - Espèces dominantes de la Présence/Absence des 11 sites systèmes de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés.....	42
Tableau 5 - Calcul des indices de Sorensen de 2014 à 2018	42

Liste des annexes

Annexe A - Classification des services écosystémiques (MA, 2005) et Services écosystémiques perçus et assurés par les agro-écosystèmes (ZHANG <i>et al.</i> , 2007).....	63
Annexe B - Base de données I FLOVI® pour l'indice de pollinisation	64
Annexe C - Base de données finale I FLOVI® de l'action des herbicides en fonction des valeurs pollinisatrices, des valences écologiques, de la taille de la graine, de la biologie et de la floraison de l'espèce.....	64
Annexe D - Base de données I FLOVI® pour l'indicateur patrimonial	64
Annexe E - Concentration en pesticides et métabolites en Alsace en 2017 (ERMES, 2016)	65
Annexe F - Espèces dominantes des parcelles PEPSVI présentes dans le vignoble alsacien (Tela Botanica, 2018).....	66
Annexe G - Le triangle des stratégies C-S-R de Grime (1977). C représente les espèces compétitrices, S, les espèces tolérantes au stress et R, les espèces rudérales	67
Annexe H - Les types biologiques de Raunkier.....	67
Annexe I - Localisation des sites PEPSVI	68
Annexe J - Distance des sites Ribeau_AB et Chât_AB avec les éléments naturels/anthropiques	68
Annexe K - Climatologie entre les sites de Châtenois et Ribeauvillé	69
Annexe L - Dendrogramme des indices de Sorensen.....	69

Abréviations :

% : pourcentage

AGISEM : indicateurs agri-environnementaux et évaluation multicritère

BIO : Production biologique

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

ha : Hectare

IFT : Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires

IFV : Institut Français de la Vigne

INDIGO : « Indicateurs de Gestion Optimisée »

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

INT : Intégré

m² : Mètre carré

Mhl : millions d'hectolitres

PEPSVI : Plateforme d'Evaluation des Performances de Systèmes Viticoles Innovants

PI : Production intégrée

PNSE : Plan National Santé Environnement

RES1 : Production résistante 1

RES2 : Production résistante 2

Glossaire :

Bioagresseur : organismes attaquant certaines plantes cultivées et susceptibles de causer des pertes économiques.

Biocénose : regroupe les êtres vivants d'un biotope, d'un milieu donné.

Cavaillon : bande de terre que laisse la charrue vigneronne sur la ligne des pieds de vigne mais qu'enlève la charrue décavaillonneuse.

Cep : Tronc et branchage d'un pied de vigne

Cépage : considéré comme le fruit d'un type de vigne spécifique. Le terme scientifique approprié pour désigner le cépage est «variété» de plant de vigne ou raisin.

Enherbement : zone en herbe basée sur le développement plus ou moins maîtrisé de la flore spontanée (DELABAYS, 2006).

Hersage : travail du sol brisant les mottes et égalisant la surface.

Inter-rang : zone située entre deux rangs de vigne.

Intercep : travail de l'espace au sol entre les ceps

Messicole : plantes annuelles à germination préférentiellement hivernales habitant dans les moissons (JAUZEIN, 1997).

Millésime : en viticulture, date marquant l'année de fabrication d'un vin.

Mulchage : paillage organique

Néophyte : plante non-indigène dont l'arrivée sur le territoire considéré est postérieure à 1500 ans après J.-C (PYSEK *et al.*, 2004).

Richesse spécifique : nombre d'espèces présentes.

Septentrional : qui concerne les régions du Nord ou l'hémisphère Nord.

Introduction

Au cours du XX^{ème} siècle, les pratiques culturales ont beaucoup évolué et ont contribué à répondre à la demande de la PAC : mettre en place une autosuffisance alimentaire en Europe (MARSHALL *et al.*, 2006). Une intensification de l'agriculture a alors eu lieu et a entraîné un déclin de la biodiversité des terres agricoles. En 1992, la conférence de Rio de Janeiro « Sommet de la Terre » a pour objectif de avertir au sujet de l'avenir de la terre et promeut le développement durable, notion encore floue à l'époque. Il en découle une prise de conscience mondiale des problèmes liés à la protection de la biodiversité.

Depuis, l'Union Européenne a mis en place des mesures pour améliorer les relations étroites entre agriculture et biodiversité dans les paysages agricoles et viticoles (BRUGGISSER *et al.*, 2010 ; ROCHARD *et al.*, 2014, SENTENAC *et al.*, 2011). En France, la viticulture est « intensive, grande consommatrice de produits phytosanitaires et peu intéressante pour la biodiversité » (BUTAULT *et al.*, 2010 ; PAIN, 2010). Elle occupe seulement 4% de la surface agricole et consomme pourtant 20% de la quantité totale des produits phytosanitaires nationaux. La vigne, *Vitis vinifera*, est une plante très sensible aux maladies, notamment en présence de forte humidité, favorable au développement de champignons (GINESTET, 2016). La viticulture aurait également des conséquences sur la pollution des sols et des eaux, sur la santé humaine ou encore sur la biodiversité floristique en contribuant à l'érosion de la diversité floristique (DELABAYS, 2006). Un des objectifs prioritaire dans ce domaine devient alors le maintien de la vigne en assurant la durabilité des agrosystèmes viticoles (IFV, 2016 ; ROCHARD *et al.*, 2014).

Par ailleurs, le « Sommet de la Terre » a aussi contribué à la réalisation d'un inventaire des rôles de la biodiversité dans les services rendus à la société, résultant des travaux du Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2005). Parmi ces rôles, la pollinisation, acteur majeur des agrosystèmes. Au niveau mondial, 35% des cultures alimentaires dépendent des pollinisateurs et, en 2005 les avantages économiques de la pollinisation étaient estimés à 153 milliards de dollars, soit près de 10% de la valeur totale de la production alimentaire (Jardin des Plantes, 2018). Cependant, un déclin des populations de pollinisateurs a été constaté en Europe avec des répercussions sur les activités humaines (production de fruits et légumes, apiculture) (BUREAU, 2016 ; GRIGNION, 2012).

Entre 2007 et 2009, le plan ECOPHYTO II (engagé par le Grenelle de l'environnement puis par le PNSE 2) est instauré en France et vise à diminuer et sécuriser l'utilisation des produits phytosanitaires (DELIERE *et al.*, 2016). L'INRA est un organisme public national à caractère scientifique et technologique dédié à la recherche et l'innovation dans divers secteurs comme l'agriculture, l'environnement et l'alimentation. En réponse au plan ECOPHYTO II, il a mis en place des axes de recherche autour de la réduction des intrants en agriculture. Ainsi, l'INRA de Nancy-Colmar étudie l'impact de ceux-ci en viticulture et entre-autre comment les remplacer par des aménagements écologiques comme par exemple les bandes enherbées d'espèces spontanée ou semée remplissant des services écosystémiques.

Synthèse bibliographique

I. Culture pérenne : vignes septentrionales

La culture de la vigne trouve ses origines en Asie mineure et fait partie des plantes les plus anciennes sur Terre (FranceAgriMer, 2018). Elle se développe en France vers 600 avant JC. et connaît une importante expansion au IX^{ème} siècle, époque du moyen-âge. De nos jours, la vigne couvre près de huit millions d’hectares dans le monde. La France est l’un des piliers de la production de vin et était second producteur en 2016 avec 41,9 millions d’hectolitres (Mhl) derrière l’Italie. Tout d’abord, la viticulture sera présentée de façon générale jusqu’à la production Alsacienne puis, nous traiterons des pesticides, de leurs utilisations en vigne et des effets sur l’environnement.

I.1. Demande mondiale et nationale

Le vin est une des boissons les plus exportées et commercialisées à l’échelle internationale (Planetoscope, 2018). En 2016, la consommation mondiale de vin s’élevait à 242 Mhl et représentait 28,9 milliards d’euros. Cinquante pourcent de la production mondiale est consommé par les Etats-Unis (13 %), la France (12 %), l’Italie (9 %), l’Allemagne (8 %) et la Chine (7 %). En 2017, l’Italie était le premier producteur mondial de vin avec une production de 39,3 Mhl suivi de la France (36,7 Mhl) et de l’Espagne (33,5 Mhl). On remarque une baisse de rendement pour la France en 2017 causés par des aléas climatiques. L’Espagne est le premier exportateur mondial de vin en volume, devant l’Italie et la France. L’Allemagne et le Royaume-Uni sont quant à eux les premiers pays importateurs.

La France produit 16 % du vin de la planète. Elle est la boisson alcoolisée la plus consommée en France. Il est le second secteur d’exportation après l’aéronautique et devant la chimie/parfumerie. Dix-sept régions viticoles existent en France et les différences de terroirs aux multiples cépages favorisent une grande diversité de vins (CEnologie, 2018). Les plus productives sont la Gironde et la Charente-Maritime (côte Atlantique) ainsi que l’Aude, l’Hérault, le Gard et le Vaucluse (côte méditerranéenne) (figure 5).

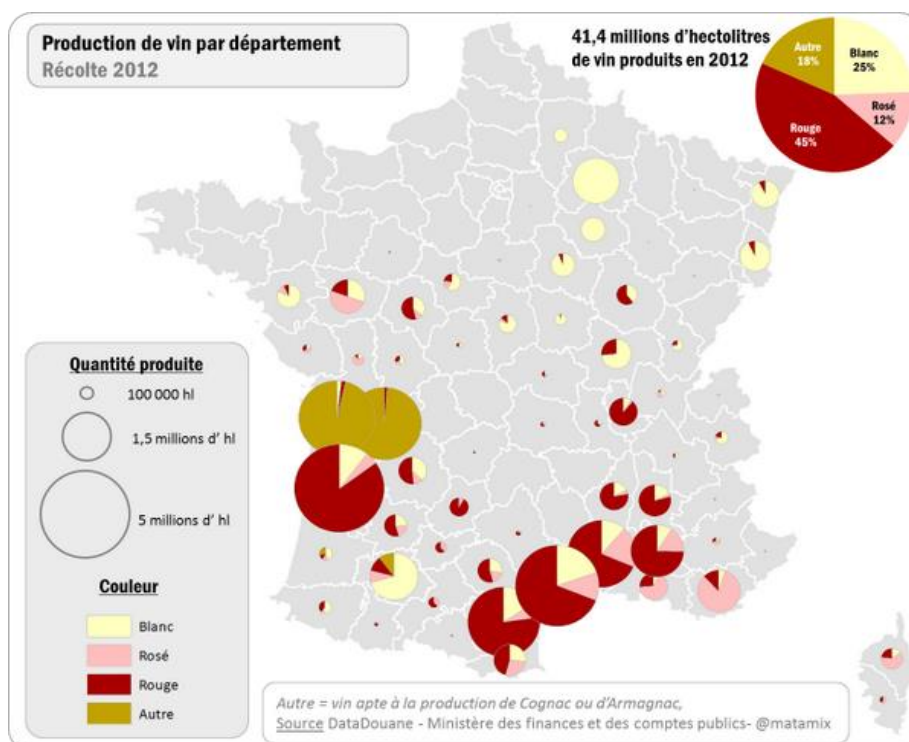


Figure 1 - Production de vin par département en 2014 (Data-gouv, 2014)

I.2. Vignes Alsaciennes et cépages

Le vin d'Alsace est produit sur les départements du Haut-Rhin (68) et du Bas-Rhin (67) (figure 6). Sur un vignoble qui couvre 15 600 hectares classés en AOC-AOP (CIVA, 2015 ; Vin-Vigne, 2018). En 2009, 4 700 viticulteurs sont répertoriés dont 41% de producteurs négociants, 39% de coopératives et 20% de vigneron indépendants. Cette année, la production s'élève 1, 17 Mhl.

Les sols du vignoble Alsacien sont composés de calcaires, de granites, de schistes, de gneiss et de grès (Vin-Vigne, 2018). La région bénéficie d'un climat de type tempéré-continentale. C'est un facteur important puisqu'il favorise le développement de la culture et ainsi la qualité du vin. Mais, étant situées aux pieds du massif Vosgien, certaines zones de la région jouissent d'un microclimat, se retrouvant abritées des influences océaniques. Cela a pour effet de diminuer la pluviométrie, faisant de la région une avec le moins de précipitation en France (de 500 à 600mm d'eau par an). De plus, la localisation des vignes sur le flanc des collines sous-vosgiennes leur assure un ensoleillement idéal (entre 1600 et 1800h/an de soleil) et donc une maturité optimale du raisin.

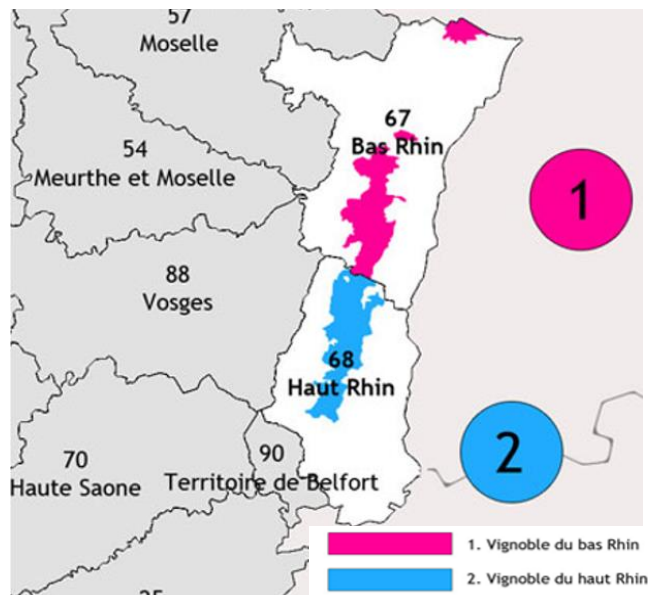


Figure 2 - Répartition du vignoble en Alsace (INRA, 2010a)

Quatre-vingt-onze % de la production en Alsace correspond à des cépages de vins blancs, soit 18% de la production nationale de vins blancs AOC (hors effervescents) (CIVA, 2015 ; FranceAgriMer, 2018). Soixante-dix % de la production de vins blancs Alsaciens sont des vins secs et doux et 21% des mousseux. Les cépages sont : pinot-gris, pinot-blanc, riesling, gewurztraminer, sylvaner, auxerrois, chasselas et plusieurs muscats. Le reste de la production, correspond à un cépage de vins rouges : Pinot-noir (9%).

Il existe trois appellations d'origine contrôlée en Alsace (AOC) (GIROLT, 2011):

- Appellation « ALSACE » complétée par l'indication facultative d'un nom de cépage. Production de vins secs et fruités (75 % de la production).
- Appellation « CREMANT D'ALSACE » rassemblant 33 millions de bouteilles (21 % de la production totale).
- Appellation « ALSACE GRAND CRU » complétée par la mention du lieu-dit (terroir) et du millésime. Généralement, Elle comporte aussi la mention du cépage (4 % de la production totale).

I.3. Influence des pesticides, pouvoir sur le rendement et la biodiversité

Les pesticides sont des composés chimiques aux caractéristiques toxicologiques rassemblant fongicides, herbicides, raticides et insecticides (CNRS, 2018). Ils sont utilisés en agriculture pour lutter contre les plantes sauvages, les champignons et les animaux (ravageurs, rongeurs) jugés indésirables ou nuisibles pour les cultures. Les produits présents sur le marché contiennent un ou plusieurs principes actifs et des produits de formulation (Quebec, 2018). Les pesticides apportent des bénéfices aux productions agricoles en protégeant les cultures contre les bioagresseurs ou stoppant certains vecteurs de maladies (CNRS, 2018). Cependant, tous ne remplissent pas entièrement leur emploi après épandage et une grande partie est dispersée dans l'atmosphère durant l'application, par évaporation ou par le transport des plantes par le vent ou dans le sol. Des conséquences sont alors relevées et provoquent des risques sanitaires et environnementaux impactant l'homme et la biodiversité.

I.3.1. Pesticides : Efficacité, dépendance et impacts

Les premiers usages des pesticides sur les cultures remonte à l'antiquité (CNRS, 2018 ; COOPER *et al.*, 2007). Ces produits se sont développés continuellement et ont été le sujet de nombreuses recherches. Après la seconde guerre mondiale, quand le monde a connu une accélération des innovations technologiques où les principaux objectifs étaient de reconstruire et de produire en masse, l'utilisation des pesticides en agriculture s'est normalisée. De 1954 à 1985, la consommation de pesticides a doublé tous les dix ans (TPE-Pesticides, 2018). Les pesticides ont fait l'objet d'un énorme progrès dans la maîtrise des ressources alimentaires et l'amélioration de la santé publique (lutte anti-insectes, vecteurs de maladies). La productivité élevée de ce domaine a favorisé l'exportation sur le marché international et l'augmentation d'envoi de denrées dans les pays peu développés. La lutte contre les maladies et les ravageurs de cultures par les pesticides ont amené une certaine stabilité de production de masse. De plus, l'augmentation de rendements des terres agricoles ont contribué à la limitation de la déforestation (INRA, 2009 ; TPE-Pesticides, 2018). Leur utilisation a permis de préserver jusqu'à 50% de la surface de forêt actuelle estimés par les experts. Un grand nombre de maladies parasitaires meurtrières ont été éradiquées et leur propagation, limitées.

Il s'avère que, si les pesticides sont apparus bénéfiques dans un premier temps, leurs effets secondaires nocifs ont été rapidement mis en évidence (CNRS, 2018). Durant les années 70, comme vu dans la première partie de ce mémoire, la flore indigène a quasiment disparu des champs entraînant des répercussions sur la chaîne alimentaire (CASSIER, 2012). Certaines espèces d'invertébrés se sont éteints et ont provoqué la chute démographique d'oiseaux qui constituaient leur réserve alimentaire. Il en est de même pour les pollinisateurs qui voient leur nombre s'effondrer. Aussi bien que dangereux pour la biodiversité, il a été démontré que la santé de l'homme est remis en cause après inhalation des substances (CNRS, 2018 ; INRA, 2009). La contamination peut avoir lieu en respirant les produits chimiques ou par le transfert des aliments ou l'eau. « Le code de la santé publique a fixé une limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine tolérant 0,1 µg/l pour une substance et 0,5 µg/l pour la somme des substances mesurées à l'eau du robinet » (ERMES, 2016).

1.3.2. Effets sur l'environnement

Depuis quelques années, des recherches mettent en lumière les conséquences néfastes qu'apporte l'utilisation des pesticides (BÜNEMANN *et al.*, 2018 ; ERMES, 2016). En effet, malgré une production contrôlée et des rendements importants, les pesticides ont un impact conséquent sur la santé humaine et sur l'environnement.

D'un point de vue sanitaire, les risques multiples et multifactoriels concernent les consommateurs, les riverains des cultures et les travailleurs d'exploitations (ERMES, 2016). On retrouve des traces de produits chimiques dans les aliments, l'air et l'eau (Figure 7). De multiples maladies résultent de cette pénétration dans le corps humain tels que des cancers, une perturbation endocrinienne ou encore la libération de toxines. Des études menées entre 1997 et 2009 par L'ANSES (Agence Nationale française de Sécurité Sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a démontré que « les effets de l'exposition professionnelles aux pesticides chez les ouvriers viticoles girondins présentaient des performances cognitives altérées » (GINESTET, 2016).

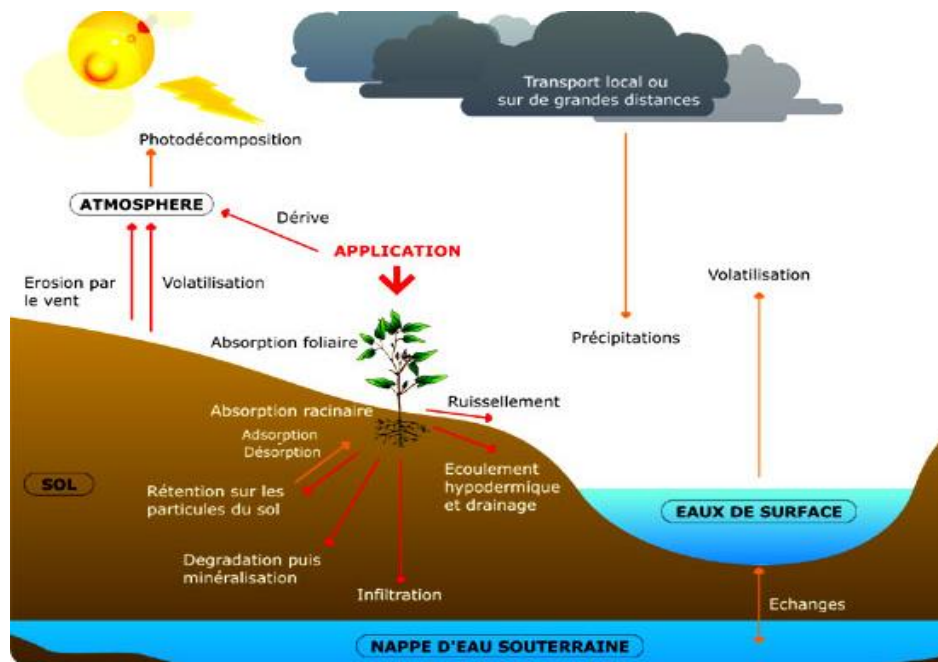


Figure 3 - Les pesticides voyagent et contaminent l'environnement (Mas Mauran, 2018)

Estimer l'impact d'une pollution liée aux pesticides sur les écosystèmes s'avère souvent difficile puisqu'il en existe un millier de familles (CNRS, 2018 ; INRA, 2016). Dotés de comportements différents et utilisés à faibles doses, leurs effets dépendent du mode d'action et de leur persistance dans le temps. Dans le cas où une molécule est lente à se dégrader, elle crée des sous-produits parfois plus toxiques et qui se dégradent moins vite que le composé initial. Leurs effets sur le vivant (hommes, animaux, flores) sont encore peu connus.

L'environnement est également menacé par la rémanence des pesticides qui mettent quelques heures à quelques années pour disparaître se transformant ou se dégradant en de multiples métabolites dont on ne connaît pas la dangerosité (ERMES, 2016 ; LESCOT *et al.*, 2013). Certains peuvent avoir un impact sur le milieu aquatique (flore, faune), sur l'air, sur la biodiversité et sur le sol ou encore se retrouver dans la chaîne alimentaire quand ils sont très persistants.

Il en est de même en Alsace où la nappe phréatique confirme une pollution élevée par la présence d'une grande diversité de molécules. En effet, 900 tonnes de substances actives sont utilisées en 2016 dans la région. En 2017, l'APRONA, l'observatoire de la nappe d'Alsace a conduit des expérimentations pour regarder les taux de concentration de pesticide dans la nappe phréatique (ERMES, 2016). Presque 30% des points de mesures en nappe phréatique présentent des concentrations en pesticides supérieures aux limites de qualité de 0,1 µg/l (Annexe E). Des actions volontaires et réglementaires ont été mises en œuvre depuis 2009 pour améliorer les pratiques agricoles locales.

Il en résulte un dérèglement accéléré des processus écosystémiques qui régule entre-autre l'agriculture. Ainsi, de nombreuses espèces indésirables dans les champs (dont les messicoles) disparaissent définitivement de nos paysages et la mortalité de certains auxiliaires de culture est accrue. C'est le cas pour les pollinisateurs, malgré leur statut d'auxiliaires et leur action bénéfique dans le maintien de la diversité des cultures et de la flore spontanée, qui ont été négativement affectés au cours des dernières décennies par l'intensification agricole (DECOURTYE *et al.*, 2007 ; TASEI, 1996). L'utilisation croissante des intrants en une des causes principales mais pas seulement.

En effet, l'uniformisation des modes d'occupation des terres, la disparition des prairies et des cultures fourragères traditionnelles (luzernes, sainfoin...) au profit des céréales et la mécanisation des pratiques en sont également (DECOURTYE *et al.*, 2007). « Les populations d'abeilles domestiques ont chuté entre 1985 et 2005 de 25% en Europe » (ALLSOPP *et al.*, 2014). Cet effondrement des colonies à l'échelle internationale a entraîné une « crise de la pollinisation ». Les services rendus par les pollinisateurs sont désormais limités, et les rendements et la qualité des récoltes pourraient en être affectés.

La tendance se confirme en viticulture puisque l'utilisation des pesticides a des conséquences graves sur l'eau, le sol et la biodiversité (GINESTET, 2016). Avec l'un des Indices de fréquence de traitement (IFT) le plus élevé (12,5 en 2016), la vigne reste une culture très dépendante des produits phytosanitaires (figure 8). Mais l'un des problèmes majeurs vient de la fragilisation des sols (herbicides, fongicides). Le sol est alors privé de ses qualités organique, fragile et appauvri augmentant la demande en intrants pour être productif. Ainsi, bien qu'étant une culture non entomophile, la vigne peut devenir une culture à risque pour la biodiversité floristique et animale (exemple des butineuses de pollen) (TASEI, 1996). La filière viticole française tente de réduire l'usage dépendant des pesticides ; un défi pour cette culture emblématique de la gastronomie française, l'une des plus grosses utilisatrices d'intrants (LABEXCELL, 2012 ; LARV, 2018).

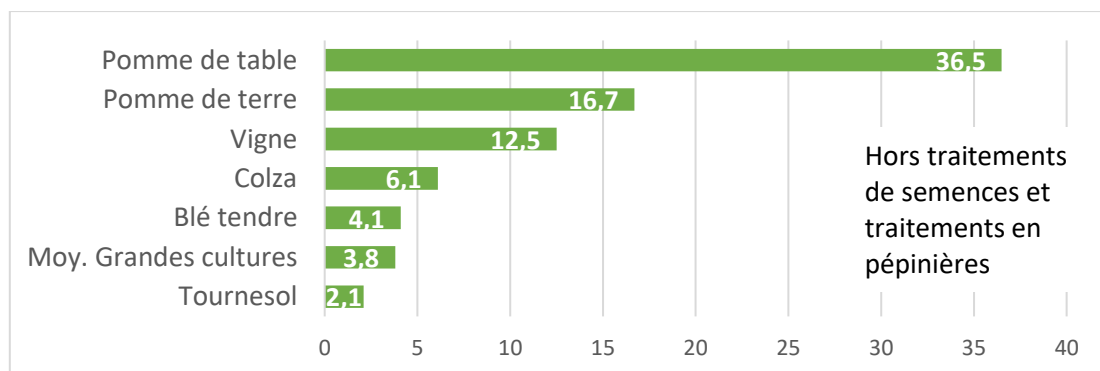


Figure 4 - Indice de fréquence de traitement pour quelques productions en France (en nombre de doses par ha) (INRA, 2016)

II. Le concept de biodiversité

Citée depuis l'Antiquité, la caractérisation de la diversité du vivant va connaître une rigoureuse évolution régit par le temps, marqués notamment par « la classification de Linné, la théorie de l'évolution dans les années 1800 jusqu'au développement de l'écologie autour de 1950 » (SABBAGH, 2008). Les concepts de « biodiversité » (popularisé par le Sommet de la Terre de Rio en 1992), de « diversité fonctionnelle » et de « service écosystémique » sont apparus par la suite. La biodiversité correspond à l'ensemble de toutes les formes de vie (animales et végétales), les relations qui existent entre-elles et avec les écosystèmes évoluant sur Terre (ROVILLE, 2018 ; VEDURA, 2018). Elle englobe trois niveaux d'organisation du vivant : la diversité écologique (ou diversité des écosystèmes), la diversité génétique (ou intra-spécifique) et la diversité spécifique (diversité des espèces ou interspécifique) (HILL *et al.*, 2005 ; SABBAGH, 2008).

Aujourd'hui, la biodiversité fait partie intégrante des débats autour du Développement Durable, impliquant questions économiques, sociales et environnementales. C'est le cas en agriculture où la biodiversité a un rôle prédominant pour le maintien des productions actuelles.

II.1. Rôle de la biodiversité en agriculture et services écosystémiques

Au regard de l'ensemble des secteurs d'activités, l'agriculture entretient des relations étroites avec la biodiversité floristique (ROCHARD *et al.*, 2014 ; SABBAGH, 2008). La production agricole implique dans de nombreux cas d'orienter et de contrôler les biocénoses des zones qu'elle exploite. L'interaction entre agriculture et biodiversité floristique est donc une problématique récurrente en termes de cohabitations et de compromis. En France, les zones agricoles représentent 60% de l'espace. Les récentes préoccupations quant à l'évolution défavorable de la survie de certaines espèces, aussi appelé l'érosion de la biodiversité, se focalisent sur la destruction et la transformation des habitats naturels. Le bilan 2017 confirme la richesse du patrimoine naturel en France et la responsabilité internationale qu'elle lui confère, notamment pour les 16 773 espèces qui ne sont présentes que sur notre territoire (endémique) (ONB, 2017). En agriculture, la conduite d'exploitation peut apporter des effets bénéfiques sur la biodiversité floristique à différentes échelles. Ils peuvent être nombreux via des services « écosystémiques » rendus au sein des espaces agricoles (Annexe A).

Les services écosystémiques reposent sur des fonctions écologiques qui améliorent ou maintiennent le bien-être humain (DAILY, 1997). Ils peuvent être classés en 4 catégories (MA, 2005):

- Les services de prélèvements (fourniture de nourriture, d'eau...)
- Les services de régulation (climat, inondations, qualité de l'eau...)
- Les services culturels (procurent des bénéfices récréatifs, esthétiques)
- Le cycle nutritif

Ces différents services peuvent être antagonistes entre eux et ainsi générer des conflits entre acteurs (HILL *et al.*, 2005 ; SOUSSANA, 2013). L'érosion de la biodiversité et la dégradation des écosystèmes engendrent la disparition de services dont bénéficie l'homme. Certains, comme la fertilité des sols, affectent dangereusement la production agricole, d'autres sont moins directs, comme les services rendus par les insectes auxiliaires des cultures (pollinisateurs). Leur durabilité peut nécessiter des actions de préservation : la limitation de l'érosion des sols ou la conservation de ressource génétique.

Plusieurs causes sont considérées comme responsables de l'érosion de la biodiversité comprenant la destruction, la dégradation et la banalisation des milieux naturels, la diffusion de pollutions et la pression exercée sur ces espaces (BÜNEMANNA *et al.*, 2018 ; ONB, 2017). L'agriculture a également eu un « impact non négligeable sur les communautés de plantes sauvages, anciennement adventices, au sein des cultures » (ONB, 2017). Ces plantes, s'ajoutant de façon spontanée à un peuplement végétal auquel elle est initialement étrangère, entrent en compétition avec les cultures en place pour les éléments minéraux, la ressource hydrique et la lumière (PRIEUR, 2009 ; FRIED, 2009). A ce terme s'ajoute celui de « messicole » qui correspond aux plantes annuelles à germination préférentiellement hivernales habitant dans les moissons (JAUZEIN, 1997). Ces plantes à forte valeur patrimoniale ont drastiquement régressé dans nos paysages et pourraient disparaître définitivement. Une réduction importante de la biodiversité floristique entraîne donc des risques non négligeables, comme la disparition d'espèces apparentées aux plantes cultivées et la perte de diversité intraspécifique (ROCHARD, 2005). Cela constitue une « érosion génétique qui peut être pénalisante dans le contexte de sélection de nouvelles variétés résistantes à des maladies et aux ravageurs ou à des conditions abiotiques défavorables ».

L'intensité de l'utilisation du désherbage chimique et l'augmentation de la fertilisation azotée ont contribué à banaliser la flore, sélectionnant les espèces les plus compétitives et nitrophiles au détriment d'espèces spécialistes de milieux particuliers voir pauvres (FRIED *et al.*, 2008). Ces systèmes agricoles, pauvres en interaction biotiques, ont modifié les cultures en de simples matrices devenues abiotiques, dépendant des apports de l'homme (SOUSSANA, 2013). Les paysages agricoles sont devenus « un milieu sans ravageur à forte productivité » mais créant d'importantes externalités négatives: disparition de la biodiversité, pollutions diverses, résidus dans les aliments... Ce phénomène a abouti à créer des espèces sauvages résistantes demandant un entretien plus ou moins intensif des parcelles. De plus, les migrations d'espèces ont été facilitées avec l'accélération du nombre d'échanges commerciaux, favorisant l'implantation d'espèces néophytes (près de 40% des plantes sauvages en France de nos jours) (FRIED *et al.*, 2008). Malgré leurs désavantages, les plantes sauvages possèdent des bénéfices : elles augmentent la biodiversité (pollinisateurs), luttent contre le tassement et sont indicatrices de la qualité du sol (PRIEUR, 2009 ; KEHINDE *et al.*, 2011 ; UYTENBROECKA *et al.*, 2017).

Mais les interactions entre les grandes cultures, la biologie du sol et la biodiversité sont complexes et demande encore de nombreuses années de recherche. Pour évaluer ces interactions, des indicateurs de biodiversité ont été créés.

II.2. Evaluation environnementale (indicateurs)

La place importante des enjeux environnementaux dans les débats depuis les années 1990 entraîne une demande croissante de méthodes d'évaluation de l'impact de différents systèmes agricoles tels que les grandes cultures, les prairies et la viticulture (BOCKSTALLER *et al.*, 2011 ; PERVANCHON, 2004). Pour évaluer l'évolution de l'environnement ainsi que fournir des informations sur les moyens de favoriser l'efficacité des programmes de gestions de la biodiversité, les organismes de recherche ont mis en place des indicateurs. Ce sont des grandeurs synthétiques fournissant différentes informations au sujet d'une variable d'un système complexe (prise de décision, modélisation, construction d'un programme d'action). Plusieurs catégories d'indicateurs existent avec un coût et une fiabilité variables utilisant de multiples combinaisons de variables.

Plusieurs méthodes d'indicateurs existent dont la méthode à dire d'expert, consistant à recueillir l'expertise des connaissances scientifiques disponibles ainsi que la consultation de spécialistes dans le domaine. On associe cette méthode à la *logique floue*, un outil mathématique qui permet « l'existence de valeurs intermédiaires entre vraie et faux » (KEICHINGER, 2001). Cet outil est particulièrement bien adapté lors d'études environnementales où les données quantitatives manquent et que de multiples paramètres interagissent. Un indicateur peut également être construit sous forme d'*arbre de décision* en choisissant les variables expliquant le mieux le phénomène et en attribuant une note à chaque branche (SCHNELLER, 2011). Cette méthode a l'avantage de faciliter la compréhension de l'indicateur en utilisant le langage courant. Par ailleurs, pour être validé, un indicateur doit « atteindre certains objectifs assignés au départ et rendre-compte de l'état d'un système en permettant une aide à la décision » (BOCKSTALLER *et al.*, 2011). Il doit être vérifié par une expertise scientifique et sur le terrain dans une situation donnée.

L'agriculture utilise des indicateurs calculés à partir de des pratiques culturales pour tendre vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Pendant de nombreuses années, la mesure de la biodiversité s'est basée seulement sur le nombre d'espèces d'un milieu donné et sur des indices simples (COHEN, 2015 ; SOUSSANA, 2013). Cependant, étant donné la complexité de la notion même de biodiversité, ce modèle a rapidement montré ses limites. De nos jours, les mesures de la biodiversité prennent en compte des aspects fonctionnels et phylogénétiques. Depuis 1994, l'équipe Agriculture Durable de Nancy-Colmar construit ces indicateurs multicritères en collaboration avec le monde. L'équipe AGISEM de l'INRA, dans laquelle je réalise mon stage, travaille sur divers outils d'évaluation environnementale dont INDIGO®. La méthode INDIGO® Vignoble permet de calculer à ce jour 6 indicateurs distincts (anti-gel, couverture du sol, matière organique, azote (I_N), produits phyto (I_{Phy}) et énergie) et rassemble un ensemble d'indicateurs dont I_{FLOvi}®. C'est un indicateur encore en cours de test qui permet de prédire l'importance de certains services écosystémiques au sein d'une parcelle de vigne dont la pollinisation.

II.3. La pollinisation

Les pollinisateurs jouent un double rôle en agriculture : ils sont le carrefour entre écologie (niche de biodiversité, pollinisation des cultures) et enjeux économiques (apiculture) (DI PASCALE, 2014 ; ODOUX, 2009, UYTENBROECK *et al.*, 2017). On liste de nombreuses espèces floricoles : Diptères, Hétérocères, Lépidoptères, Coléoptères et Hyménoptères essentiellement mais ce caractère floricole ne garantit pas la fonction pollinisatrice de l'insecte (SCHNELLER, 2011). Malgré leurs intérêts, ils ont été impactés au cours des dernières décennies par l'intensification agricole notamment (DECOURTYE *et al.*, 2007 ; LE FEON, 2010). Bien que les causes de leur déclin soient multifactorielles et suscitent de nombreuses divergences au sein de la communauté scientifique.

Dans le cadre des recherches sur la pollinisation, les chercheurs se sont intéressés à plusieurs insectes : les abeilles domestiques, les abeilles sauvages, les bourdons et les syrphes (SCHNELLER, 2011). Pour quantifier l'intérêt des différentes espèces observées dans le vignoble par les pollinisateurs, l'INRA a mis au point des outils pour évaluer l'environnement à l'aide d'indicateurs.

II.3.1. Principaux pollinisateurs

Les abeilles regroupent l'ordre des Hyméoptères de la super-famille des Apoïdæ (qui compte 7 familles) (GADOUM *et al.*, 2007). On distingue les abeilles domestiques et les abeilles sauvages. Ils sont considérés dans le monde comme les principales espèces pollinisatrices d'après leurs comportements et leurs morphologies (LE FEON, 2010). Il existe 2 espèces domestiquées en France qui sont considérées comme des insectes sociaux (figure 1). Ils sont capables de récolter du pollen et du nectar sur une grande variété de fleurs (ODOUX, 2009). Les abeilles sauvages sont considérées comme des insectes solitaires élevant leurs progénitures seules (Interreg, 2018) (figure 1). On estime qu'il existe 900 espèces sauvages en France.



Figure 5 - Une abeille domestique (à gauche) et une abeille sauvage (à droite) (RABOLIN-MEINRAD ®, 2018)

Les bourdons font partis de la famille des Apidae et de la sous-famille des Bombinae (figure 2). En France, on compte plus d'une trentaine d'espèces du genre *Bombus* (LE FEON, 2010). Les bourdons sont capables de butiner dans des conditions climatiques où les abeilles domestiques sont inactives (CARVELL, 2002).

Les syrphes sont une famille des Diptères, distinguables des abeilles par leurs courtes antennes (Interreg, 2018) (figure 3). Il en existe environ 500 espèces connues en France. Leurs récoltes sont plus moindres que les autres pollinisateurs. En effet, les syrphes se nourrissent de nectar et de pollen, ce qui n'est pas le cas de leurs larves, commensales et souvent prédatrices, et n'ont donc pas à constituer de réserves pour elles (LE FEON, 2010).



Figure 6 - Un bourdon terrestre



Figure 7 - Un syrphe (RABOLIN-MEINRAD ®, 2018)

II.3.2. Rôle des pollinisateurs sur les cultures

Les insectes sont les acteurs de services de régulation en agriculture variés tels que la dégradation de la matière organique, le contrôle des bios agresseurs ou encore la pollinisation (DI PASCALE, 2014 ; LE FEON, 2010). La pollinisation animale est une interaction mutualiste entre les animaux qui visitent les fleurs pour y récolter des ressources nutritives (nectar, pollen) et les plantes qui bénéficient du transport du pollen réalisé involontairement par les animaux (anthères, stigmates...). C'est la première étape d'une série de processus assurant la rencontre des gamètes mâles et femelles dans la reproduction des angiospermes. La reproduction et l'évolution de plus de 80% des espèces de plantes à fleurs dépendent des services des pollinisateurs tandis qu'ils participent à la reproduction de 84% des espèces cultivées (Jardin des Plantes, 2018 ; SCHNELLER, 2011). La pollinisation assure ainsi le double rôle de subsistance des insectes (nectar, pollen) et la reproduction efficace des fleurs.

La contribution de ces insectes au maintien de la diversité biologique des cultures n'est pourtant prise en compte que depuis quelques années alors qu'ils assurent la survie des plantes ainsi que du cortège d'animaux sauvages qui leur sont associés : rongeurs, reptiles, oiseaux (STRAUB, 2017). En effet, le maintien des populations d'insectes auxiliaires permet également la survie de l'entomofaune et de pollinisateurs secondaires (guêpes, papillons).

Malgré l'importance des pollinisateurs, leur nombre est en déclin et risque de disparaître définitivement de nos paysages (BRETAGNOLLE *et al.*, 2015 ; LE FEON, 2010 ; ODOUX, 2009). Ce phénomène est appelé « syndrome d'effondrement des colonies » et est ressenti dans certains pays (France, Belgique, Japon, Etats-Unis) (Jardin des Plantes, 2018). L'AFSS, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, a recensé plus de quarante causes dont les parasites (acariens et virus), l'usage des pesticides nocifs, la destruction de l'habitat des pollinisateurs etc. De nombreux travaux récents portent sur leur disparition accélérée mais rares sont les études qui évaluent les conséquences du déficit de la pollinisation sur les productions agricoles (INRA, 2016). Dans la plupart des cas, les expérimentations portent sur des fleurs individuelles isolées ou des rameaux. Un besoin de quantifier les études à plus grande échelle (de la parcelle à l'international) se fait ressentir puisqu'il est difficile pour un agriculteur d'extrapoler les résultats de ces études au rendement.

La disparition des adventices et messicoles dans les champs a aussi causé une baisse de la biodiversité floristique fonctionnelle des agroécosystèmes (BRETAGNOLLE *et al.*, 2015 ; TOMOIAGA *et al.*, 2016). En effet, la diversité des plantes et la protection des habitats semi-naturels sont compatibles avec la sauvegarde des pollinisateurs, et permet « d'enrichir les écosystèmes et les services de la biodiversité » (WRATTEN *et al.*, 2013). L'Homme doit aujourd'hui relever un double défi : produire assez de ressources alimentaires pour répondre à la demande d'une population de plus en plus nombreuse ; mais également les produire de manière acceptable par le Développement Durable (INRA, 2016). « L'intensification écologique » a été présentée comme une voie durable pour répondre à ce défi ; C'est-à-dire favoriser le rendement des cultures en s'appuyant sur la diversité floristique et animale. La pérennité de l'association insecte-fleur est instable et sa disparition aurait un impact considérable sur l'environnement, y compris sur l'Homme (STRAUB, 2017 ; UYTENBROECK *et al.*, 2017). L'objectif futur des chercheurs est de créer des situations mutuellement bénéfiques pour le rendement des productions agricoles et de la biodiversité, comme la création de I FLOvi®. (INRA, 2016).

II.3.3. I FLOVI®.

L'indicateur I FLOVI® en cours d'élaboration a été construit pour évaluer les effets des pratiques agricoles sur les services écosystémiques en viticulture à l'aide de la diversité floristique. Les travaux actuels de l'équipe AGISEM de l'INRA Nancy-Colmar ont pour but d'intégrer de nouveaux paramètres de biodiversité (MERLEN, 2015). Pour cela, l'équipe met en place des expérimentations pour définir le calcul de cet indicateur, sur le plan taxonomique (richesse et diversité spécifique, espèces rares) et sur le plan fonctionnel (richesse et diversité fonctionnelle) (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017a). Cet indicateur est calculé à partir de valeurs allant de 0 à 10. Le 0 correspond à un risque maximal pour l'environnement, et l'indice 10 un risque faible ou nul, la valeur recommandée est 7. Pour créer cet indicateur, des travaux préalables ont été effectués d'abord en grandes cultures (RICOU, 2014) puis adapté à la vigne (WILLOT, 2015). L'indicateur a déjà été testé sur une série de parcelle dans le vignoble.

Permettant de calculer un certain nombre de paramètres, ce rapport mettra en lumière l'indicateur de pollinisation. Il correspond à la capacité de la fleur à accueillir des pollinisateurs. Pour cela, les caractéristiques de chaque fleur doivent être connues. Plusieurs bases de données sont utilisées (@florasys / BSS Grimm / Julve). Il prend en compte trois arbres de décision : attraction visuelle, accessibilité à la fleur et récompense (figure 4). Puis, un une valeur finale de pollinisation est estimée à la parcelle en fonction de différents pollinisateurs (Annexe B). Les résultats obtenus sont ensuite agrégés pour donner une valeur de l'indicateur (Annexe C).

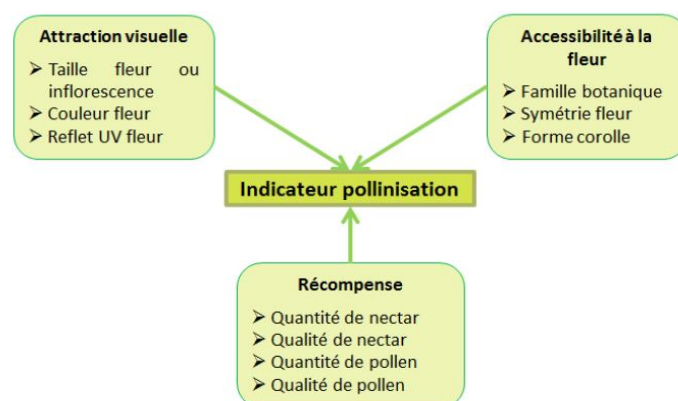


Figure 8 - Schéma des 3 compartiments pris en compte dans le calcul de l'indicateur (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017a)

Un autre indicateur serait intéressant à étudier dans le cadre de mon stage: l'indicateur de valeur patrimoniale. Il prend en compte le nombre total des espèces rares présentes sur les parcelles et le nombre total des espèces messicoles (Annexe D). Il permettra de nous informer sur la valeur finale de l'indicateur. Ainsi, il nous sera possible de calculer une valeur pollinisatrice et patrimoniale de nos parcelles

La biodiversité évolue constamment depuis des décennies dans nos paysages. Elle entretient des relations étroites avec l'Homme et fait partie intégrante de nos agroécosystèmes (HILL *et al.*, 2005 ; BÜNEMANN *et al.*, 2018). La réduction des espèces sauvages indésirables de nos champs a entraîné une diminution drastique de la biodiversité (floristique et animale) (INRA, 2016). Aujourd'hui, le rôle de la biodiversité floristique est mieux connu et assure un grand nombre de service écosystémique. Mais les auxiliaires de culture comme les pollinisateurs sont menacés d'extinction à cause de l'agriculture intensive dont la viticulture, connue comme étant une des cultures la plus utilisatrice de pesticides. Pour pallier à ce phénomène, les chercheurs ont mis au point des alternatives comme l'enherbement des rangs de vigne.

II.4. Alternatives et innovation ; enherbements des rangs des vignes

Pour pallier à l'utilisation de pesticides en agriculture, l'Europe a mis en place des alternatives pour contrer l'utilisation grandissante des pesticides. En septembre 2008, soit la même période que le lancement du plan Ecophyto II, l'Union Européenne a diminué de plus de la moitié le nombre de produits phytosanitaires autorisés (passant de 700 à 300) (GINESTET, 2016 ; TELEMAQUE Y., 2014). L'autorité européenne de sécurité des aliments a mis en vigueur des normes afin de connaître si les résidus d'intrants contenus dans les aliments étaient dangereux pour l'homme. Ainsi, le plan Ecophyto II mobilise un grand nombre d'experts issus de plus de 30 organismes, parmi lesquels l'INRA, des organismes de développement agricole, des Ecoles d'Enseignement Supérieur, les services techniques des ministères etc (INRA, 2010b).

L'INRA, au niveau national, a lancé une étude en 2007, sur les itinéraires culturels économes en pesticides à la demande des ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture (CASSIER, 2012). Les résultats sont destinés à informer la décision publique sur les étapes à mettre en place pour diminuer l'usage des produits phytosanitaires, afin de répondre aux engagements du Grenelle de l'Environnement. L'étude a été divisée en quatre filières: grandes cultures, cultures, légumières, viticulture et arboriculture fruitière. Pour chacune d'elles, diverses stratégies de limitation du recours aux intrants ont été inventoriées. Par ailleurs, l'analyse a défini des modalités de conception d'un réseau de diffusion et d'acquisition de références agronomiques et écologiques (DELIERE *et al.*, 2016). Par la suite, un réseau de fermes de références a été organisé, faisant office d'expérimentation et de démonstration prévu par le plan Ecophyto II.

Différents systèmes de productions viticoles peuvent permettre le maintien et la durabilité de la viticulture (CASSIER, 2012 ; TOMOIAGA *et al.*, 2016). Parmi elles sont retrouvées la viticulture en production intégrée ainsi que la viticulture biologique. Tandis que la production intégrée vise à « remplacer certains intrants issus de l'industrie agrochimique par des produits de régulation naturelle » (Chambre d'agriculture des Ardennes, 2016), la viticulture biologique souhaite se rapprocher des critères d'une viticulture durable en n'ayant pas recourt à des produits de synthèses. De plus, de nombreux viticulteurs changent leurs pratiques agricoles en implantant des couverts (enherbement) dans les inters rangs de leurs vignes qui possèdent des avantages environnementaux et agronomiques considérables (BRETAGNOLLE *et al.*, 2015 ; MERLEN, 2015).

L'enherbement des rangs est une pratique innovante de plus en plus mise en place en viticulture et peut-être spontané ou semé (le mélange floral est choisi) (INRA, 2016). Il est considéré comme optimal quand il répond aux objectifs du viticulteur et quand il ne porte pas préjudice à la vigne. L'Alsace est le vignoble français où la pratique de l'enherbement est la plus répandue (GUITTET *et al.*, 2011). Ce levier environnemental a divers avantages :

- Meilleure stabilisation du sol. Le système racinaire de l'enherbement améliore la portance du sol. C'est un critère important puisqu'il facilite le passage des tracteurs dans les rangs (CELETTE *et al.*, 2008.)
- Maintien de la structure du sol. Le sol est aéré et le stockage de l'eau, plus important durant l'hiver au contraire d'une vigne sans enherbement.
- Réduction de l'érosion ou encore la réduction du lessivage de produits phytosanitaires et nitrates (LE BISSONNAIS *et al.*, 2004).

- Réduction de sensibilité à certaines maladies. Lors de la mise en place d'un enherbement, la vigueur de la vigne baisse, entraînant un tassement du feuillage moins important. Les grappes sont moins impactées par la chaleur et l'humidité (VALDES-GOMEZ *et al.* 2011).
- Amélioration de la régulation biologique. Certaines études démontrent que l'enherbement du vignoble permet le développement de prédateurs et de parasitoïdes (GAGO *et al.*, 2007).

Cependant, une certaine concurrence peut s'installer pour l'accès à l'eau et les nutriments entre la vigne et la flore implantée ou spontanée. Elle peut également baisser la vigueur de la vigne, faciliter le développement des ravageurs et faire obstacle aux machines agricoles. L'effet de l'enherbement est différent suivant les conditions pédoclimatiques et du cépage. En 2010, il est présent sur 98% du territoire viticole en Alsace contre moins de 50% à l'échelle nationale (Agreste, 2014 ; DELIERE *et al.*, 2016). L'enherbement spontané est présent en majorité contrairement à l'enherbement total qui est peu répandu (2% en Alsace contre 6% au niveau national). La technique la plus répandue consiste à enherber un rang sur deux (61% en Alsace contre 20% au niveau national) pour limiter au maximum la concurrence des ressources (Figure 9).



Figure 9 - Enherbement un rang sur deux (Semfor, 2018)

Or, la biodiversité floristique suscite un intérêt grandissant en agriculture au point que sa promotion est aujourd'hui un objectif clairement affiché. (KEHINDE *et al.*, 2011 ; MAILLARD *et al.*, 2006). L'essor de la valorisation de la biodiversité floristique et des concepts de durabilité a entraîné une prise de conscience des viticulteurs. La viticulture biologique s'est considérablement développée en Alsace au cours de la dernière décennie, en multipliant par quatre la surface viticole en bio (Environ 2 000 ha en 2012). On peut compter actuellement 250 viticulteurs bio en Alsace, contre seulement 50 en 2000. (Biomarche, 2012). La gestion de la flore des vignes a beaucoup évolué et se tourne aujourd'hui vers une qualité agronomique et écologique des cultures. Les vignes deviennent peu à peu une réserve biologique floristique et faunistique (animaux, auxiliaires de cultures dont les pollinisateurs). La prise en compte et la promotion de la biodiversité floristique est devenu un enjeu majeur en viticulture.

Ainsi, en France, une attention particulière est portée aux zones de grandes cultures qui sont pauvres en éléments paysagers fixes (vergers, bordures, bois...) et qui sont peu propices au développement des pollinisateurs (Agreste, 2014 ; DECOURTYE *et al.*, 2007). Il en découle deux objectifs : trouver des niches écologiques pour aider les pollinisateurs à se développer ainsi que réduire l'utilisation d'intrants en viticulture tout en maintenant une certaine biodiversité floristique. Dans la continuité du plan ECOPHYTO II, l'INRA s'est penché sur les problématiques autour de la biodiversité végétales en viticulture et a contribué au projet PEPSVI.

III. Systèmes de culture innovants : PEPSVI

Instauré au sein du programme ECOPHYTO II, la France a mis en place différents plans d'action pour diminuer l'utilisation de produits-phytosanitaires en agriculture. Pour la viticulture, le plan EcoViti a été créé. Il implique « la gestion de systèmes de conduite innovants et économes en intrants destiné à la filière viticole » sur un réseau de parcelles à l'échelle nationale (EcoViti, 2018). En Alsace, le projet PEPSVI (Plateforme d'Évaluation des Performances de Systèmes Viticoles Innovants) découle directement de ce plan et doit appliquer une méthode de conception et de développement de systèmes viticoles performants à bas niveaux d'intrants.

III.1. Contexte du projet

En 2012, l'IFT (Indicateur de fréquence de traitements phytosanitaires) total moyen était de 11 avec 89% des traitements fongiques et insecticides (INRA, 2015). L'IFT herbicide moyen s'élève à 1,2 en Alsace est fait partie des plus bas de France. La diminution quantitative des IFT est un des objectifs du projet et peut-être réalisé à l'aide de combinaisons existantes et innovantes. Le vignoble alsacien est caractérisé par sa part significative en viticulture biologique (12% de la SAU viticole en 2012) (INRA, 2015). La réduction d'intrants servira à diminuer le coût de production et à accentuer l'image des vins locaux sur les marchés. De plus, la mise en place de l'enherbement est de plus en plus observée en viticulture. Ce levier environnemental permet entre autre de maintenir la structure du sol, de limiter l'érosion ou encore la réduction du lessivage de nitrates.

Les chercheurs travaillent avec de nombreux acteurs dans le cadre du projet PEPSVI-Alsace, dans lequel s'inscrit mon stage de fin d'étude. Il est réalisé en partenariat avec l'IFV, OPABA, le CIVA, l'EPLEFPA de Rouffach-Wintzenheim et la Chambre d'agriculture de Région Alsace. La co-construction entre ces acteurs démontre une attention particulière pour la protection du vignoble. (BOCKSTALLER *et al.*, 2008). Lancé pour 6 ans en janvier 2013, le projet a pour objectif de concevoir et d'expérimenter des systèmes viticoles innovants, utilisant peu de produits phytosanitaires. Dans un second temps, il permettra d'évaluer leurs performances agronomiques, environnementales et économiques (qualité du sol, de l'eau, de la biodiversité, calcul d'indicateurs...). Les résultats et connaissances seront alors transférés aux professionnels et à leurs réseaux, particulièrement aux vignobles du quart-nord-est de la France et aux vignobles septentrionaux. On s'intéresse aussi aux avantages que pourraient démontrer la viticulture dans le maintien des pollinisateurs.

Les actions mises en place tout au long du projet sont les suivantes (INRA, 2015) :

- Définir les systèmes de culture et les états initiaux sur tous les sites du réseau
- Faire les expérimentations et les suivis des systèmes de conduite de la vigne: mesures, analyses, prélèvements, acquisition et gestion des données
- Évaluer des systèmes de culture du réseau et comparer avec le réseau national
- Construire une base de données mutualisable

L'un des principaux axes de recherche concerne le rôle de la biodiversité floristique et l'avantage que leur présence procure au sein de parcelles viticoles. L'enherbement des vignes, qu'il soit spontané ou implanté indique quels espèces sont présentes et doit être pris en compte dans un premier temps. Pour cela, des investigations et un inventaire sur la flore locale ont été édifiés.

III.1. Caractérisation de la flore locale

Pour créer un inventaire floristique, il a fallu déterminer les caractéristiques de la flore alsacienne. Elle rassemble environ 3 200 taxons dont environ 2 400 espèces (Odonat, 2015 ; Unistra, 2018). Sur les 1 545 espèces indigènes et assimilés, 439 sont inscrites en liste rouge, soit 28, % d'entre-elles. On compte également 500 espèces de plantes sauvages et 450 espèces cultivées. Un projet a été initié à l'INRA de Nancy-Colmar pour faire un inventaire précis des espèces présentes en grandes cultures autour du domaine entre 2013 et 2014. Sur 350 ha, 185 espèces ont été répertoriées. 3 étaient sur listes rouges (espèces à préserver) : la Prèle rameuse *Equisetum ramosissimum*, le Baguenaudier *Colutea arborescens* et le Pigamon des rochers *Thalictrum minus*. De plus, 6 étaient sur liste noire (espèces invasives) française : la Ronce d'Arménie *Rubus armeniacus*, le Sénéçon sud-africain *Senecio inaequidens*, le Solidage géant *Solidago gigantea* et suisse : la Vergerette annuelle *Erigeron annuus*, le *Mahonia* et la Vigne vierge *Parthenocissus quinquefolia*.

Les espèces qui se développent quand l'enherbement des vignes est spontané sont parfois inféodées aux vignes ou apparues dans la région seulement depuis quelques années. Dans le cas d'un enherbement semé, chaque plante a un rôle prédéfini qui profite au sol et à la vigne. De nos jours, la volonté de mettre en place des bandes enherbées semées adaptées aux conditions environnementales locales, favorisant la biodiversité floristique et attractives pour les auxiliaires pollinisateurs a été initiée par les mairies de nombreuses villes Alsaciennes.

Les communautés botaniques évoluent constamment dans nos paysages et le contexte du projet PEPSVI a également changé en 6 ans. Certaines espèces présentes les premières années, sont introuvables aujourd'hui tandis que de nouvelles ont émergé. C'est le cas de la Passerage drave *Lepidium draba* qui est présente en Alsace seulement depuis quelques années mais qui, maintenant, se retrouve dans tous les rangs de certaines parcelles de vignes. De plus, la culture dominante en Alsace étant le maïs, on retrouve en viticulture les principales plantes sauvages de grandes cultures : le Brome stérile *Bromus sterilis*, le Chenopode blanc *Chenopodium album*, la Mercuriale vivace *Mercurialis perennis*, le Liseron des champs *Convolvulus arvensis* et le Ray-grass anglais *Lolium perenne*. Certaines espèces, autres que plantes sauvages, dominent les relevés floristiques et sont quasi-omniprésentes dans le vignoble alsacien : l'Amaranthe réfléchie *Amaranthus retroflexus*, la Carotte sauvages *Daucus carota*, le Géranium mou *Geranium molle*, le Laiteron des champs *Sonchus arvensis*, le Mouron blanc *Stellaria media*, le Pissenlit Dent-de-lion *Taraxacum officinale*, le Trèfle blanc *Trifolium repens* et la Véronique des champs *Veronica arvensis* (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b) (Annexe F).

Il faut également prendre en compte les messicoles dans les relevés qui font partie intégrante de la flore locale. En France, on compte environ 1200 espèces adventices dans les cultures (CHARDES, 2013). Une étude sur les messicoles d'Alsace a été réalisée en Alsace en 2009. Les résultats ont été recueillis dans un atlas. 85 espèces ont été observées dont 62 espèces qui font partie du « Plan national d'Action pour la conservation des plantes messicoles » (comprenant 107 espèces au total) (FRIED, 2009). L'Alsace reste une des régions les plus riches en diversité messicoles malgré l'espace dédié à la culture de maïs, équivalant un « désert biologique ». Certaines espèces rescapées de champs cultivés principalement se réfugient dans le vignoble comme la Gagée des champs *Gagea villosa* ou encore la Tulipe dite des vignes *Tulipa sylvestris*.

III.2. Facteurs explicatifs du comportement des communautés végétales

Tout au long du projet, différents paramètres pour caractériser le niveau de stress d'une parcelle ont été pris en compte. Le suivi réalisé sur la flore viticole spontanée depuis 2013 a permis de mettre en évidence l'intérêt des bandes enherbées pour maintenir la biodiversité floristique. L'évaluation des surfaces viticoles se base généralement « sur la flore présente, reflétant la qualité écologique » (DELABAYS *et al.*, 2009). Ainsi, la flore met en lumière la richesse spécifique allouée aux parcelles.

Connaissant les plantes présentes, il nous est possible de caractériser leurs familles botaniques, leurs stratégies de Grime ainsi que de déterminer leurs types biologiques de Raunkier. La stratégie de Grime permet de savoir si une espèce répond plus ou moins favorablement à un type de contrainte : Compétition (C), stress (S) et perturbation (R). Les plantes développent alors des stratégies (Annexes G et H). Les types biologiques de Raunkier classe les végétaux selon le positionnement de leurs organes de survie pendant l'hiver. Cela permet d'étudier la réponse des espèces aux différentes pratiques de gestion du sol.

On peut également se baser sur la biomasse, la hauteur du couvert et sur le taux de recouvrement pour estimer l'impact du stress. Plus ces paramètres ont une valeur importante, plus le couvert est en état de rentrer en compétition hydrique avec la vigne. Par ailleurs, d'autres critères ont été pris en compte dont le climat, la distance entre les bordures de parcelles et l'environnement adjacent ainsi que les traits fonctionnels racinaires et foliaires. L'indicateur de pollinisation donne des valeurs pollinisatrices pour chaque espèce présente dans une parcelle de vigne. L'intérêt serait d'avoir un minimum d'espèces à faibles valeurs pollinisatrices, et à l'inverse un maximum d'espèces intéressantes pour la pollinisation (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b).

III.3. Etat des connaissances

En 2015, il a été démontré, dans le cadre du projet PEPSVI, que les vignes bordées par une végétation dense (forêts, haies) présentent une richesse spécifique plus élevée que les sites entourés d'une zone industrielle ou d'autres vignes. Cela a mis en évidence l'apparition de nouvelles espèces à proximité des milieux boisés. Dans l'objectif d'une viticulture plus durable, des techniques comme l'enherbement des inters rangs peuvent être implantées, en raison de ses nombreux avantages agronomiques et environnementaux. En 2016, il a été démontré que l'enherbement a en effet un rôle de maintien permettant de préserver cette biodiversité floristique (BUCHMANN, 2016).

Des recherches portant sur la flore spontanée de vignobles méditerranéen a permis de démontrer l'effet du niveau de perturbation causé par les pratiques agronomiques sur la diversité spécifique (COHEN *et al.*, 2015). Celle-ci est défavorisée par des perturbations fortes (utilisation intensive de pesticides, tonte). Les résultats d'une étude menée dans des vignobles Catalans mettent en évidence les mêmes résultats (PUIG-MONTSERRAT *et al.*, 2017). L'étude montre que les parcelles en productions biologiques développent une plus grande diversité spécifique que les parcelles en productions intégrées. Ces études ne s'accordent pas avec les résultats observés dans le cadre du projet PEPSVI des années précédentes. En effet, selon le projet, le type de production (biologique ou intégrée) n'a pas d'influence significative sur la richesse spécifique. Cela pourrait être dû au fait qu'en production biologique comme en production intégrée, les pratiques visant à conserver la biodiversité floristiques sont similaires.

Par ailleurs, les recherches du projet des années antérieures ont démontré la présence d'espèces omniprésentes sur toutes les parcelles. Certaines espèces ont des caractéristiques biologiques considérablement bien adaptées aux pratiques culturales, comme le liseron des champs qui développe des racines profondes dans le sol pour résister aux herbicides à action racinaire. Cette capacité de dispersion a la particularité de « permettre à la plante de s'élever en hauteur pour éviter la flore concurrente » (CLAVIEN *et al.*, 2006). Les parcelles présentent des familles dominantes : les Poacées, les Astéracées et les Fabacées. Ces deux dernières familles semblent augmenter la richesse spécifique d'une bande enherbée puisqu'elles regroupent des espèces à forte valeur pollinisatrice (RABOLIN *et al.*, 2017a). Les fabacées présentent également des nodosités fixatrices d'azote sur les racines, un atout pour l'agroécologie. Les Poacées, quant à eux, présentent moins d'intérêts pour la biodiversité puisque cette famille ne développe pas de fleurs. Il y a donc absence de pollen pour les pollinisateurs et elle présente une concurrence accrue pour les réserves d'eau avec la vigne.

D'autres études menées sur des parcelles importantes de grande culture (plus d'un hectare) présentent souvent une diversité de pollinisateurs plus faible que dans des parcelles à petite échelle (INRA, 2017). Les chercheurs ont démontré un gain de productivité lorsque la faune pollinisatrice est diversifiée (moyenne de 30%). Mais quand la diversité pollinisatrice est faible, le gain de productivité est diminué voir nul. Ainsi, lorsque l'on augmente le nombre et la diversité des auxiliaires pollinisateurs, on amplifie le rendement des cultures de plus de 20% en moyenne.

Les résultats bruts de l'étude permettront le calcul de la richesse spécifique et du recouvrement mais aussi de différents indices de biodiversité (comme les indices de Sorensen) mais aussi le calcul de l'indicateur I FLOVI. Les paramètres pris en compte dans le cadre de l'étude sont les suivants :

- Facteurs liés à la parcelle : type de sol, système, localisation, compartiments, itinéraire technique
- Facteurs environnementaux : distance, climatologie, pente
- Facteurs caractéristiques des communautés végétales : famille botanique, stratégie de survie (type de Raunkier, stratégie de Grime)

On peut alors faire l'hypothèse qu'il y aura ou non une différence significative entre ces paramètres suivant l'année, le système, le site de relevé etc. Dans un premier temps, le stage aura pour objectif d'évaluer les caractéristiques des couverts végétaux du vignoble et ensuite, d'estimer les services écosystémiques rendus à la biodiversité floristique et à la parcelle. Les problématiques sont les suivantes :

- **Quels sont les impacts des facteurs jouant un rôle sur le vignoble sur la composition floristique des inter-rangs, leur diversité fonctionnelle et structurale?**
- **La composition floristique du vignoble rend-t-elle compte de services écosystémiques à la parcelle et à la biodiversité ?**

La vigne est une culture pérenne très consommatrice de produits phytosanitaires mais qui tend aujourd'hui à devenir une réserve de biodiversité. En effet, l'implantation d'inter-rangs enherbés permettrait de valoriser la lutte biologique et diminuer les intrants. De plus, cette biodiversité apporterait des services écosystémiques que ce soit par l'intermédiaire des plantes (couverture du sol, azote) ou d'animaux (pollinisation). On cherche également à favoriser le développement de plantes locales ayant un intérêt pour la vigne et la biodiversité. Mais certaines espèces pourraient avoir un effet négatif sur la culture : disponibilité en eau, en lumière etc. Un focus sera ensuite réalisé sur les communautés d'espèces végétales dans les vignes pour caractériser la flore présente et rendre compte de services écosystémiques (pollinisation).

Matériels et méthodes

I. Constitution du réseau de parcelle

Pour évaluer la biodiversité floristique en milieu agricole, des relevés floristiques et des calculs d'indices sont nécessaires. Mon travail va donc se diviser en deux parties : Une sur le terrain pour récupérer les données 2018 et une à posteriori où je devrais réaliser des traitements statistiques (indices de biodiversité) et appliquer l'indicateur I FLOvi®.

Les relevés floristiques de 2018 seront effectués sur 11 parcelles du projet PEPSVI réparties sur 5 communes viticoles, parcelles conduites en viticulture biologique, biodynamique et intégrée (Annexe I). Ces communes sont Châtenois, Ribeauvillé, Rouffach, Ingersheim et Wintzenheim (figure 10). Sur Wintzenheim, les relevés floristiques sont seulement réalisés sur la « répétition n°2 » avec 4 systèmes (PI, BIO, RES1 et RES2). Les parcelles de la répétition n°1 (au nord) sont instrumentalisées et celles de la répétition n°3 (au sud) sont plus hétérogènes. Pour obtenir des résultats probants, l'équipe a décidé de ne réaliser que les relevés sur la répétition centrale.

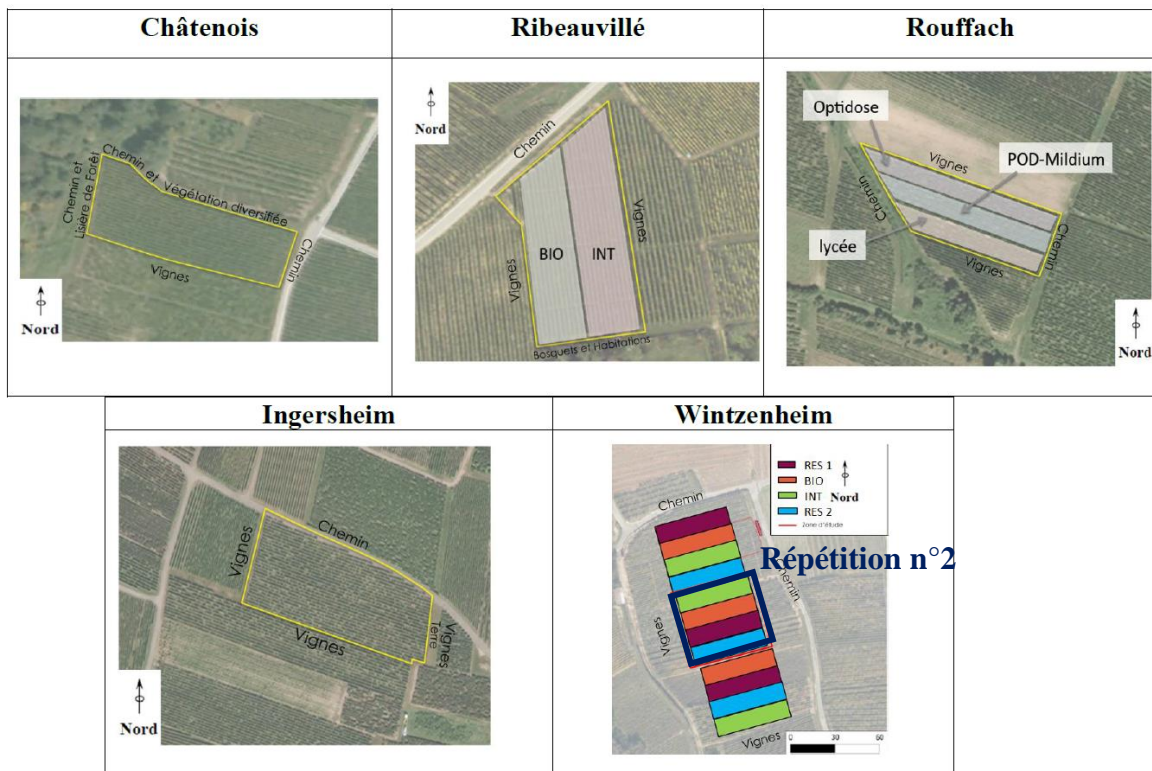


Figure 10 - Vue aérienne des parcelles du projet PEPSVI (BUCHMANN, 2016)

Un relevé floristique représente l'inventaire par l'observation des espèces végétales présentes sur la parcelle viticole (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b). Des compétences en botanique sont requises et étant le plus précis possible sur le genre et l'espèce. Certaines caractéristiques des sites ont déjà été relevées par les précédents stagiaires : Surface et type de sol (Tableau 1). Dans ce rapport, pour des raisons de fluidité, l'appellation « AB » sera utilisée dans les graphiques et « BIO » dans le texte.

Communes	Sites	Nomenclature	Surface	Type de sol
Châtenois (OPABA)	BIO (biodynamie)	Chât_AB	0,25 ha	Sol brun sur arène argilo-granitique
Ingersheim (OPABA)	BIO (biodynamie)	Ing_AB	1,6 ha	Alluvions granitiques
Ribeauvillé (INRA)	BIO	Ribeau_AB	0,40 ha	Limon-argileux caillouteux sur marnes calcaires
	PI	Ribeau_PI		
Rouffach (EPLEFPA Rouffach-Wintzenheim)	PI-Lycée	Rouff_PI	0,42 ha	Limon-argileux
	PI-Optidose	Rouff_PI_OPTI		
	PI-PODmildium	Rouff_PI_Mild		
Wintzenheim (INRA) (Site-système)	BIO	Wintz_AB	1,4 ha	Sablo-limoneux sur arène granitique colluviale et dépôts lœssiques
	PI	Wintz_PI		
	RES1	Wintz_RES1		
	RES2	Wintz_RES2		

Tableau 1 - Caractéristiques des sols des sites PEPSVI (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b)

En vue de diminuer les intrants de produits phytosanitaires, des variétés résistantes sont testées sur les parcelles de Wintzenheim. RES1 correspond à une résistance croisée : oïdium et mildiou et RES2 correspond à un test sans aucun produit phytosanitaire (Tableau 2). De plus, sur les parcelles de Rouffach, des tests d’application d’outils d’aide à la décision ont été mis en place. La parcelle PI-Optidose suit un traitement qui propose une utilisation restreinte d’intrants. Il y a traitement ou non en fonction des connaissances acquises sur le terrain, de diagnostic de la performance du réglage des pulvérisateurs, d’appréciation de la biomasse et des circonstances de dépôts des produits phytosanitaires (EPicure, 2010). Quant à la parcelle PODmildium, elle suit un traitement contre le mildiou suivant la présence de différents facteurs (climat, pluviométrie...) et dans des cas extrêmes où la maladie se développe trop rapidement.

Système	Caractéristiques
Production Intégrée (PI ou INT)	Objectif de réduction de l’IFT de 50% Prophylaxie, confusion sexuelle, entretien du sol innovant outils d’aide à la décision...
Agriculture Biologique (Bio)	Réduction des intrants bio (1,2kg/an Cu métal et 30kg/an S max) Entretien du sol innovant et produits alternatifs + innovations des viticulteurs
Variété Résistante 1 (RES1)	Traitements fongicides à minima (2 maximum) Risques contournement mildiou et développement maladies secondaires + Entretien du sol mécanique/chimique
Variété Résistante 2 (RES2)	Aucun traitement phyto de synthèse Mesures prophylactiques renforcées + Entretien du sol mécanique

Tableau 2 - Description des systèmes et caractéristiques des sites PEPSVI (BUCHMANN, 2016)

II. Relevés floristiques : méthodologie

Le relevé floristique doit satisfaire quatre critères qualitatifs qu'il convient de connaître, la représentativité, il doit donner une image de la ou des communauté(s) présente(nte) sur le terrain la plus fidèle possible (DELPUECH, 2006). Pour cela, les relevés seront effectués (de la même manière que les années précédentes) sur des surfaces de 500m², surface qui permet d'avoir une représentativité fidèle de la richesse présente. En effet, la courbe aire-espèce ne présente plus qu'une augmentation limitée du nombre d'espèce observée au-delà de 500m² (Figure 11) (CLAVIEN, 2005). Enfin, un relevé doit être exhaustif, reproductible (qualité essentielle pour un suivi) et faisable (CHEVALIER *et al.*, 2010).

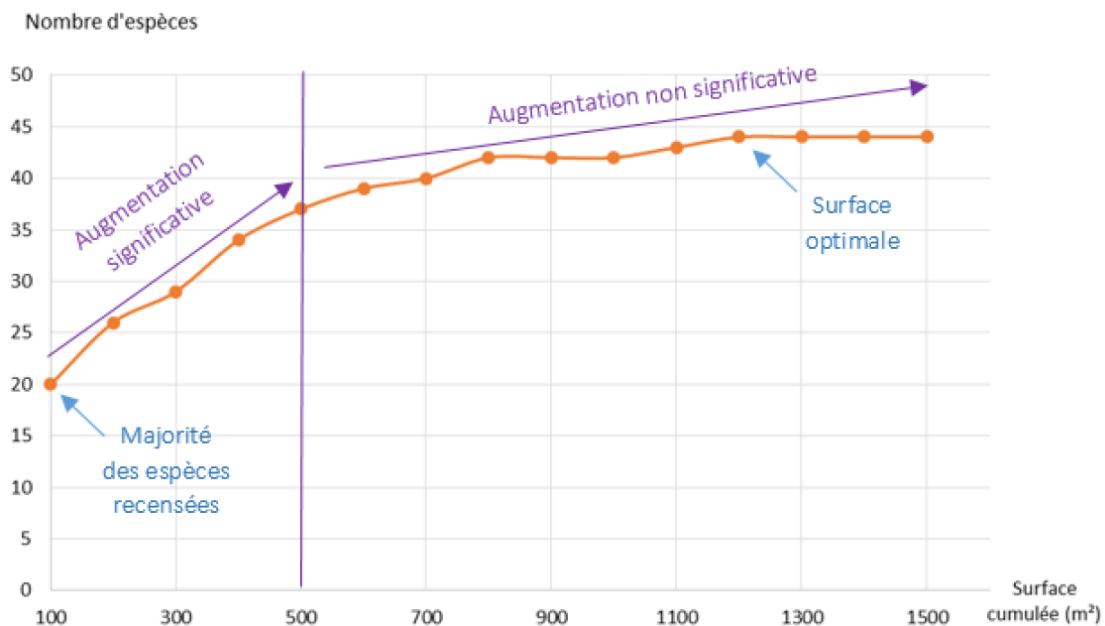


Figure 11 - Courbe aire-espèce de CLAVIEN, 2005 (MERLEN, 2015)

Deux méthodes sont utilisées : la « présence-absence » et le recouvrement. Elles vont permettre de caractériser la flore présente. Ces méthodes donnent un aperçu de l'évolution de la biodiversité floristique, d'en réaliser le suivi et d'appréhender la richesse de la composition spécifique ainsi que le taux de recouvrement. Des fiches distinctes sont utilisées afin de mettre en place ces deux méthodes.

La méthode « **présence-absence** » consiste à identifier si une espèce est présente ou non. Le codage 0 ou 1, qu'on appelle binaire ou booléen a été utilisé (VANPEENE-BRUHIER *et al.*, 2010). « Le chiffre « 1 » marque la présence d'une espèce et « 0 » son absence ». Grâce à cette méthode, nous obtenons la richesse spécifique de chaque parcelle par le simple calcul du nombre total ou moyen d'espèces présentes par unité de surface (CLAVIEN, 2005). La structure taxonomique du peuplement par les espèces peut être analysée grâce à cet indice (COIC, 2005). La richesse spécifique représente, au niveau de la gestion de l'espace, un outil intéressant pour la prise en compte de la biodiversité floristique (VANPEENE-BRUHIER *et al.*, 2010). C'est un indicateur de biodiversité simple mais qui présente des limites : le fonctionnement de l'écosystème ne peut pas être appréhendé par celle-ci (CHEVALIER *et al.*, 2010). La flore est relevée sur différentes positions dans les parcelles : rand enherbé, rang travaillé et cavaillon (Figure 12).

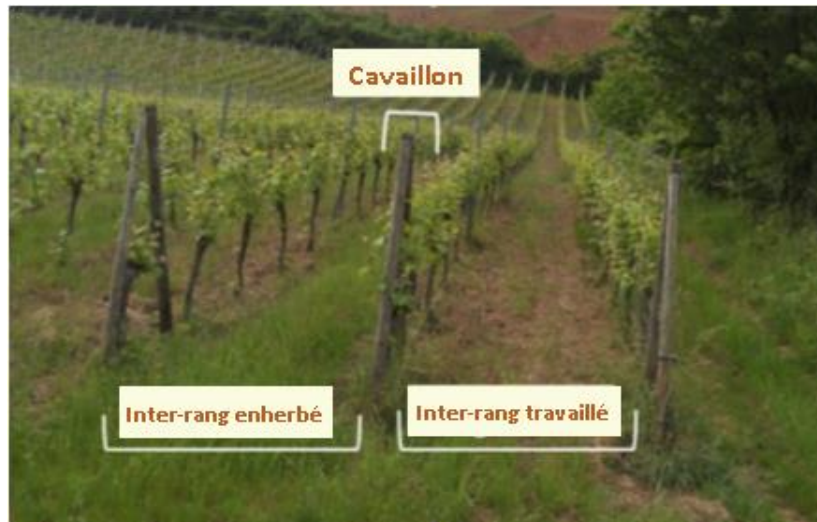


Figure 12 - Les différentes composantes du vignoble (MERLEN, 2015)

Le **recouvrement** consiste à évaluer le pourcentage des espèces présentes dans un quadra de 1 m². Les données de recouvrement seront obtenues à l'aide de ces quadras à raison de cinq répétitions et cela au niveau de l'inter-rang enherbé et de l'inter-rang travaillé (pas de recouvrement sur le cavaillon). Il ne sera effectué que sur les parcelles de Wintzenheim (figure 13). Cette méthode permet d'observer l'évolution et la régression de la flore ainsi que de déterminer les espèces dominantes. Le quadra de 50cm² représentant 100%, nous définiront alors les pourcentages de recouvrement selon les plantes présentes dans celui-ci.

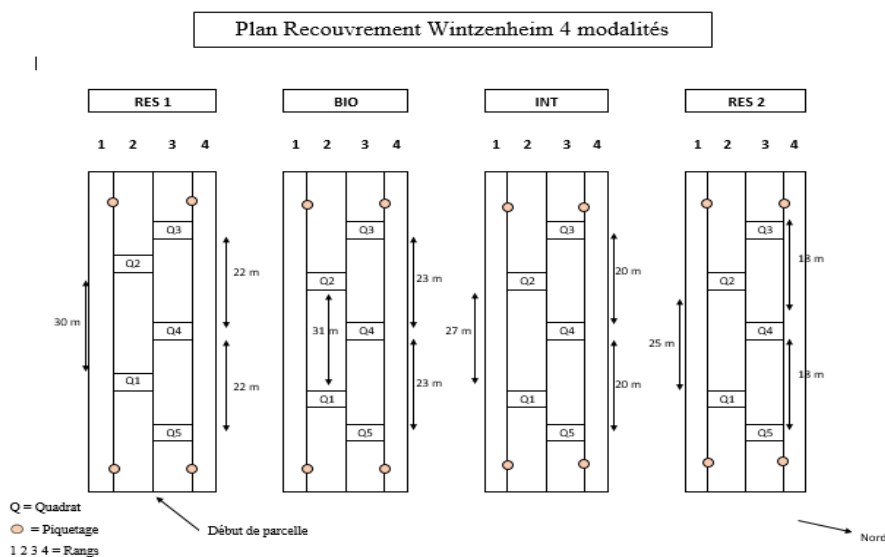


Figure 13 - Répartition des quadras sur les parcelles de Wintzenheim (répétition n°2) (BUCHMANN, 2016)

Le choix des techniques de gestion de l'inter-rang a une grande importance sur la biodiversité présente. En effet, en viticulture la promotion de la biodiversité floristique se fait essentiellement au niveau de la gestion de l'inter-rang. Ce choix repose sur les caractéristiques du sol (structure, risque d'érosion, réserve utile en eau), mais également sur les caractéristiques de la vigne (âge, cépage, mode de conduite...), et aux risques liés à l'utilisation de produits de traitements (MAILLARS *et al.*, 2006). Trois campagnes de relevés espacées de six semaines les unes des autres au printemps ont été programmées aux dates suivantes : mars, mai, juin. Un relevé de plus est prévu en septembre pour observer les espèces émergentes (invasives et autres).

III. Traitement de données

Avant d'analyser les données terrain, un travail d'identification des espèces indéterminées a été effectué en ayant recours à différents outils : des livres flores, comme Flora Helvetica de Lauber et Wagner (LAUBE *et al.*, 2007), mais aussi des sites internet collaboratifs (@florasys / Tela Botanica / BSS Grimm / Julve). Dans le cas où cela n'était pas suffisant et que les espèces étaient plus difficile à identifier, des botanistes du jardin botanique de Strasbourg ont été sollicité.

Après avoir récupérer les données des années précédentes et de l'année en cours, le traitement statistique a été réalisé à l'aide du logiciel R (2017, version 3.4.3). Les packages nécessaires étaient « agricolae », « RVAideMemoire », « pgirmess » et « ez ». Le traitement a permis de caractériser le milieu d'étude et les pratiques agricoles de la vigne en place sur les communautés végétales des différents sites.

Les hypothèses de départ sont HO_1 : « Il n'y a pas de différence significative de richesse spécifique annuellement » et HO_2 : « Il n'y a pas de différence significative de richesse spécifique entre deux types d'agriculture ».

Dans le cas où les mêmes grandeurs sur les mêmes sujets étaient répétés plusieurs fois de suite, à des dates différentes, le test statistique ANOVA à mesures répétées étaient utilisées (BUCHMANN, 2016 ; GRIGNION, 2012 ; MERLEN, 2015). En effet, les variables sont dépendantes car nous avons réalisé les relevés sur les mêmes parcelles, sur cinq années consécutives. Deux conditions doivent être validées pour chaque test effectué :

-Les échantillons sont indépendants.

- La variable quantitative étudiée suit la loi normale : on utilise pour cela le test de Shapiro-Wilk. Si la p-value est supérieure à 0.05 (correspondant à un taux d'erreur de 5%), alors la condition était vérifiée et le test utilisé était paramétrique (ANOVA). Dans le cas contraire (inférieure à 5%), le test statistique utilisé était non-paramétrique (Kruskal-Wallis).

Après avoir entrepris les tests statistiques, si la p-value obtenue est supérieure à 0.05, on accepte l'hypothèse HO de départ (consistant à comparer l'égalité des moyennes). Si on obtient l'inverse, on rejettera l'hypothèse HO . Dans ce cas, il faudra analyser graphiquement les résidus. Enfin, le test post-hoc de Tukey a été utilisé pour former des groupes.

Des indices de biodiversité vont également être calculés pour la méthode présence/absence : les indices de Sorensen.

Résultats et Discussion

I. Résultats

Après compilation des données floristiques recueillies depuis 2014 et analyse de ceux-ci, les résultats obtenus peuvent être exploités. Ceux-ci englobent les données de 2014 jusqu'à 2018, avec 3 campagnes de relevés par an, sur les 11 sites PEPSVI étudiés. Les sites et leurs nomenclatures sont présentés dans le tableau 3. Les résultats se présentent en deux parties : Présence/Absence et Recouvrement et prennent en compte les différents facteurs énumérés dans la première partie

I.1. Présence/Absence

Pour chaque site, la richesse spécifique a été étudiée. Elle correspond au nombre total d'espèces recensées sur la zone de relevé de 500 m². En 2014, 124 espèces ont été recensées formant 36 familles (sans les sites de Wintzenheim qui étaient encore en implantation) tandis qu'en 2018 il y en a eu 176 regroupant 53 familles (tableau 3). 212 espèces ont été recensées en 2016 soit l'année avec le nombre d'espèces le plus important. Au total, on dénombre 256 espèces entre 2014 et 2018. Les richesses spécifiques des sites ont été relevés (figure 14). Les données pour le site-système de **Wintzenheim** sont traitées seulement à partir de 2015. En effet, la vigne est encore jeune puisqu'elle a été implantée en 2013. Le site de **Châtenois** possède la richesse spécifique la plus élevée tous les ans avec un maximum de 94 espèces en 2018 sauf en 2015, où la richesse spécifique de 71 espèces est plus faible que d'autres sites. Les sites présentant les richesses spécifiques les plus basses sont **Ribeauvillé BIO** et **PI** ainsi que **Ingersheim**. Ainsi, en 2014, le site de **Ribeauvillé PI** avait une richesse spécifique de 39 espèces. A **Rouffach**, les résultats sont similaires tous les ans avec une richesse spécifique maximale en 2015 de 80 espèces en moyenne. Enfin, la richesse spécifique de **Wintzenheim RES2** est de 78 espèces en 2015 soit très importante comparé aux autres systèmes de ce site. En revanche, en 2018, c'est la richesse spécifique de **Wintzenheim RES1** qui est la plus élevée, de 80 espèces.

	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL CUMUL ANNEES
Nombre d'espèces totales recensés	124	178	212	181	176	256

Tableau 3 - Nombre d'espèces totales recensées entre 2014 et 2018

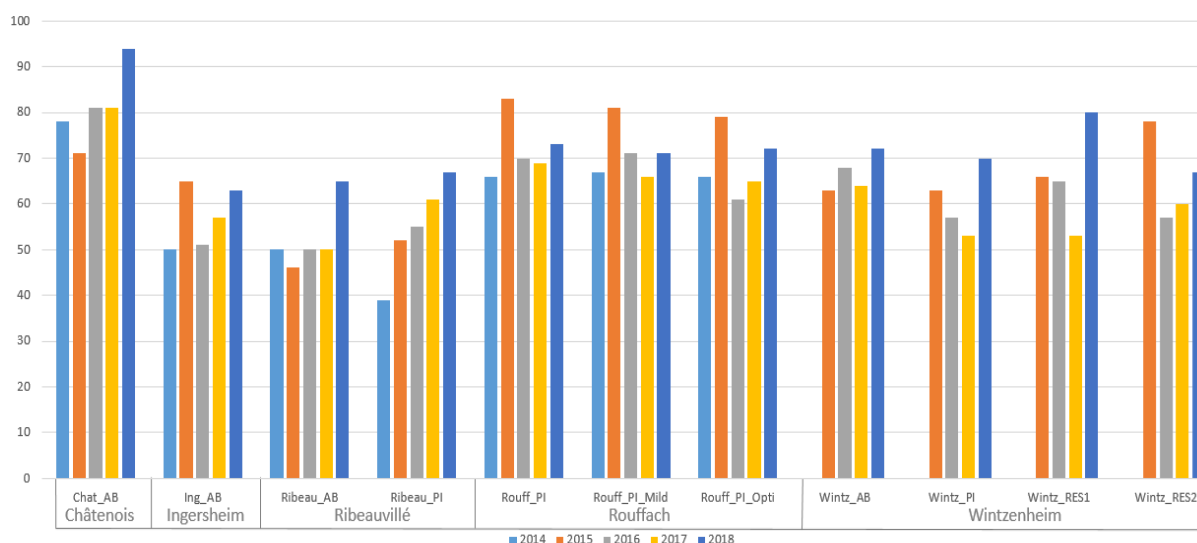


Figure 14 - Evolution de la richesse spécifique totale des parcelles PEPSVI de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

Les tests statistiques ont permis de mettre en évidence que la différence de richesse spécifique moyenne entre les différents sites est très significative, en effet la p-value obtenue était de 2.935e-05. La richesse spécifique moyenne des 5 années du projet la plus élevée est celle du site de **Châtenois** avec une richesse spécifique moyenne de 81 espèces, le plaçant dans le groupe [a] (figure 15). Ce groupe rassemble toutes les modalités de **Rouffach** (avec une richesse spécifique moyenne de 70,7 espèces, **Wintzenheim BIO**, **RES1** et **RES2**). Ces sites sont également dans le groupe [b] avec la parcelle d'**Ingersheim**. Le groupe [c] regroupe les sites de **Wintzenheim** ainsi que **Rouffach PI Mild** et **PI OPTI**, **Ingersheim** et **Ribeauvillé PI**. Enfin, le site **Ribeauvillé BIO** a la RS spécifique la plus éloignée de **Châtenois**, la plus faible avec 52,2 espèces, le plaçant dans le groupe [d] avec **Ribeauvillé PI** et **Ingersheim**. On remarque une tendance similaire des richesses spécifiques moyennes avec les richesses spécifiques totales relevées dans la figure 14.

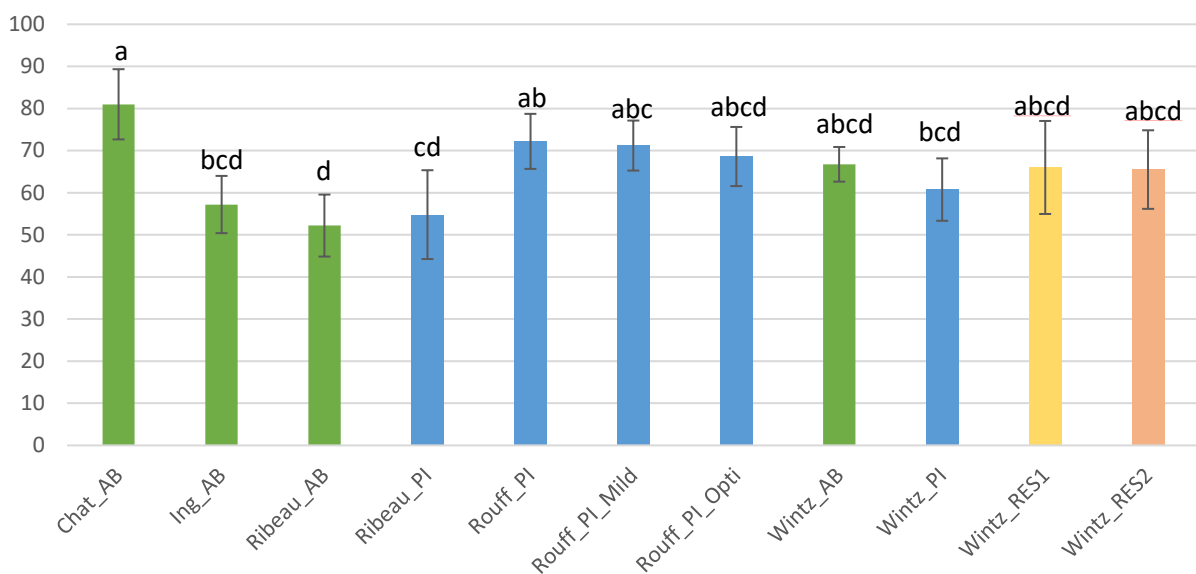


Figure 15 - Richesse spécifique moyenne des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

I.1.1. Facteurs liés à la parcelle

➤ Itinéraire technique

L'itinéraire technique de tous les sites PEPSVI de 2014 à 2017 ont été relevés (figure 16). Certaines données étaient manquantes pour inclure celui de 2018. Des interventions impactant directement le développement d'espèces ont été retenues : semis, labour, fauchage. Le travail du sol en surface « Wsol_Surface » regroupe les travaux : mulchage, broyage, désherbage mécanique, passe rouleau et intercep. Le travail du sol en profondeur « Wsol_Profondeur » regroupe : Rotovator, griffage, hersage, passage disques et binage. Le buttage consiste à accumuler la terre en forme de « butte » au pied des racines de vignes pour les protéger (du gel) et le débutage, à les détruire. Epandre des plaquettes/copeaux sur le cavaillon permet entre-autre de limiter la prolifération des plantes sauvages. De nombreuses interventions ont eu lieu à Ingersheim en 2014 et à **Wintzenheim** en 2017 compte-tenu de la jeune vigne mise en place sur ce site. Si on compare **Ribeauvillé BIO** et **PI**, il y a eu plus d'interventions sur le système **BIO**. De manière générale, l'itinéraire technique varie d'une année à une autre.

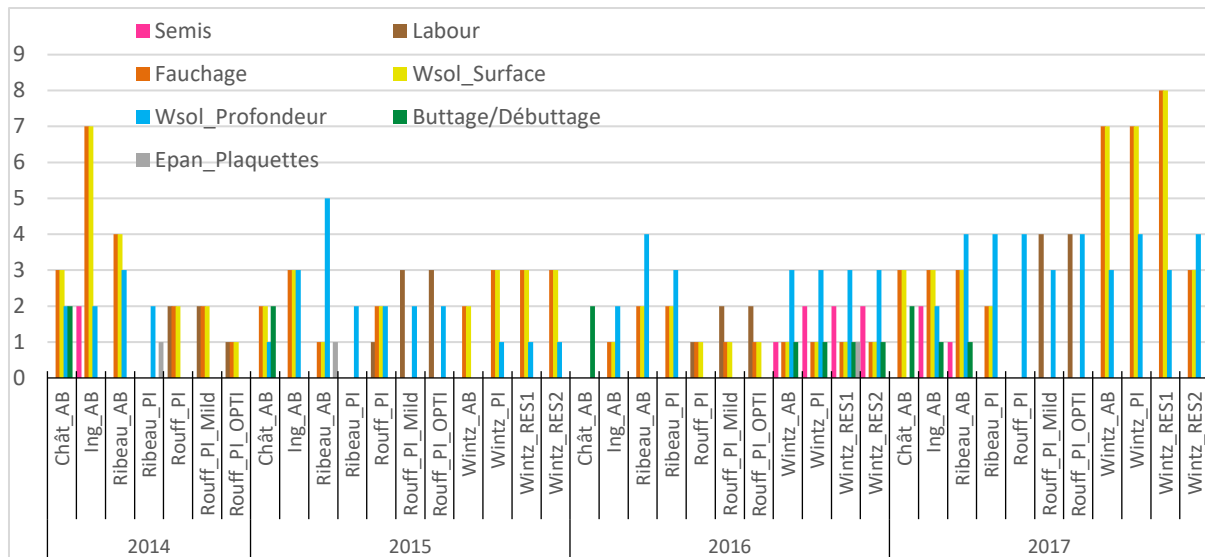


Figure 16 - Itinéraire technique des sites PEPSVI de 2014 à 2017

➤ Au niveau du compartiment du relevé

Les tests statistiques ont permis de mettre en avant que la différence de richesse significative entre les différentes positions est très significative, en effet la p-value obtenue est de 0,0067.

Il n'existe pas de différence significative entre le rang travaillé et le cavaillon (groupe [b]) (figure 17). En revanche, il existe une différence significative entre le rang enherbé (groupe [a]), le rang travaillé et le cavaillon. La richesse spécifique la plus élevée est celle de l'inter-rang enherbé avec une richesse spécifique moyenne de 45,5 espèces. Mais la richesse spécifique moyenne de l'inter-rang travaillé et du cavaillon sont très proches avec respectivement 39,33 espèces et 39,53 espèces. Les résultats statistiques différencient l'inter-rang enherbé 2017 et 2018 (groupe [a]) de l'inter-rang travaillé 2014 (groupe [b]) (figure 18). Les autres modalités sont rassemblées dans le groupe [ab]. Ceux-ci ne présentant pas de différence significative au niveau de la richesse spécifique moyenne.

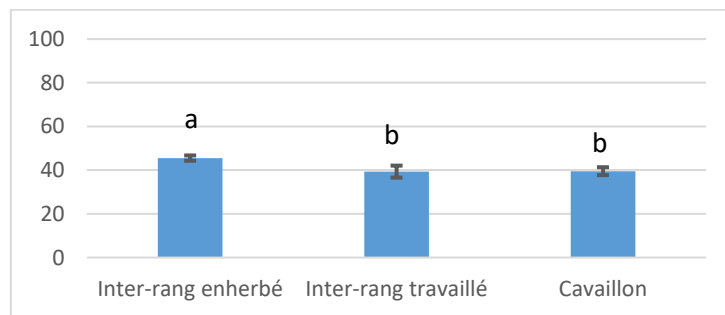


Figure 17 - Richesse spécifique moyenne totale des différents compartiments de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés

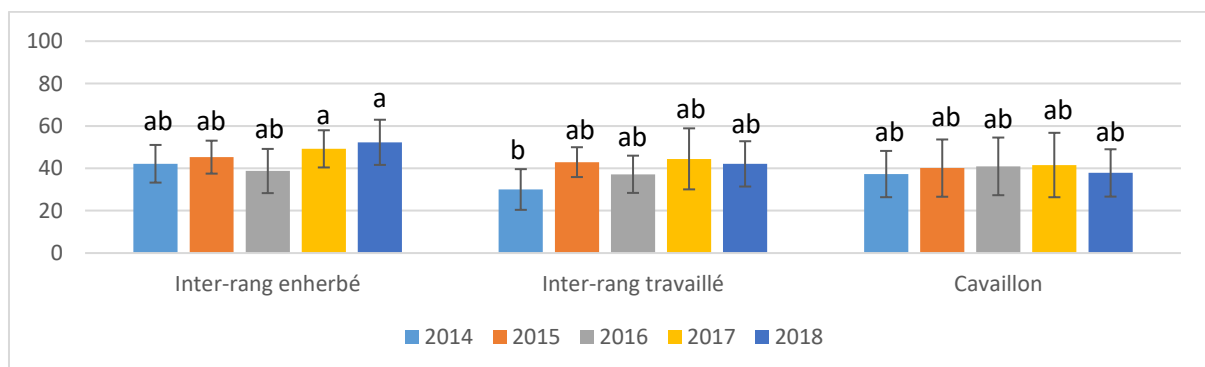


Figure 18 - Richesse spécifique moyenne des différents compartiments de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés

➤ Au niveau du système

Les tests statistiques ont permis de mettre en évidence que la différence de richesse spécifique moyenne entre la production biologique et intégrée est significative (p-value de 0,032). Cependant, il existe seulement une différence significative entre **PI 2014** et **BIO 2018** de 0,045 (figure 19). Pour comprendre cette différence, les familles botaniques de ces deux modalités ont été étudiées (figure 20). 15 espèces de la famille des astéracées ainsi que 9 espèces de brassicacées ne sont présentes que sur **BIO 2018** et non présentes sur **PI 2014**.

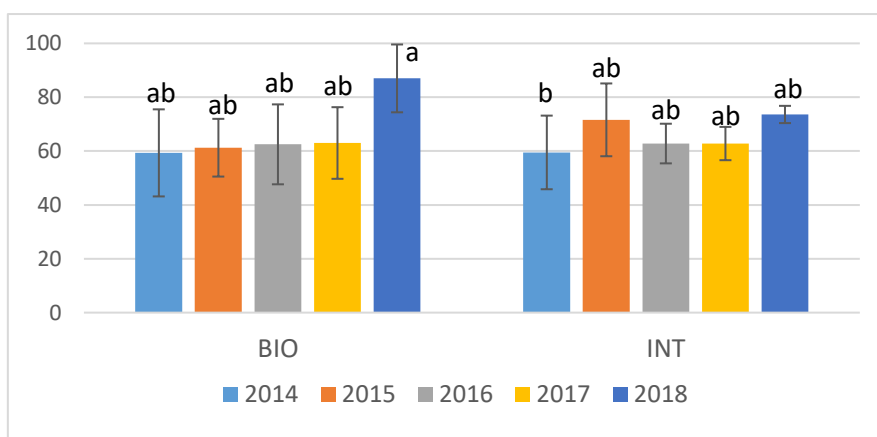


Figure 19 - Richesse spécifique moyenne par modalité de 2014 et 2018 sur la base de 3 relevés

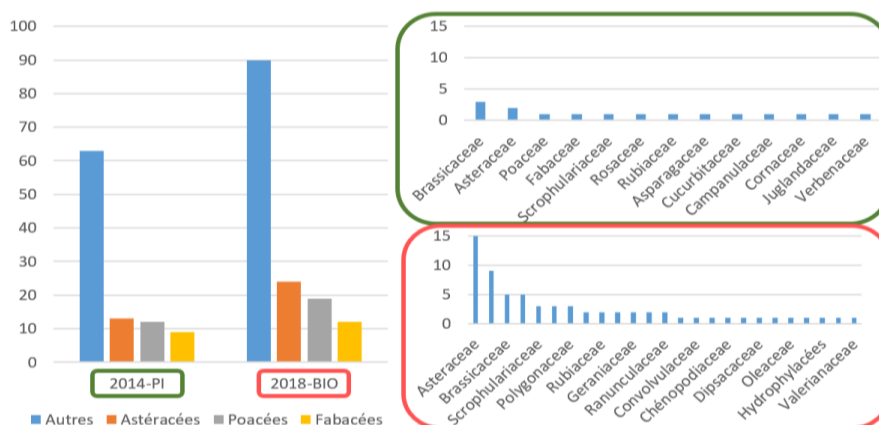


Figure 20 - Richesse spécifique moyenne par famille biologique avec le nombre d'espèces par famille présentes sur PI 2014 et non BIO 2018 (encadré vert) et présentes sur BIO 2018 et non sur PI 2014 (encadré rouge)

I.1.2. Facteurs liés à l'environnement adjacent

➤ Au niveau de la distance entre la parcelle et les éléments naturels/anthropiques

En 2016, le projet PEPSVI a mis en évidence l'implication des bordures de parcelle comme moyen pour protéger la biodiversité dans le vignoble (RABOLIN-MEINRAD, 2017a). « La localisation des parcelles montre une hétérogénéité des compositions floristiques ». Ainsi, le site de **Châtenois** est localisé à moins de 200 m d'une forêt tandis que celui de **Ribeauvillé Bio** est entouré de vigne (Annexe J). Pour caractériser les bordures de parcelles, des classes ont été définies en fonction de l'environnement des sites :

- Forêt, végétation dense : Châtenois, Wintzenheim
- Vignes, haies, bosquets : Rouffach
- Ville, habitation, zone industrielle, chemin : Ribeauvillé, Ingersheim

Il existe une différence très significative de l’environnement qui borde les sites PEPSVI avec une p-value de $8,57e-6$. Les sites bordés de végétation dense (**Châtenois** et **Wintzenheim**) ont une richesse spécifique moyenne de 71,56 espèces entre 2014 et 2018 et font partis du groupe [a] (figure 21). On retrouve également dans ce groupe le site de **Rouffach**, bordés de vignes et de haies avec une richesse spécifique moyenne de 68,93 espèces entre les trois systèmes de ce site. Enfin, les sites de **Ribeauvillé BIO, PI** et **Ingersheim** sont bordés de ville et d’habitation, les regroupant en [b] avec une richesse spécifique moyenne de 56,6 espèces.

En prenant en compte l’année, nous retrouvons trois groupes [a], [b] et [c] (figure 22). Il y a des similitudes entre les figures 20 et 21. Par ailleurs, il existe une différence significative entre le site bordé de végétation dense en 2018 et les sites bordés de ville et d’habitations en 2014 et 2016.

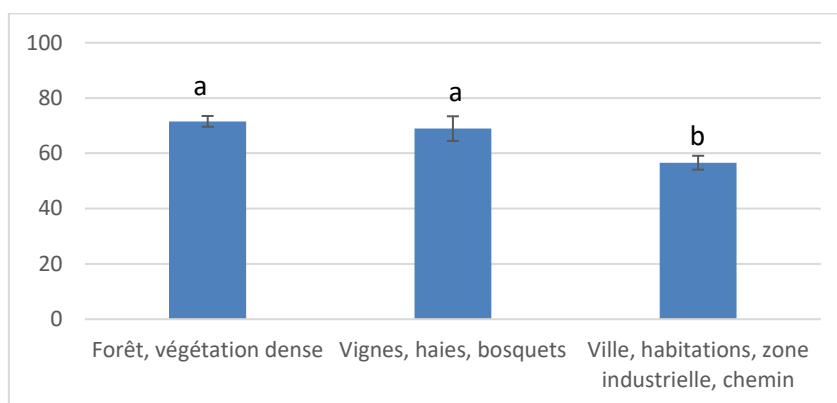


Figure 21 - Richesse spécifique moyenne totale considérant l'environnement bordant les sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

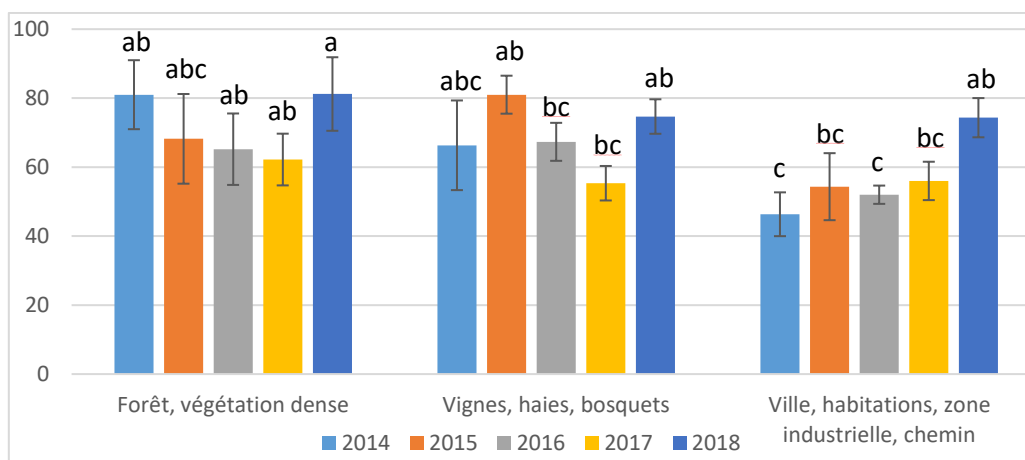


Figure 22 - Richesse spécifique moyenne en fonction de l'environnement bordant les sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

➤ Au niveau climatologique

Les sites, localisés le long du coteau du vignoble alsacien sur une trajectoire nord-sud distante de 45 km, sont rattachés à des stations météorologiques différentes (Annexe K). Le site d’**Ingersheim**, est rattaché à la station météorologique de Colmar (68), **Ribeauvillé** à Bergheim (68) et **Châtenois** à Scherwiller (67). Des stations sont retrouvées sur les sites de **Rouffach** et **Wintzenheim**. Il en résulte des températures moyennes mensuelles et des hauteurs de précipitations mensuelles différentes. De manière générale, les températures sont relativement plus élevées autour de **Châtenois** et **Rouffach**. Par ailleurs, **Châtenois** et **Ingersheim** ont des hauteurs de précipitations également élevées.

➤ Au niveau des pentes et de l'altitude

La valeur des pentes est commune pour les sites de **Châtenois**, **Ribeauvillé**, **Rouffach** et **Wintzenheim** à hauteur de 15% (MUSTIN, 2017). Il en est de même pour l'altitude puisque ces sites sont localisés entre 245 et 260 m. **Ingersheim** se situe sur une plaine et possède donc une pente nulle (0%). Son altitude est de 200m.

I.1.3. Facteurs caractéristiques des communautés végétales

➤ Familles botaniques

Les familles botaniques de chaque espèce ont été recensées et réparties sur chaque site (figure 23). Les Astéracées et les Fabacées, plantes intéressantes au niveau de la pollinisation, représentent 25 à 35 % de la composition floristique (Melin, E., 2002). En effet, celles-ci possèdent un indicateur de pollinisation élevé. Les sites de **Ribeauvillé PI** et **Wintzenheim RES2** possèdent le plus d'espèces issues des familles des Astéracées et des Fabacées. Par ailleurs, de nombreuses espèces des familles Géraniacées, Brassicacées et Caryophyllacées ont été dénombrées. Certaines espèces appartenant à ces familles ont des propriétés mellifères. Une grande proportion de Poacées est aussi retrouvée (environ 15% des relevés). Le pool d'espèces 1-5 rassemble les familles qui ne sont représentées que par 1 à 5% de la composition floristique des sites. On retrouve en majorité des Apiacées, des Boraginacées, des Polygonacées, des Rosacées, des Scrophulariacées ou encore des Lamiacées.

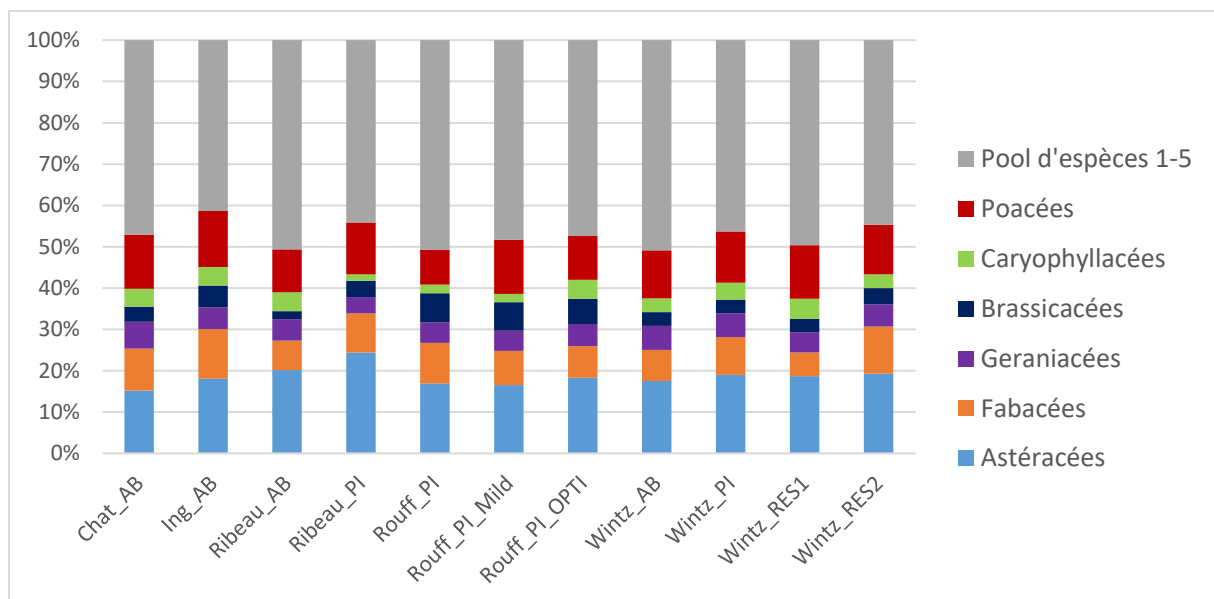


Figure 23 - Répartition des familles botaniques des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

➤ Types de Raunkier

Etudier les types de Raunkier permet dans cette étude d'observer la réponse des espèces à l'entretien du sol de chaque site (figure 24). D'après le graphique, il ne semble pas y avoir de différence marquée ni entre les sites ni entre les systèmes BIO et PI. Toutefois, il y a une dominance des hémicryptophytes et des thérophytes (Annexe H). Les mêmes tendances ont été observés chaque année (BUCHMANN, 2016 ; MERLEN, 2015). Les hémicryptophytes sont des plantes vivaces, herbacées possédant des bourgeons survivant à l'hiver au ras du sol au contraire de leurs parties aériennes qui meurent.

Les thérophytes sont des plantes annuelles complétant leurs cycles de vie en quelques mois. Ces plantes survivent l'hiver sous forme de graines. Les plantes sont donc bien adaptées à l'itinéraire technique viticole. Beaucoup de types de Raunkier restent indéterminés.

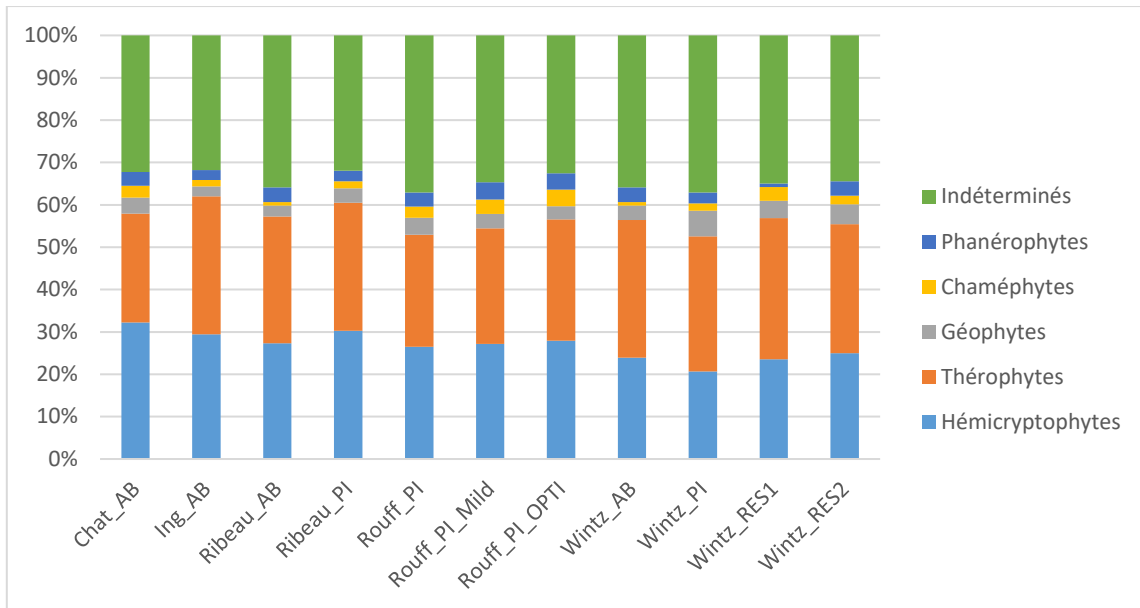


Figure 24 - Répartition des types de Raunkier des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

➤ Stratégies de Grime

Les stratégies de Grime permettent de connaître les réponses de certaines espèces aux différentes contraintes de l'environnement : la compétition (C) vis-à-vis des éléments minéraux, de la lumière, le stress (S) tolérant le manque de ressource et la perturbation (R) la capacité de résister aux perturbations (appelés aussi plante rudérale) (BACHAND, 2013). La composition floristique des relevés indique que la majeure partie des espèces (plus de 50%) présentes sont rudérales et peuvent résister à la perturbation (figure 25). Peu d'espèces résistantes à la compétition et au stress sont recensées. Environ 35% des plantes présentent une stratégie de Grime indéterminée.

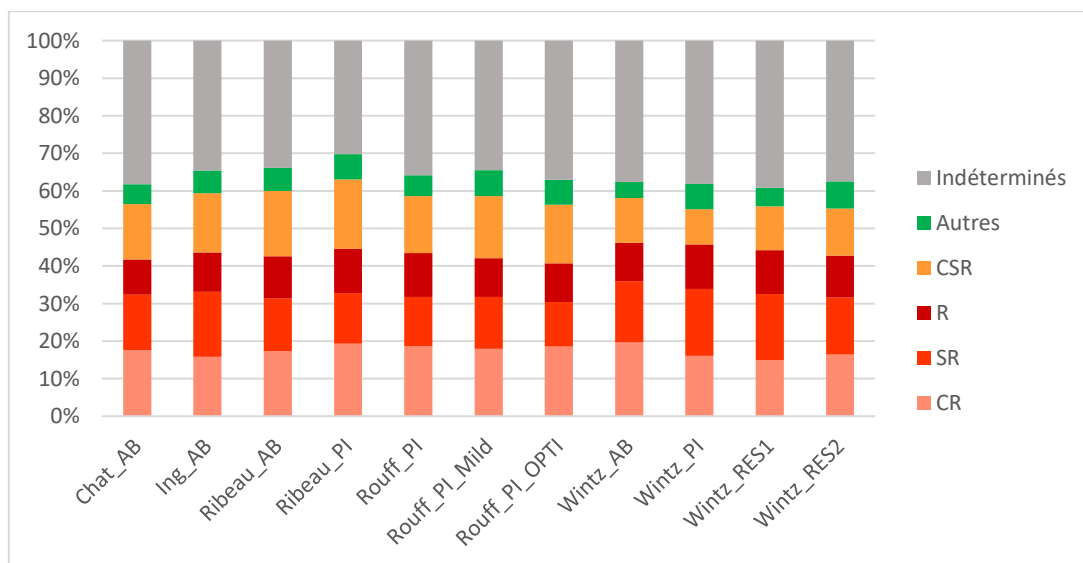


Figure 25 - Répartition des stratégies de Grime des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

➤ Espèces dominantes et indice de pollinisation

Pour caractériser la composition floristique en présence/absence, les espèces dominantes, les plus relevées sur le terrain, ont été observées (tableau 4). Les familles botaniques de ces espèces sont nombreuses avec certaines mellifères (astéracées, fabacées). La plupart sont soit hémicryptophytes soit thérophytes. Elles sont toutes rudérales sauf le trèfle blanc qui est résistante au stress. Par ailleurs, l'indicateur I FLOVI® a été utilisé pour calculer l'indice de pollinisation de chacune des espèces. Le pissenlit et le trèfle blanc ont des indices très élevés (autour de 7).

Nom commun	Nom latin	Famille botanique	Stratégie adaptative		I FLOvi : Indicateur de pollinisation		
			Type de Raunkiaer	Stratégie de Grime	Abeille	Bourdon	Syrphe
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i>	Astéracées	Hémicryptophyte	CSR	6,61	5,61	7,58
Liseron des champs	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulacées	Géophyte	CR	5,07	4,77	6,37
Geranium mou	<i>Geranium molle</i>	Géraniacées	Thérophyte	CSR	4,29	4	4,29
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>	Fabacées	Hémicryptophyte	S	6,04	6,56	1
Torilis des champs	<i>Torilis arvensis</i>	Apiacées	Thérophyte	R	5,17	1	6,51
Poacées: ▪ Brome stérile ▪ Ray-gras anglais	Poacées: ▪ <i>Bromus sterilis</i> ▪ <i>Lolium perenne</i>	Poacées	Thérophyte Hémicryptophyte	SR CSR	1	1	1

Tableau 4 - Espèces dominantes de la Présence/Absence des 11 sites de 2014 à 2018 sur la base de 3 relevés

I.1.4. Indices de biodiversité

➤ Indices de Sorensen

Les indices de Sorensen, indiquant la similitude d'espèces entre deux habitats, a été calculé entre chaque site (tableau 5). L'indice varie de 0 quand il n'existe aucune espèce commune entre les deux habitats, à 1 quand toutes les espèces rencontrées dans l'habitat 1 existent aussi dans l'habitat 2 (REMI, 2008). Il existe une grande similitude d'espèces entre **Wintzenheim PI** et **RES2** (0,96) ainsi que **Wintzenheim PI** et **AB** (0,94). On observe de nombreuses espèces communes entre ces différents sites. Les modalités de Rouffach possèdent des indices de Sorensen également élevé. Et ont des compositions floristiques similaires et sont rassemblés sur le dendrogramme (annexe L). C'est le cas pour les deux systèmes de Ribeauvillé.

	Chât_AB	Ing_AB	Ribeau_AB	Ribeau_PI	Rouff_PI	Rouff_PI_Mild	Rouff_PI_OPTI	Wintz_AB	Wintz_PI	Wintz_RES1	Wintz_RES2
Chât_AB	0										
Ing_AB	0,72	0									
Ribeau_AB	0,67	0,68	0								
Ribeau_PI	0,66	0,62	0,76	0							
Rouff_PI	0,75	0,72	0,66	0,65	0						
Rouff_PI_Mild	0,76	0,71	0,69	0,7	0,81	0					
Rouff_PI_OPTI	0,75	0,7	0,64	0,66	0,79	0,83	0				
Wintz_AB	0,77	0,74	0,7	0,68	0,72	0,69	0,7	0			
Wintz_PI	0,7	0,73	0,7	0,69	0,73	0,69	0,7	0,94	0		
Wintz_RES1	0,72	0,71	0,66	0,64	0,68	0,67	0,67	0,9	0,85	0	
Wintz_RES2	0,79	0,71	0,69	0,66	0,71	0,69	0,7	0,9	0,96	0,81	0

Tableau 5 - Calcul des indices de Sorensen de 2014 à 2018

I.2. Recouvrement

Le recouvrement a été effectué depuis 2016, soit 3 ans sur **Wintzenheim** répétition n°2. Les relevés de recouvrement ont pour but de connaître l'assemblage des communautés et les espèces dominantes sur les différents systèmes. Ils permettent également de connaître l'évolution et la dynamique des espèces végétales présentes. Le pourcentage de sol recouvert par des espèces et par du sol nu a été quantifié par système (figure 26) ainsi que la composition total entre les systèmes (figure 27). Ainsi les espèces dominantes du recouvrement sont le Mouron blanc *Stellaria media* (à 15% du recouvrement total), le Trèfle souterrain *Trifolium subterraneum* (qui a été semé), La Véronique à feuilles de lierre *Veronica hederifolia*, l'Amaranthe réfléchie *Amaranthus retroflexus*, le Trèfle blanc *Trifolium repens* et le Lamier pourpre *Lamium purpureum*. Elles représentent 82% du recouvrement total des espèces (figure 28). Le pourcentage de sol nu important est expliqué par les périodes d'installation de la jeune vigne. En effet, implantée en 2014, la vigne a besoin de temps pour se développer et l'itinéraire technique est menée en prenant en compte ce facteur.

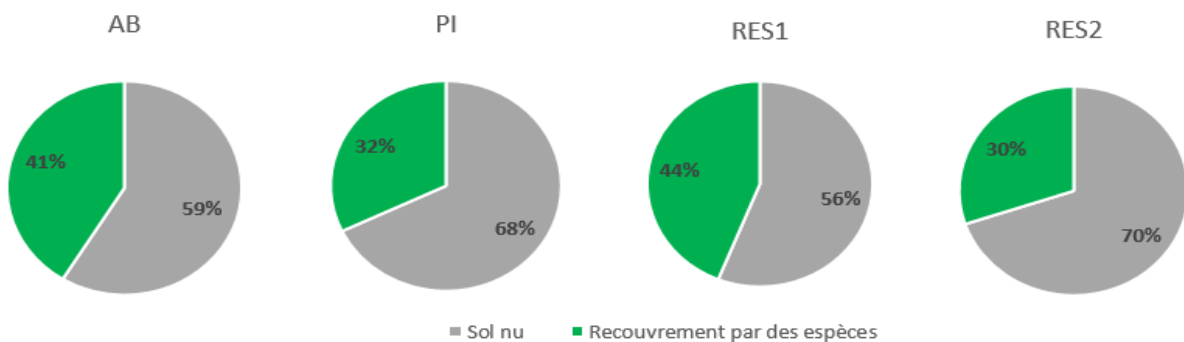


Figure 26 - Pourcentage du recouvrement des différents systèmes de Wintzenheim de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés

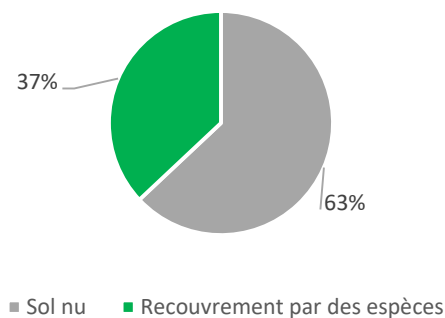


Figure 27 - Pourcentage du recouvrement total des systèmes de Wintzenheim de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés

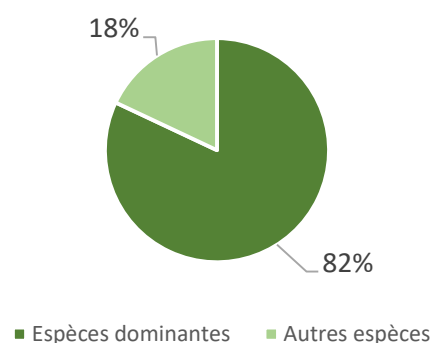


Figure 28 - Pourcentage du recouvrement espèces de 2016 à 2018 sur la base de 3 relevés (sans prendre en compte le sol nu)

La répartition des familles botaniques en fonction du recouvrement a également été établie (figure 29). Le système BIO présente un nombre d'espèces d'astéracées plus importante ainsi que moins de poacées que les autres systèmes. Les Astéracées et les Fabacées représentent 20 à 30% du recouvrement.

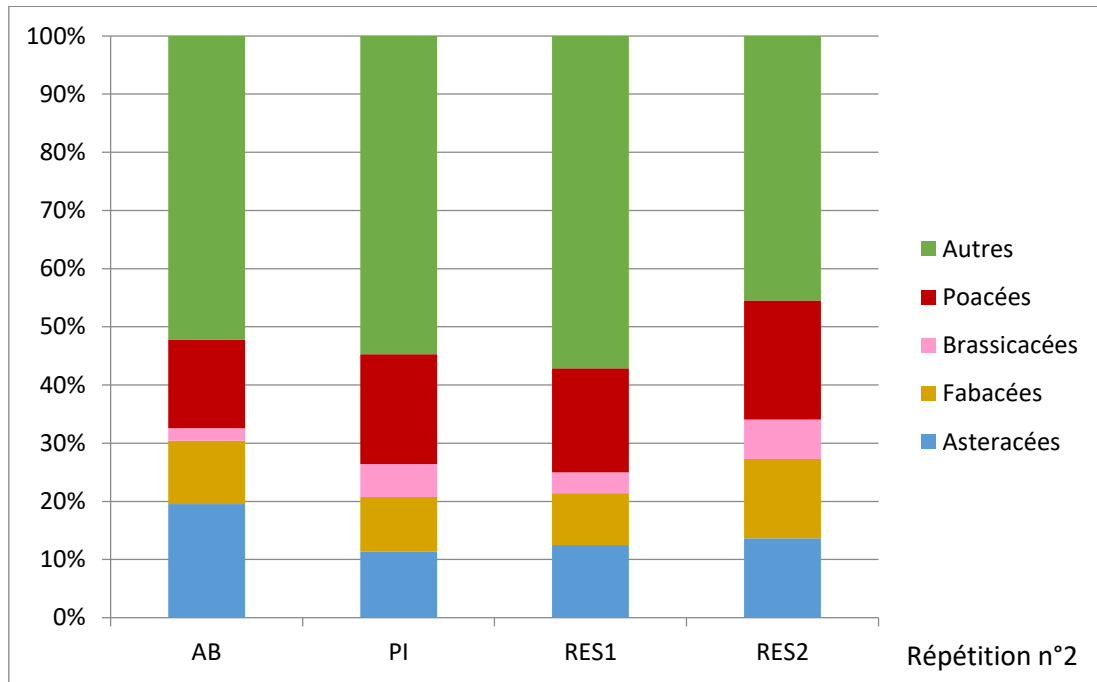


Figure 29 - Répartition des familles botaniques de 2016 à 2018 en fonction du recouvrement à Wintzenheim

II. Discussion

Rappelons que ce rapport tente de répondre aux problématiques suivantes :

- Quels sont les impacts des facteurs jouant un rôle dans le vignoble sur la composition floristique des inter-rangs, leur diversité fonctionnelle et structurale?
- La composition floristique du vignoble rend-t-elle compte de services écosystémiques à la parcelle et pour la biodiversité ?

Au regard des premiers résultats, on observe quelques différences globales : la majorité des relevés floristiques semblent indiquer que trois familles dominent le milieu puisqu'elles sont retrouvées en grand nombre que ce soit pour les relevés de présence/absence ou en terme de recouvrement. En effet, 30 à 50% des relevés floristiques de 2014 à 2018 sur les 11 sites appartiennent aux familles des Poacées, des Astéracées et des Fabacées. Cette tendance a déjà été observée au sein du vignoble durant plusieurs études, reflétant l'influence de la flore indigène (MONTEIRO *et al.*, 2012 ; PURGAR *et al.*, 2004). Cela peut s'expliquer par la capacité d'adaptation de ces familles en fonction des facteurs environnementaux ainsi que la faculté à survivre l'hiver sous forme de graine.

Il a été démontré que la diversité des plantes sauvages en viticulture dépend à la fois de l'itinéraire technique de la parcelle et de l'environnement adjacent mais aussi des facteurs biotiques (compétition intraspécifique et interspécifique) et abiotiques (sol, climat) (GARCIA *et al.*, 2018 ; ROSCHEWITZ *et al.*, 2005). D'autre part, les richesses spécifiques varient entre les relevés d'une même parcelle suivant l'année et l'emplacement des relevés mais également entre les différentes parcelles. Cela signifie que des éléments déterminants font varier ces richesses spécifiques. C'est-à-dire les facteurs liés à la parcelle, à l'environnement et caractérisant les communautés végétales.

➤ Au niveau des facteurs liés à la parcelle

Une grande différence existe entre les richesses spécifiques des sites PEPSVI entre 2014 et 2018. Elle est très élevée pour **Châtenois** et faible pour les sites de **Ribeauvillé**. Cela peut s'expliquer par l'itinéraire technique conduit sur ces parcelles : les cavaillons sont recouverts de copeaux à Ribeauvillé dans le but de limiter le développement de plantes sauvages. Cependant, l'année 2018 est marquée par une plus forte diversité floristique sur ce site puisqu'une bande enherbée a été implantée. La flore n'est donc plus spontanée. De plus, à **Ribeauvillé**, nous pouvons nous intéresser aux deux systèmes **BIO** et **PI**. Etant situés sur le même coteau avec les mêmes conditions climatiques, l'itinéraire technique semble jouer un rôle important entre ces systèmes.

Un travail du sol plus important est mené sur le système **BIO**. Cela s'explique par le fait que le désherbage mécanique est une alternative au désherbage chimique. « Le travail du sol a pour effet de diminuer la richesse spécifique moyenne (suivant le type de travail et la fréquence de perturbation » (GABA *et al.*, 2013 ; MOHLER *et al.*, 1997). L'angle d'inversion de l'outil utilisé et la profondeur du travail du sol sont les principaux facteurs qui expliquent le mouvement des graines et la production de biomasse. Ainsi, l'arrêt du travail du sol favoriserait la levée des adventices et augmenterait la richesse spécifique d'une parcelle. Plusieurs études ont montré qu'après une dizaine d'année de travail du sol réduit, la composition floristique été assimilée à un début de « succession écologique secondaire » (DUROCHER, 2016).

Pourtant, la richesse spécifique à **Ribeauvillé** du système **PI**, traité à l'aide d'herbicide (uniquement le cavaillon), semble le plus souvent plus élevée que le système **BIO**. Il a été démontré dans ce mémoire que le système **BIO** et **PI** ne présentent pas de différence significative entre 2014 et 2018 (même si un effet année entre 2014 et 2018 a été mis en évidence). L'itinéraire technique et le traitement chimique n'aurait donc pas ou peu d'impact sur les systèmes **BIO** et **PI** en viticulture. Quand nous comparons les systèmes par année, il n'existe pas non plus de différence significative. Des résultats similaires ont été obtenus prenant en compte les analyses de richesses spécifiques entre systèmes (BRUGISSER *et al.*, 2010). Concernant la composition floristique entre différents types de production, des chercheurs ont constaté que des communautés végétales similaires peuvent se développer dans les exploitations viticoles indépendamment de la conduite des parcelles (PUIG-MONTSERRAT *et al.*, 2017).

Les sites de Rouffach ont une richesse spécifique importante (autour de 70 espèces en moyenne entre 2014 et 2018). Un des principaux objectifs sur ce site pour les années en venir est de convertir les conduites des parcelles en agriculture biologique. Ainsi, le travail du sol est privilégié au détriment des intrants. C'est pour cela que le travail du sol en profondeur et le labour sont plus importants en 2017 qu'en 2016. Aucun traitement en herbicide n'est mené sur **Rouffach PI Mild** et **OPTI** tandis qu'il y a 2 traitements tous les ans en avril et juillet pour le site de **Rouff PI**. La gestion des parcelles de **Wintzenheim** montre également un travail du sol plus important en 2017. Etant une jeune vigne, l'itinéraire technique est particulier durant les années d'implantation. A partir de 2017, l'itinéraire change puisque la vigne rentre en production. D'après les indices de Sorensen, les parcelles provenant d'un même site présentent un nombre de taxons similaires élevé au contraire des parcelles issues de sites différents. Ainsi, trois groupes se forment : **Wintzenheim**, **Rouffach** et **Ribeauvillé**. Les parcelles d'**Ingersheim** et **Châtenois** sont également similaires (tous deux en biodynamie).

L'étude a mis en évidence une différence significative entre l'inter-rang enherbé et les autres compartiments du vignoble : l'inter-rang travaillé et le cavaillon. Ces deux derniers compartiments possèdent la même richesse spécifique moyenne entre 2014 et 2018 (environ 39 espèces). Cette similarité s'explique par le fait que le travail sur l'inter-rang travaillé est réalisé de façon aussi importante que sur le cavaillon (travail en profondeur, buttage-débuttage). La flore est importante au sein du vignoble mais, au niveau du cavaillon, elle peut poser problème car elle devient compétitrice à la vigne et les rendements sont impactés. Pour remédier à cette compétition, les plantes sauvages doivent être maîtrisées grâce au buttage et à l'épandage de copeaux (BUCHMANN, 2016). Cela permet d'accumuler la terre sous forme de butte aux pieds des plants, de recouvrir la végétation et de l'affaiblir dans la détruire.

Les viticulteurs en production **BIO** auraient une composition floristique sur le cavaillon similaire aux viticulteurs en production intégrée (sans utilisation de produits phytosanitaires) (BRUGISSER *et al.*, 2010). Cela confirmerait que la conduite en **BIO** est une alternative intéressante sans avoir recours aux herbicides d'un point de vue environnemental. L'inter-rang enherbé possède une richesse spécifique plus élevée que les deux autres compartiments. Cette observation a déjà été démontrée dans un vignoble espagnol où la richesse spécifique de l'inter-rang enherbé était nettement supérieure à l'inter-rang travaillé et au cavaillon (BUCHMANN, 2016 ; PUIG-MONTSERRAT *et al.*, 2017). L'inter-rang enherbé étant moins perturbé suivant l'itinéraire technique de la parcelle, cela laisse la possibilité à certaines espèces de se développer. Cependant, des tassements sont observés sur cet inter-rang provoqués par le passage répétés des machines. Contre la compaction, le hersage et le griffage est conseillé.

Mais la multiplication des espèces est rigoureusement contrôlée par le fauchage, le broyage et le paillage. La fauche et le broyage permettent de réduire le nombre des plantes sauvages mais la fauche répétée peut favoriser le développement de poacées et de plantes pérennes (HANSON *et al.*, 2017 ; KAZAKOU *et al.*, 2016). Les périodes entre les fauches doit être maîtrisée pour assurer la production des graines des espèces désirables tout en stoppant celle des indésirables (SELINGER-LOOTEN *et al.*, 2001). Les espèces invasives semblent réduire la diversité floristique créant une concurrence avec la vigne (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b). Le paillage limite la germination de certaines graines en empêchant la lumière de filtrer. Il semble également réduire l'évaporation, le ruissellement de l'eau et l'érosion du sol (UNDER *et al.*, 1998 ; PROSDOCIMI *et al.*, 2016).

La flore apporte une certaine stabilité au paysage viticole mais aussi des services pour la vigne et pour la biodiversité. Les couverts végétaux semblent protéger de l'érosion de l'eau et du vent (LE BISSONNAIS *et al.*, 2004). La structure du sol est ainsi maintenue, plus stable (en agrégats), favorise la porosité des vignes et préserve de l'impact de la pluie (CHANTELOT, 2003 ; GAUDIN *et al.*, 2010). Les couverts permettent aussi de retenir certains éléments nutritifs, les rendant disponibles pour la vigne, purifiant l'eau et améliorant la fertilité du sol (GARCIA *et al.*, 2018). Cependant, le contrôle des apports d'eau est primordial puisqu'une disponibilité d'eau excessive ou un stress d'eau important peut altérer le développement du raisin et la qualité du vin. Plusieurs études mettent en lumière l'habilité des couverts à limiter la propagation des plantes sauvages, particulièrement durant la période de l'hiver (BAUMGARTNER *et al.*, 2008).

➤ Au niveau des facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux semblent jouer un rôle primordial pour le vignoble. En effet, la distance entre la vigne et les éléments naturels/anthropiques démontrent une différence significative très élevée. La richesse spécifique semble positivement impactée par l'environnement adjacent. D'après nos résultats, plus la végétation est dense (forêt, bosquet) plus la richesse spécifique est élevée. Ainsi, l'environnement adjacent pourrait avoir une influence sur la composition floristique puisque les sites avec un nombre élevé de taxons en communs ont des caractéristiques similaires (BUCHMANN, 2016). Le type d'habitat est un des facteurs les plus importants qui explique la variation en composition d'espèces suivant la localisation des sites dans les paysages agricoles (ANGLES, 2014 ; FREEMARK *et al.*, 2001). Plusieurs études ont confirmé que la « composition et la structure de la mosaïque paysagère au sein du territoire agricole ont une influence sur la diversité végétale » (RABOLIN-MEINRAD *et al.*, 2017b ; WEIBULL *et al.*, 2003). De plus, « les haies contribuent à l'augmentation de la biodiversité végétale » (COHEN *et al.*, 2015).

L'aspect climatologie doit aussi être pris en compte puisque la biodiversité (floristique et animale) est directement impactée par celui-ci (COUVET *et al.*, 2011 ; VANDEVELDE *et al.*, 2015). En 2014, les pluies ont été abondantes avec des températures élevées dans la région d'Alsace et ont suivi à une canicule en 2015 puis un hiver doux (Annexe K). Ces conditions exceptionnelles ont pu avoir une influence sur la flore. En 2016, les pluies ont été également abondantes et inhabituelles pour suivre une année très sèche en 2017. On peut supposer que ces observations expliquent en partie le pic de la richesse spécifique à **Rouffach**, **Ingersheim** et **Wintzenheim** en 2015. En effet, le sol s'est chargé en eau en 2014 et, les températures étant relativement élevées, les conditions étaient favorables à la levée d'espèces pérennes et vivaces.

Un autre facteur, pouvant influencer la richesse spécifique est la pente. En effet, la plupart des sites sont situés sur des coteaux sauf le site d'Ingersheim qui se situe en plaine sableuse. On peut faire l'hypothèse que les caractéristiques de sa localisation ainsi que son environnement adjacent (entouré de vignes) peuvent permettre de comprendre pourquoi la richesse spécifique de ce site est faible.

Permettre à la végétation spontanée (ou implantée) de se développer a de nombreux avantages comme être un corridor écologique et une réserve alimentaire pour la biodiversité (GARCIA *et al.*, 2018). La végétation permanente augmente les populations de nématodes et empêche que seulement les espèces invasives (dont poacées) se développent dans la vigne (COLL *et al.*, 2009 ; RAHMAN *et al.*, 2009). De plus, elle permet de piéger le carbone et maintien l'esthétique de nos paysages agricoles. Le paysage et l'urbanisation ont une influence complexe sur la biodiversité en raison de leur rôle dans la filtration de l'environnement et la composition des pools d'espèces (Mc KINNEY, 2006 ; MAYFIELD *et al.*, 2010).

➤ Au niveau des facteurs caractéristiques des communautés végétales

Certaines espèces retrouvées dans les relevés ont la caractéristique d'être mellifère et de rendre compte de services écosystémiques. Il serait donc intéressant que des familles comme les Astéracées et les Fabacées (familles à forte valeur pollinisatrice) soient dominantes dans les relevés contrairement aux Poacées qui colonisent rapidement le sol et empêchent le développement d'autres espèces. 25 à 30% des relevés sont des Astéracées et des Fabacées entre 2014 et 2018. Pour limiter la prolifération des graminées, le griffage est efficace (BUCHMANN, 2016 ; HANSON *et al.*, 2017). Il permet aussi, pour un travail partiel à la surface du sol, d'aérer la terre et de favoriser l'apparition de nouvelles familles. Les espèces invasives comme le chénopode blanc *Chenopodium album* ou encore l'amaranthe réfléchi *Amaranthus retroflexus* se multiplie facilement lors de grandes perturbations du sol (labour) d'où l'importance de favoriser du travail superficiel si on souhaite que certaines espèces germent. Permettre aux espèces invasives dont les Poacées de grandir c'est réduire la diversité floristique et augmenter la concurrence de l'eau avec la vigne, ces espèces étant très grandes consommatrices d'eau.

L'évolution de la richesse spécifique entre les années montre que de nouvelles espèces ont vu le jour au sein du vignoble comme la Tanaisie commune *Tanacetum vulgare* ou encore la Laitue sauvage *Lactuca serriola*. Ces deux espèces d'Astéracées possèdent des valeurs de pollinisation très élevée (autour de 6 et 7,5). « La présence de cultures entomophiles telles que les astéracées, les légumineuses (Fabacées) et la conservation des adventices constituent des éléments prouvant l'enrichissement des paysages agricoles en ressources florales pour l'abeille » (ROLLIN *et al.*, 2013). Les espèces mellifères du vignoble présentent dans la majorité des sites ont un indice compris entre 4 et 7,5.

D'après les résultats sur les types de Raunkier, les hémicryptophyte et les thérophyte sont les plus abondantes et correspondent à des plantes adaptées aux pratiques agricoles grâce à leurs caractéristiques de survie pendant l'hiver. On peut émettre alors l'hypothèse que les interventions agricoles ont un impact sur les espèces présentes (BUCHMANN, 2016). Le travail du sol peut prévenir l'installation de plantes pérennes ou bisanuelles (surtout les hémicryptophyte) (ZANIN *et al.*, 1997). Par exemple, la fauche trop précoce peut réprimer la production de semences alors qu'une coupe trop tardive est un « couvert parfois trop fermé pour l'installation de nouvelles plantes issues de la parcelle considérée ou de son environnement » (BUCHMANN, 2016 ; LE ROUX, 2008 ; SMITH *et al.*, 2002).

La plupart des espèces relevées dans cette étude sont adaptées aux perturbations de la vigne. Les espèces de types R (Grime) sont présentes dans les « habitats fréquemment perturbés ou dans les stages précoces d'évolution de ces habitats après stabilisation » entraînant une déstructuration de la végétation en place (JAUZEIN, 1997). Cette majorité de rudérales peut s'expliquer par le fait qu'entre mai et septembre, plusieurs interventions de travail du sol ont eu lieu (DUROCHER, 2016). Ce faible intervalle entre les perturbations de la terre rend difficile à certaines espèces de s'établir sur une surface importante de l'inter-rang. « Un travail du sol intensivement réduit mais fréquent peut s'avérer aussi dommageable qu'un travail intensif » (GABA *et al.*, 2013). L'aspect temporel est un facteur impactant la perturbation.

En viticulture, il est conseillé de ne pas avoir trop d'espèces compétitrices à cause de la concurrence en eau avec la vigne qui altérerait les rendements. Pour maintenir une bonne biodiversité floristique rendant des services écosystémiques en limitant la compétition, on préférera les types S, résistant au stress (manque de ressource) comme le trèfle blanc *Trifolium repens*. Cette espèce de la famille des Fabacées fixe l'azote, attire certains animaux (comme les rongeurs) et possède une valeur de pollinisation élevée (6) (DINATALE *et al.*, 2005 ; INGELS *et al.*, 2005). Moins il y a de perturbations, plus de services trophiques sont élevés. Ainsi, en connaissant l'environnement, les itinéraires techniques et les richesses spécifiques, il nous sera possible d'orienter le viticulteur pour favoriser la présence de certaines familles (Astéracées et Fabacées) aillant un attrait intéressant pour la vigne et la biodiversité.

III. Perspectives et points d'amélioration de l'étude

Après 5 ans d'études de la biodiversité floristique de la vigne, de nombreux résultats ont été mis en évidence. Les relevés floristiques ont permis le recueil d'un pool de données conséquent. Il aurait été intéressant que le projet continu encore sur quelques années pour observer des tendances sur une période plus longue (10 à 15 ans). Ainsi, avec des facteurs variant chaque années (Itinéraire technique, climat), des résultats à long terme auraient été plu intéressants. Par exemple, si certaines conditions climatiques exceptionnelles (comme en 2014-2015) étaient observées une seconde fois, la richesse spécifique serait-elle aussi importante la seconde année ? Il pourrait être intéressant de mesurer le taux de recouvrements sur toutes les parcelles et calculer des indices autres que la richesse spécifique (indices de Shannon, d'équitabilité).

Un nouveau projet a été récemment mis en place sur **Ribeauvillé** et certaines recherches menées grâce à l'étude PEPSVI pourraient être confirmées sur ce nouveau réseau de parcelles. L'étude de l'environnement adjacent serait une étude intéressante. Déjà mise en évidence sur d'autres parcelles au niveau international, cela confirmerait les hypothèses de cette étude. Une autre amélioration serait de compléter la liste des espèces floristiques retrouvées dans le vignoble et la base de données I FLOvi®. Certaines plantes n'ont pas de valeurs pollinisatrices et restent à calculer. Il faudrait également tester cette base de données sur un réseau de parcelles plus important en Alsace avec des conduites similaires et prédire quel sera l'évolution de la flore.

Les productions en **BIO** et en Biodynamie adaptent régulièrement les cahiers des charges et modifie très souvent les interventions menées sur leurs parcelles en fonctions des aléas. La synthèses des itinéraires techniques sont trop différentes d'une année à une autre et sont limitants pour les chercheurs qui ne peuvent pas répondre à toutes leurs questions (par manque de répétabilité). Il aurait été intéressant de réaliser une AFC avec tous les itinéraires techniques pour obtenir de nouvelles corrélations entre les sites.

Conclusion

Ce mémoire a permis de mettre en évidence certaines relations étroites entre viticulture et biodiversité floristique durant les cinq années de suivi de 2014 à 2018 du projet PEPSVI. Caractériser la flore viticole sur un réseau de parcelles expérimentales a conduit à émettre des hypothèses quant au rôle de la biodiversité floristique. Chaque facteur jouant un rôle sur le vignoble a un impact plus ou moins considérable sur la richesse et la composition spécifique. Les résultats issus des relevés terrain des méthodes de présence/absence et de recouvrement répondent aux hypothèses émises en début de l'étude.

La richesse spécifique évolue tous les ans de façon variable et semble très dépendant du climat et de l'itinéraire technique conduit sur les parcelles. De plus, on observe que la distance de la parcelle de vigne avec les éléments adjacents (naturels et anthropiques) semblent impactée la composition floristique à l'inverse des différents systèmes de production. Dans un premier temps, les résultats auraient pu prouver qu'une différence significative existait entre la production biologique et intégrée. Hors, les résultats démontrent le contraire dans cette étude depuis 2014. Néanmoins, La richesse spécifique paraît donc influencée aussi bien par des facteurs anthropiques que par des facteurs environnementaux (BUCHMANN, 2016 ; MERLEN, 2015).

Dans cette étude, l'inter-rang enherbé possède des richesses spécifiques plus élevées que l'inter-rang travaillé et que le cavaillon. On suppose que certaines pratiques agricoles telles que la fauche, le paillage ou encore le broyage accélèrent la sélection d'espèces qui survivent l'hiver sous forme de graines (hémicryptophyte et thérophyte) ainsi que les rudérales, résistant à la perturbation. Les familles botaniques les plus représentées dans les relevés sont les Poacées, les Astéracées et les Fabacées. Les Poacées sont très concurrente avec la vigne pour les ressources en eau et ont des valeurs de pollinisation très faibles. En revanche, les deux autres familles rendent compte de services écosystémiques et sont très mellifères. Les Fabacées ont la particularité de fixer l'azote. Travailler sur l'implantation d'autres familles au sein du vignoble répondant à certains services comme la pollinisation pourrait augmenter la diversité spécifique et avoir des avantages pour la vigne.

L'indicateur de pollinisation I FLOvi® a pu être complété avec de nouvelles espèces retrouvées sur le terrain dans le cadre du projet PEPSVI. Pour confirmer ce jeu de données, il serait préférable de le tester sur un autre réseau de parcelles localisé dans une autre région de France. Des haies ou des bordures végétales pourraient également être installées pour augmenter la diversité spécifique et le nombre de pollinisateur. Toutefois, il est important que les pratiques agricoles soient raisonnées en fonction des objectifs de production et des espèces présentes. D'autres performances agronomiques (maladie de la vigne, analyses sensorielles), environnementales, économiques et sociales du projet sont mesurées afin de présenter des stratégies rentables et durables à la viticulture.

Références bibliographiques :

Agreste, 2014. « Un désherbage mécanique sur vigne qui progresse au-delà des producteurs bio » [PDF]. Alsace, n° 26.

ALLSOPP M., TIRADO R., JOHNSTON P., SANTILLO D., LEMMENS P., 2014. « Piqûre de rappel – Vivre sans pesticides. Solutions pour une agriculture écologique » [PDF]. Date de consultation: 18/06/2018.

ANGLES S., 2014. Atlas des paysages de la vigne et de l'olivier en France méditerranéenne. France. Quæ, pp.208, 9782759222117. Date de consultation: 20/08/2018.

BACHAND M., 2013. « Le triangle des stratégies C-S-R de Grime (1977). C représente les espèces compétitrices, S, les espèces tolérantes au stress et R, les espèces rudérales » [En ligne]. Date de consultation : 19/06/2018. Disponible sur : < https://www.researchgate.net/figure/Le-triangle-des-strategies-C-S-R-de-Grime-1977-C-represente-les-especes_fig2_283722648>.

BAUMGARTNER K., STEENWERTH K.L., VEILLEUX L., 2008. « Cover-crop systems affect weed communities in a California vineyard » [PDF]. Weed Sci. 56, 596–605. <http://dx.doi.org/10.1614/WS-07-181.1>. Date de consultation: 14/08/2018.

BERTHELOT S., 2014. « Syrphes sur coquelicot » [En ligne]. Date de consultation: 22/03/2018. Disponible sur : <<http://lagriondeloise.over-blog.com>>.

Bio-marche, 2012. « Alsace: la viticulture biologique progresse ». Bio-marche.info » [en ligne]. Date de consultation : 19/06/2018. Disponible sur : <http://www.bio-marche.info/web/Nouvelles_en_bref/Produits/Alsac-viti/356/285/0/12430.html>.

BOCKSTALLER C., GUICHARD L., MAKOWSKI D., AVELINE A., GIRARDIN P., PLANTUREUX S., 2008. « Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. Agronomy for Sustainable Development » [PDF]. 28 (1), 139-149. Date de consultation: 15/03/2018. Disponible sur : <<http://www.inra.fr>>.

BOCKSTALLER C., LASSERE-JOULIN F., SLEZACK-DESCHAUMES S., PIUTTI S., VILLERD J., AMIAUD B., PLANTUREUX S., 2011. « Assessing biodiversity in arable farmland by means of indicators: an overview » [PDF]. Oléagineux Corps gras Lipides 18: 137-144. Date de consultation : 19/03/2018. Disponible sur : <<http://www.inra.fr>>.

BRETAGNOLLE V., GABA S., 2015. « Weeds for bees? A review. Agronomy for Sustainable Development » [PDF]. 35, (3), 891-909. Date de consultation: 28/06/2018.

BRUGGISSER O. T., BACHER S., ENTLING M., 2010. « Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels » [PDF]. Biological Conservation, 143: 1521-1528. Date de consultation : 15/03/2018.

BUCHMANN J., 2016. « Influence des différents facteurs anthropiques et environnementaux de 2014 à 2016 sur un réseau de parcelles expérimentales. » Mémoire de stage M2 : 38 p.

BÜNEMANNA E. K., BONGIORNOA G., BAIC Z., CREAMERB R. E., DE DEYNB G., DE GOEDEB R., FLESKENDS L., GEISSEND V., KUYPERB T. W., MÄDERA P., PULLEMANB M., SUKKELF W., VAN GROENIGENB J. W., BRUSSAARDB L., 2018. « Soil Biology and Biochemistry - Soil quality – A critical review » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

BUREAU M., 2016. « Contribution à la mise en œuvre du projet Biodiversité du vignoble de Ribeauvillé. » Mémoire de stage M2 : 52 p.

BUTAULT J. P., DEDRYVER C. A., GARY C., GUICHARD L., JACQUET F., MEYNARD J. M., NICOT P., PITRAT M., REAU R., SAUPHANOR B., SAVINI I., VOLAY T., 2010. « Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? ». [Rapport de recherche] Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer. 2010, 90 p. Date de consultation : 15/03/2018. Disponible sur: <hal-01172967>.

CARVELL, C. (2002). « Habitat use and conservation of bumblebees (*Bombus* spp.) under different grassland management regimes. » *Biological Conservation* 103(1): 33-49.

CASSIER C., 2012. « Univers Nature - L'histoire des pesticides depuis 1945: une lente agonie du vivant » [en ligne]. Date de consultation: 22/06/2018. Disponible sur: <<http://www.univers-nature.com/actualite/agriculture-chasse/l%2%92histoire-des-pesticides-depuis-1945%2%A0-une-lente-agonie-du-vivant-57708.html>>.

CELETTE F., GAUDIN R., GARY C., 2008. « Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping » [PDF]. Date de consultation : 15/03/2018

Chambre d'agriculture des Ardennes, 2016. « Techniques et innovations » [En ligne]. Date de consultation : 15/03/2018. Disponible sur : <http://www.ardennes.chambre-agriculture.fr/>

CHARDES M. C., 2013. « ECODIAG Messicoles - Etude de la biodiversité des exploitations Agricoles par la flore messicole » [PDF]. Date de consultation: 04/07/2018.

CHANTELOT E., 2003. « L'enherbement de la vigne » [PDF]. Date de consultation: 20/08/2018.

CHEVALIER R., GAUTIER G., ARCHAUX, F., 2010. « Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix » [PDF]. N° 2, 2010, pp. 141-154. Date de consultation : 19/03/2018.

CIVA, 2015. « Le vignoble d'Alsace en quelques chiffres » [PDF]. Date de consultation: 21/06/2018. Disponible sur: <http://www1.vinsalsace.com/IMG/pdf/KIT_PRODUCTION_COMPLET_exercice_2014-2.pdf>.

CLAVIEN Y., 2005. « Gestion de l'enherbement des vignes en Valais central : Influences des sols, de la végétation herbacée et des techniques de gestion sur le comportement de la vigne et la qualité du moût », Université de Neuchâtel – Institut de botanique, Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Encadrant Gobat. J-M. 122p.

CLAVIEN Y., DELABAYS N., 2006. « Inventaire floristique des vignes de Suisse romande: connaître la flore pour mieux la gérer » [PDF]. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 38 (6): 335-341. Date de consultation : 16/03/2018.

CNRS, 2018. « Dégradations - La pollution par les pesticides » [en ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/degredation/06_pollution.htm>.

COACOLO D., 2017. « Syrphe – Syrphidae » [En ligne]. Date de consultation: 22/03/2018. Disponible sur: <<http://dan-coacolo.fr>>.

COHEN M., BILODEAU C., ALEXANDRE F., GODRON M., ANDRIEU J., GRESILLON E., GARLATTI F., MORGANTI A., 2015. « What is the plant biodiversity in a cultural landscape? A comparative, multi-scale and interdisciplinary study in olive groves and vineyards (Mediterranean France) » [PDF]. Agriculture, Ecosystems & Environment 212: 175-86. Date de consultation: 04/07/2018.

COLL P., ARNAL D., BLANCHART E., HINSINGER P., LE CADRE E., SOUCHE G., VILLENAVE C., 2009. « Viticultural soils quality: benefits of permanent grass cover on soil chemical characteristics and soil biological indicators » [PDF]. Progrès Agric. Vitic. 126, 527–531. Date de consultation: 14/08/2018.

COOPER, J., DOBSON, H., 2007. « Pesticides and humanity: the benefits of using pesticides » [PDF]. Date de consultation: 21/06/2018.

COUVET D., DEVICTOR V., JIGUET F., JULLIARD R., 2011. « Scientific contributions of extensive biodiversity monitoring » [PDF]. C. R. Biol., 334, pp. 370-377. Date de consultation: 20/08/2018.

Daily G. C., 1997. « Nature's Services. Societal dependence on natural ecosystems, Island Press, Washington, DC » [PDF]. Date de consultation : 19/03/2018.

Data-gouv, 2014. « Production de vin par département » [en ligne]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <<https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/production-de-vin-par-departement/>>

DECOURTYE A., LECOMPTE P., PIERRE J., CHAUZAT M. P., THIEBEAU P., 2007. « Introduction de jachères florales en zones de grandes cultures : comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture? » [PDF]. Courrier de l'environnement de l'INRA(54): 33-56. Date de consultation : 15/03/2018. Disponible sur : <<http://www.inra.fr>>.

DELABAYS N., SPRING J.-L., MERMILLOD G., (2006). « Essai d'enherbement de la vigne avec des espèces peu concurrentielles : aspects botaniques et malherbologiques » [PDF]. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 38 (6): 343-352. Date de consultation : 19/03/2018.

DELABAYS N., WIRTH J., VAZ C., 2009. « Nouveaux enjeux dans la gestion de la flore des vignobles » [PDF]. Date de consultation : 03/07/2018.

DELIERE L., BURGUN X., LAFOND D., MAHÉ H., MÉTRAL R., SERRANO E., THIOUET-SCHOLTUS M., ROUGIER M., EMONET E., PILLET E., 2016. « Réseau DEPHY EXPE : Synthèse des résultats à mi-parcours à l'échelle nationale - filière Viticulture » [PDF]. Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto, 70p. Date de consultation: 30/07/2018.

DELPUECH X., 2006. « Enherbement des vignes, premier tour pour 23 candidats » [PDF]. Phytoma-La santé des végétaux 658. Date de consultation : 15/03/2018. Disponible sur : <<http://viticulture.ecophytopic.fr>>.

DI PASQUALE G., 2014. « Influence de l'alimentation pollinique sur la santé de l'abeille domestique, Apis mellifera L. » [PDF]. Sciences agricoles. Université d'Avignon. Date de consultation: 30/07/2018.

DINATALE A., PARDINI A., ARGENTI G., 2005. « Cover crops effects on plant and insect bio-diversity in Western Australian vineyards. In: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Rigueiro-Rodríguez, A. (Eds.), Silvopastoralism and Sustainable Land Management: Proceedings of an International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management » [PDF]. CABI, Lugo, Spain, pp. 255–256. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845930011.0255>. Date de consultation: 14/08/2018.

DUROCHER E., 2016. « Dynamique de enherbements spontanés en parcelles viticoles ». Mémoire de stage M2 : 47 p.

Ecosociosystemes, 2018. « Vanille » [en ligne]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <<http://www.ecosociosystemes.fr/vanille.html>>.

EcoViti, 2018. « Présentation du projet » [En ligne]. Date de consultation: 04/07/2018. Disponible sur: <<http://www.vignevin.com/recherche/vigne-et-terroir/ecoviti/ecoviti/extranet-ecoviti/extranet/presentation.html>>.

EPicure, 2010. « Module Optidose 2 » [En ligne]. Date de consultation : 21/03/2018. Disponible sur : <<https://www.vignevin-epicure.com>>.

ERMES, 2016. « Etat de la nappe phréatique d'Alsace et des aquifères du Sundgau » [PDF]. Date de consultation: 20/06/2018.

FranceAgriMer, 2018. « Mieux connaître le vin - La filière en bref » [en ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <<http://www.franceagrimer.fr/filiere-vin-et-cidriculture/Vin/La-filiere-en-bref/Mieux-connaître-le-vin/L-histoire-de-la-vigne-et-du-vin>>.

FREEMARK K.E., KIRK D.A., 2001. « Birds on organic and conventional farms in Ontario: Partitioning effects of habitat and practices on species composition and abundance » [PDF]. *Biological Conservation*, 101 (3), pp. 337-350. Date de consultation: 20/08/2018.

FRIED G., 2009. « Les plantes messicoles et les plantes remarquables des cultures en Alsace - Atlas écologique et floristique », *Revue d'Alsace [En ligne]*, 135 172, p. Date de consultation: 02/07/2018.

FRIED G., CHAUVEL B., REBOUD X., 2008. « Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies: vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture » [PDF]. Date de consultation: 27/06/2018.

FULTON, M., HODGES, S.A., 1999. « Floral isolation between *Aquilegia formosa* and *Aquilegia pubescens*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* » [PDF]. Volume 266, n° 1435. p. 2247. Date de consultation: 28/06/2018.

GABA S., FRIED G., KAZAKOU E., CHAUVEL B., NAVAS M.-L., 2013. « Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agron. Sustain* » [PDF]. *Dev.*, 34, 103-119. Date de consultation: 14/08/2018.

GADOUM, S., M. TERZO, RASMONT P., 2007. « Jachères apicoles et jachères fleuries : la biodiversité au menu de quelles abeilles? » [PDF]. *Courrier de l'environnement de l'INRA(54):* 57-63. Date de consultation: 27/06/2018.

GAGO P., CABALEIRO C., GARCIA J., 2007. « Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in northwestern Spain » [PDF]. Date de consultation: 13/08/2018.

GARCIA L., CELETTE F., GARY C., RIPOCHE A., VALDES-GOMEZ H., METAY A., 2018. « Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review » [PDF]. Date de consultation: 13/08/2018.

GAUDIN R., CELETTE F., GARY C., 2010. Contribution of runoff to incomplete off season soilwater refilling in a Mediterranean vineyard. *Agric. Water Manag.* 97, 1534–1540.<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.007>. Date de consultation: 14/08/2018.

GINESTET E., 2016. « E-RSE - Quel est l'impact environnemental du vin et de la viticulture ? » [En ligne]. Date de consultation: 21/06/2018. Disponible sur: <<https://e-rse.net/impact-environnemental-viticulture-vin-pesticides-21891/>>.

GIROLT D., 2011. « Le vignoble alsacien en quelques chiffres » [en ligne]. Date de consultation: 14/06/2018. Disponible sur: <<http://www.vitiblog.fr/le-vignoble-alsacien-en-quelques-chiffres/>>

GRIGNION J., 2012. « Caractérisation de la flore du vignoble alsacien Entre influence des facteurs environnementaux et Pressions anthropiques » [PDF]. Mémoire de stage : 24 p

GUITTET M., SIBE V., GAUDIN J.C., 2011. « Les vignobles : de nouveaux réservoirs de biodiversité » [PDF]. Faune Sauvage, n°291, p.34-42.

HANSON B. D., RONCORONI J., HEMBREE K. J., MOLINAR R., ELMORE C. L., 2017. « Weed Control in Orchards and Vineyards » [PDF]. Date de consultation: 20/08/2018.

HILL D., FASHAM M., TUCKER G., SHEWRY M., SHAW P., 2005. « Handbook of Biodiversity Methods – Survey, Evaluation and Monitoring » [PDF]. Cambridge University Press, 573p. Date de consultation: 30/07/2018.

IFV, 2018. « Outils en ligne » [En ligne]. Date de consultation : 19/03/2018. Disponible sur : <<http://www.vignevin.com>>.

INRA, 2009. « ECOPHYTO R&D – Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires - TOME I : MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE [PDF] » p. 76. Date de consultation: 20/06/2018.

INRA, 2010a. « Ecophyto R&D - Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides? » [en ligne]. Date de consultation: 21/06/2018. Disponible sur: <<http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/224976-51d3e-resource-ecophyto-r-d-8-pages.html>>.

INRA, 2010b. « Écophyto R&D - réduire l'usage des pesticides » [en ligne]. Date de consultation: 18/06/2018. Disponible sur: <<http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Ecophyto-R-D>>.

INRA, 2015. « Plateforme PEPSVI » [En ligne]. Date de consultation: 04/07/2018. Disponible sur: <<http://www.colmar.inra.fr/Outils-et-Ressources/Plateforme-PEPSVI>>.

INRA, 2016. « La sécurité alimentaire mondiale impactée par le déficit d'insectes pollinisateurs » [en ligne]. Date de consultation: 02/07/2018. Disponible sur: <<http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/La-securite-alimentaire-mondiale-impactee-par-le-deficit-d-insectes-pollinisateurs>>.

INRA, 2017. « La sécurité alimentaire mondiale impactée par le déficit d'insectes pollinisateurs » [En ligne]. Date de consultation: 04/07/2018. Disponible sur: <<http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/La-securite-alimentaire-mondiale-impactee-par-le-deficit-d-insectes-pollinisateurs>>.

Interreg, 2018. « Qui sont les pollinisateurs sauvages? » [En ligne]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <<http://sapoll.eu/sapoll/qui-sont-les-pollinisateurs-sauvages/>>.

JANSSENS, X., BRUNEAU E., LEBRUN P., 2006. « Préviation des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique. » Apidologie (37): 351-365.

JAUZEIN P., 1997. « Le Monde des plantes » [PDF]. N°458 : page 19 à 23. Date de consultation : 22/03/2018.

Jardin des Plantes, 2018. « Les pollinisateurs » [En ligne]. Date de consultation: 26/06/2018. Disponible sur: <<http://www.jardindesplantes.net/fr/explorez/dossiers/pollinisateurs/service-essentiel-biodiversite>>.

KAZAKOU E., FRIED G., RICARTE J., GIMENEZ O., VIOLLE C. AND METAY A., 2016. « A plant trait-based response-and-effect framework to assess vineyard inter-row soil management » [PDF]. Date de consultation: 20/08/2018.

KEHINDE T., SAMWAYS M. J., 2011. « Endemic pollinator response to organic vs. conventional farming and landscape context in the Cape Floristic Region biodiversity hotspot » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

KEICHINGER O., 2001. « Evaluation de l'impact des pratiques agricoles d'exploitations de grandes cultures sur la valeur cynégétique à l'aide d'indicateurs agro-écologiques. » Rapport de thèse, Institut National de la Recherche Agronomique de Colmar: 254 p.

LABEXCELL, 2012. « Produire des vins plus naturels avec moins de pesticides » [En ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <<http://www.labexcell.com/des-vins-plus-naturels-avec-moins-de-pesticides/>>.

LARV, 2018. « La filière vin face au défi des pesticides - La Revue du vin de France » [en ligne]. Date de consultation: 22/06/2018. Disponible sur: <<http://www.larvf.com/vin-bio-biologique-pesticides-phytosanitaires-gouvernement-mesures-bordeaux-environnement,4573113.asp>>.

LAUBER K., WAGNER G., 2001. « Flora Helvetica ». 2ème éd. Paris : Belin, 2007. 1631p. ISBN 978-2-7011-4625-6

LAURENCE M., 2017. « Bourdon des champs (*Bombus pascuorum*) sur *Sedum spectabile* » [En ligne]. Lat/lon : 47.48213/-3.12105. N°115539. Date de consultation: 22/03/2018. Disponible sur: <<https://www.visoflora.com>>.

LE BISSONNAIS Y., LECOMTE V., CERDAN O., 2004. « Grass strip effects on runoff and soil loss. *Agronomie* » [PDF]. 24, 129–136. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2004010>. Date de consultation: 14/08/2018.

LE FEON V., 2010. « Insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles: approche pluri-échelle du rôle des habitats semi-naturels, des pratiques agricoles et des cultures entomophiles » [PDF]. Rapport de Thèse, Université de Rennes 1: 257 p. Date de consultation : 16/03/2018.

LE ROUX X., SABBAGH C., 2008. « Chapitre liminaire : Agriculture et Biodiversité : comment appréhender leurs relations et organiser un bilan des connaissances ? » [PDF]. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Date de consultation: 14/08/2018.

LESCOT J.M., BORDENAVE P., LECCIA O., PETIT K., 2013. « Contrôle des pollutions diffuses par les pesticides: une approche coût-efficacité spatialement distribuée » [PDF]. *Economie Rurale*, n° 333. p. 123-150.]. Date de consultation: 14/06/2018. Disponible sur: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01436627/document>>.

MA, 2005. « Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC, Millenium Ecosystem Assessment » [PDF]. Date de consultation : 19/03/2018.

MAILLARD A., ROHRER E., WILLI S., 2006. « Inventaire floristique des vignes de Suisse romande : « Connaître la flore pour mieux la gérer » [PDF]. In Revue Suisse de viticulture, arboriculture, horticulture, Novembre/Décembre, Volume 38-N°6, p.335. Date de consultation: 19/03/2018.

MARSHALL E. J. P., West T. M., KLEJN D., 2006. « Impacts of an agri-environment field margin prescription on the flora and fauna of arable farmland in different landscapes » [PDF]. Agriculture Ecosystems & Environment 113(1-4): 36-44. Date de consultation : 19/03/2018.

Mas Mauran, 2018. « Pesticides : apprenons à nous en passer » [En ligne]. Date de consultation: 30/07/2018. Disponible sur: < <http://www.nappes-roussillon.fr/Pesticides-apprenons-a-nous-en.html>>.

Mayfield, M.M., Bonser, S.P., Morgan, J.W., Aubin, I., McNamara, S., Vesk, P.A., 2010. « What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for response of species and functional trait diversity to land-use change » [PDF]. Glob. Ecol. Biogeogr. 19 (4), 423–431. Date de consultation: 14/08/2018.

MELIN, E., (2002) "Botanique apicole". Institut de botanique, Université de Liège.

MERLEN M., 2015. « Caractérisation de la flore viticole entre influence des facteurs environnementaux et des pratiques culturales. » Mémoire de stage : 28 p.

MIARD J., L., 2006. « Classification des formations végétales d'après RAUNKIAER (1934) » [En ligne]. Date de consultation : 19/06/2018. Disponible sur : < http://follavoine.chez-alice.fr/f2_an_glos_typesbio.htm>.

MOHLER C. L., GALFORD A. E., 1997. « Weed seedling emergence and seed survival: separating the effects of seed position and soil modification by tillage » [PDF]. Weed Red., 37, 147-155. Date de consultation: 14/08/2018.

MONTEIRO A., CAETANO F., VASCONCELOS T., LOPES C. M., 2012. « Vineyard weed community dynamics in the dão winegrowing region » [PDF]. Date de consultation : 13/08/2018.

MUSTIN P., 2017. « Analyse agronomique et environnementale de systems viticoles innovants à bas intrants phytosanitaires en Alsace ». Mémoire de stage : 64 p.

NASCIMBENE J., MARINI L., PAOLETTI M. G., 2012. « Organic Farming Benefits Local Plant Diversity in Vineyard Farms Located in Intensive Agricultural Landscapes » [PDF]. Environmental Management 49: 1054-1060. Date de consultation: 14/08/2018.

Oenologie, 2018. « Histoire de la vigne en France » [en ligne]. Date de consultation: 19/06/2018. Disponible sur: <<http://www.oenologie.fr/histoire-vigne-france>>.

Odonat, 2015. « Livre rouge des espèces menaces en Alsace », collection Conservation Alsace. 512 p. Date de consultation: 05/07/2018.

ODOUX, J. 2009. « Quels facteurs de paysage influent sur l'écologie des colonies d'abeilles dans un système de grandes cultures? ». Rapport de stage M2, Université Paris VI: 45 p.

ONB, 2017. « Bilan 2017 de l'état de la biodiversité en France » [PDF]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <http://www.naturefrance.fr/sites/default/files/fichiers/ressources/pdf/170519_note_de_synthese_etat_biodiversite-france_onb.pdf>.

PAIN G., PITHON J., VAN HELDEN M., SIMONNEAU M. A., 2010. « La préservation des espaces viticoles en matière d'agriculture durable, de gestion des espaces naturels et du maintien de la biodiversité- Biodiversité en territoire viticole : exemple » [PDF]. 26p. Date de consultation : 19/03/2018. Disponible sur : <<http://www.biodivine.eu>>.

PERVANCON, F., 2004. « Modélisation de l'effet des pratiques agricoles sur la diversité végétale et la valeur agronomique des prairies permanentes en vue de l'élaboration d'indicateurs agrienvironnementaux » [PDF]. Rapport de thèse, Institut Polytechnique de Lorraine: 379 p. Date de consultation : 19/03/2018.

Planetoscope, 2018. « Consommation mondiale de vin » [en ligne]. Date de consultation: 19/06/2018. Disponible sur : <<https://www.planetoscope.com/Le-Vin/872-consommation-mondiale-de-vin.html>>.

PRIEUR L., 2009. « Maîtriser les adventices dans les cultures biologiques » [PDF]. Date de consultation: 02/07/2018. Disponible sur: <http://www.penser-bio.fr/IMG/pdf/maitrise_des_adventices.pdf>.

PROSDOCIMI M., JORDAN A., TAROLLI P., KEESSTRA S., NOVARA A., CERDA A., 2016. « The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards » [PDF]. *Sci. Total Environ.* 547, 323–330. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.076>. Date de consultation: 14/08/2018.

PUIG-MONTSERRAT X., STEFANESCU C., TORRE I., PALET J., FABREGAS E., DANTART J., ARRIZABALAGA A., FLAQUER C., 2017. « Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity » [En ligne]. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 243: 19-26. Date de consultation: 04/07/2018.

PURGAR D. D., HULINA N., 2004. « Vineyard weed flora in the Jastrebarsko area (NW Croatia) » [PDF]. Date de consultation: 13/08/2018.

Pyšek P., Richardson D. M., Rejmánek M., Webster G. L., Williamson M., Kirschner J., 2004. « Alien Plants in Checklists and Floras: Towards Better Communication between Taxonomists and Ecologists » [PDF]. Date de consultation: 09/07/2018

Quebec, 2018. « À propos des pesticides » [en ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/apropos.htm>>.

Quelestcetanimal, 2011. « L'abeille des sables » [En ligne]. Date de consultation: 22/03/2018. Disponible sur : <<https://www.quelestcetanimal.com>>.

RABOLIN-MEINRAD C., SCHNEIDER C., 2017a. « Les bordures de parcelle comme moyen pour protéger la biodiversité dans le vignoble ? ». Revue des Œnologues et des Techniques Vitivinicoles et Oenologiques (164), 13-15. Date de consultation : 16/03/2018. Disponible sur: <<https://prodinra.inra.fr>>.

RABOLIN-MEINRAD C., SCHNEIDER C., THOLLET-SCHOLTUS M., BOCKSTALLER C., 2017b. « Flora richness as a trigger to maintain biodiversity in viticulture? ». BIO Web Conf. Volume 9 (01006). Date de consultation : 16/03/2018. Disponible sur : <<https://www.bio-conferences.org>>.

RAHMAN L., WHITELAW-WECKERT M.A., HUTTON R.J., ORCHARD B., 2009. « Impact of floorvegetation on the abundance of nematode trophic groups in vineyards. Appl » [PDF]. SoilEcol. 42, 96–106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.02.006>. Date de consultation: 14/08/2018.

REMI L., 2008. « Comparaison de la diversité spécifique intra et inter-habitat et observation de la distribution des taxons le long de gradients environnementaux significatifs » [PDF]. Date de consultation : 16/07/2018

RICOU, C., 2014. « Conception d'un indicateur prédictif évaluant les effets des pratiques agricoles sur la diversité floristique et ses services en grandes cultures à l'échelle de la bordure de champ. » Thèse: 178 p.

ROCHARD J., 2005. « Traité de viticulture et d'oenologie durables. Oenoplurimédia, collection Avenir Œnologie » [PDF]. Chapitre 18, Biodiversité, p. 301-310. Date de consultation : 19/03/2018.

ROCHARD J., PORTE B., GUENSER J., VAN HELDEN M., 2014. « Biodiversité en viticulture : Concept et application ; premiers résultats du projet européen BioDiVine » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

ROSCHEWITZ I., GABRIEL D., TSCHARNTKE T, THIES C., 2005. « The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming » [PDF]. Date de consultation: 13/08/2018.

ROVILLE M., 2018. « Biodiversité: que recouvre ce mot – CNRS » [en ligne]. Date de consultation: 02/07/2018. Disponible sur: <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA>.

SABBAGH C., 2008. « Agriculture et biodiversité, valoriser les synergies – Synthèse du rapport » d'expertise [PDF]. Date de consultation : 28/06/2018.

SCHNELLER, C., 2011. « Développement et validation d'un indicateur de la valeur pollinisatrice des bordures de champs en grandes cultures. » Mémoire de stage Ingénieur : 26 p.

SELINGER-LOOTEN R., MULLER S., 2001. « Restauration d'un couvert prairial sur ancienne culture de maïs : Impact de la fauche et rôle de la banque de graines du sol » [PDF]. Date de consultation: 20/08/2018.

Semfor, 2018. « Tecnica dell'inerbimento » [En ligne]. Date de consultation: 30/07/2018. Disponible sur: < <https://www.semfor.it/prodotti/semi-e-sovescio-per-il-vigneto/inerbimento/tecnica-dell-inerbimento>>.

SENTENAC G., RUSCH A., KREITER S., BOUVIER J. C., THIERY J., DELBAC L., THIERY D., LAVIGNE C., MADEJSKI M., GUILBAULT P., GUISSSET M., TIXIER M. S., 2018. « Biodiversité fonctionnelle : effet de l'environnement paysager d'une parcelle de vigne sur la régulation de ses ravageurs (BIOCONTROL) » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

SMITH L., FELLOWES M.D.E., 2015. « The grass-free lawn: Floral performance and management implications » [PDF]. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(3): 490-499. Date de consultation: 14/08/2018.

SOUSSANA J. F., GASCUEL C., TIXIER-BOICHARD M., 2013. « Colloque Agroécologie et Recherche – Synthèse des ateliers » [PDF]. Date de consultation: 02/07/2018. Disponible sur : <<http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/243333-ebff3-resource-caer-synthese-du-colloque-agroecologie-et-recherche-17-10-2013.html>>.

STRAUB P., 2017. « Biodiversité : le rôle des insectes pollinisateurs *In Futura* » [en ligne]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-pollinisation-service-ecologique-gratuit-970/page/8/>>.

TASEI J. N., 1996. « Impact des pesticides sur les Abeilles et les autres pollinisateurs » [PDF]. Date de consultation: 19/06/2018. Disponible sur: <<https://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C29Tasei.pdf>>.

Tela Botanica, 2018. « Flores » [En ligne]. Date de consultation: 10/07/2018. Disponible sur: < <https://www.tela-botanica.org/flore/france-metropolitaine/>>.

TELEMAQUE Y., 2014. « Anova-Plus - Les pesticides dans le vignoble Français » [En ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <<http://www.anova-plus.com/blog/les-pesticides-vignoble-francais>>.

TOMOIAGA L., FICIU L., TABARANUG., ARGATU C., ZALDEA G., VIZITIU D., 2016. « Studies on Biodiversity Diagnosis of Vineyard Farms at the Agro-Ecological Infrastructure Level » [PDF]. *BulletinUASVM Horticulture* 73(2). Date de consultation: 30/07/2018.

TPE –Pesticides, 2018. « L'histoire des pesticides » [en ligne]. Date de consultation: 19/06/2018. Disponible sur: <<http://tpepesticides.e-monsite.com/pages/pesticides-infos/l-histoire-des-pesticides.html>>.

Unistra, 2018. « Flore d'Alsace - Statistiques de la Flore d'Alsace » [En ligne]. Date de consultation: 04/07/2018. Disponible sur: < <https://herbier.unistra.fr/alsace-flore-vegetation-et-paysages/flore-dalsace/>>.

URCPIE, 2013. « Les plantes mellifères » [PDF]. Date de consultation: 08/08/2018.

UYTTENBROECKA R., PIQUERAYC J., HATTA S., MAHYA G., MONTYA A., 2017. « Increasing plant functional diversity is not the key for supporting pollinators in wildflower strips » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

VALDES-GOMEZ H., GARY C., CARTOLARO P., LOLAS-CANEO M., CALONNEX A., 2011. « Powdery mildew development is positively influenced by grapevine vegetative growth induced by different soil management strategies » [PDF]. Date de consultation: 30/07/2018.

VANDEVELDE J.-C., DENHEZ F., 2015. « CLIMAT ET BIODIVERSITÉ, Synthèse de la conférence scientifique » [PDF]. Rencontre avec les experts français du GIEC et de l'IPBES. Date de consultation: 20/08/2018.

VANPEENE BRUHIER S., MOYNE M. L., BRUN J. J., 1998. « La richesse spécifique : un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace - Application en Haute Maurienne (Aussois, Savoie) » [PDF]. Ingénieries - E A T, IRSTEA, p. 47 - p. 59. Date de consultation : 16/03/2018.

VEDURA, 2018. « Biodiversité et développement durable » [en ligne]. Date de consultation: 28/06/2018. Disponible sur: <<http://www.vedura.fr/environnement/biodiversite>>.

Vin-Vigne, 2018. « VIGNOBLE D'ALSACE : Vins d'Alsace » [en ligne]. Date de consultation: 20/06/2018. Disponible sur: <<http://www.vin-vigne.com/vignoble/vin-alsace.html#ixzz5ITc64auM>>.

WEIBULL A. C., OSTMAN O., 2003. « Species composition in agroecosystems: The effect of landscape, habitat, and farm management » [PDF]. Basic Appl. Ecol. (2003), pp. 349-361. Date de consultation: 20/08/2018.

WILLOT P. A., 2015. « Dynamique de la flore de bandes enherbées et fleuries en fonction des pratiques de gestion. » Mémoire de stage M2 : 81 p.

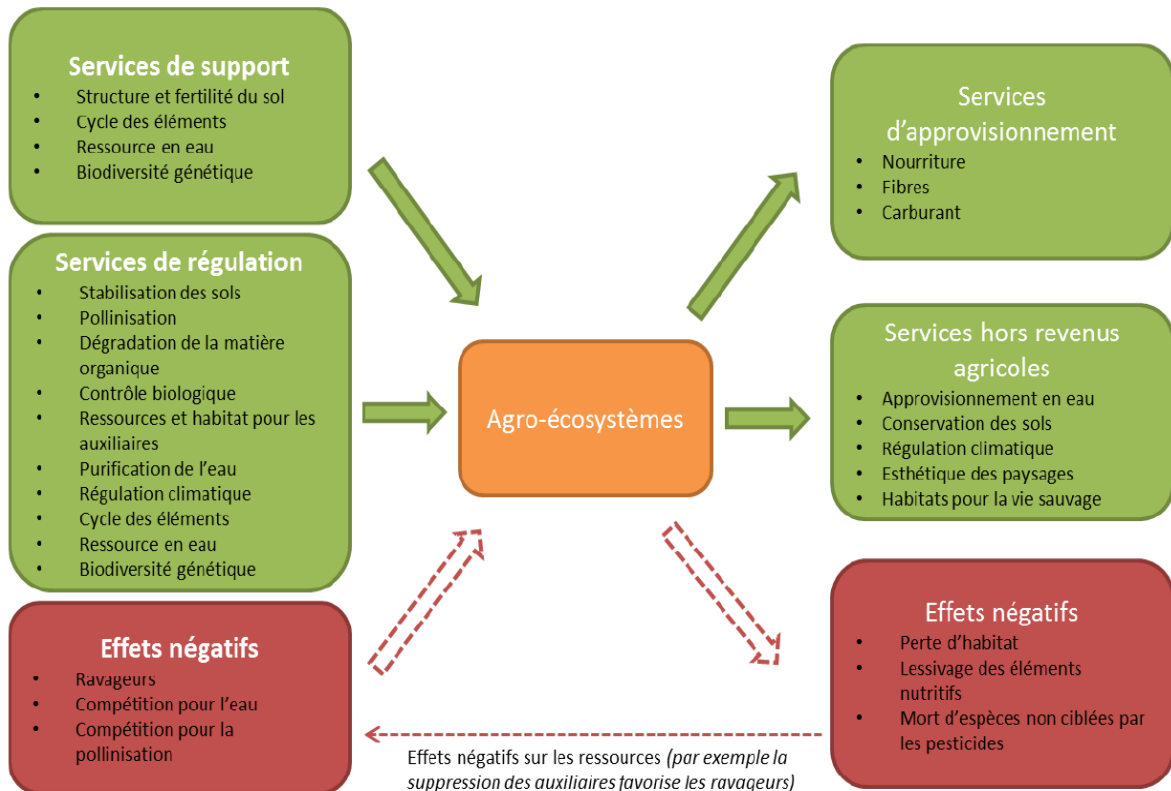
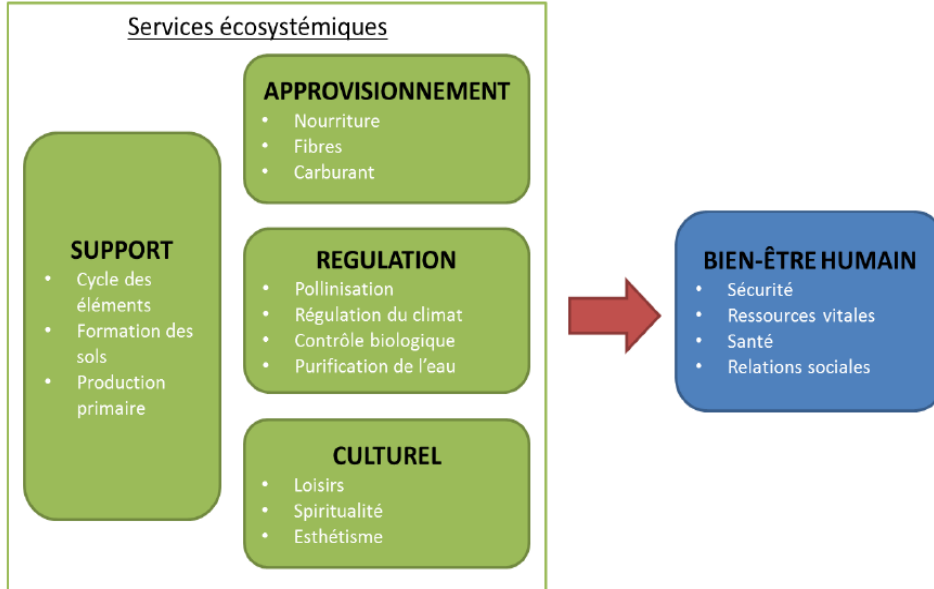
WRATTEN S., SANDHU H., CULLUN R., COSTANZA R., 2013. « Ecosystem Services in Agricultural and Urban Landscapes » [PDF]. Date de consultation: 28/06/2018.

ZANIN G., OTTO S., RIELLO L., BORIN M., 1997. « Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems » [PDF]. Agric. Ecosyst. Environ. 66, 177-188. Date de consultation: 14/08/2018.

ZHANG W., RICKETTS T.H., KREMEN C., CARNEY K., SWINTON S.M., 2007. « Ecosystem services and dis-services to agriculture » [PDF]. Ecological economics, 64, 253-260. Date de consultation: 20/06/2018.

Annexes

Annexe A - Classification des services écosystémiques (MA, 2005) et Services écosystémiques perçus et assurés par les agro-écosystèmes (ZHANG *et al.*, 2007)



Annexe B - Base de données I FLOVI® pour l'indice de pollinisation

		Valeur Indicateur Abeilles				Valeur Indicateur Bourdons				Valeur Indicateur Syrphes				Indicateur
		Nombre d'espèces à Proba > 0,25		Nombre d'espèces à Proba > 0,5		Nombre d'espèces à Proba > 0,25		Nombre d'espèces à Proba > 0,5		Nombre d'espèces à Proba > 0,25		Nombre d'espèces à Proba > 0,5		Nombre d'espèces à probabilité supérieure à 0,25
		Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur Pollinisatrice > 6	Valeur Pollinisatrice > 7	Valeur pollinisatrice supérieure à 6
Rou_Int	Enherbé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Désenherbé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Travaillé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rou_POD	Enherbé	18	2	1	0	14	6	1	1	15	7	2	0	18
	Travaillé	32	8	2	0	26	15	4	2	23	11	4	1	32
	Travaillé	25	6	1	0	23	12	2	1	21	10	3	0	25
RibBio	Enherbé	17	2	0	0	14	6	0	0	13	6	0	0	17
	Travaillé	30	8	1	0	25	14	2	1	21	10	2	1	30
	Travaillé	17	2	0	0	14	6	0	0	13	6	0	0	17
RibInt	Travaillé	25	6	0	0	23	12	1	1	20	9	1	0	25
	Travaillé	30	8	1	0	25	14	2	1	21	10	2	1	30
	Enherbé	25	6	0	0	23	12	1	1	20	9	1	0	25

Annexe C - Base de données finale I FLOVI® de l'action des herbicides en fonction des valeurs pollinisatrices, des valences écologiques, de la taille de la graine, de la biologie et de la floraison de l'espèce

		<i>Achillea millefolium L.</i> <i>Adonis aestivalis L.</i> <i>Adonis annua L.</i> <i>Adonis flammea Jacq.</i> <i>Adonis microcarpa DC.</i> <i>Aethusa cynapium L.</i> <i>Agrimonia eupatoria L.</i> <i>Agrostemma thymbra L.</i> <i>Agrostis stolonifera L.</i> <i>Aluga chamaeprys (L.) S.</i> <i>Alcea rosea</i>											
		D	D	D	D	D	D	D	D	D	M	D	D
Biologie	Classe	H	T	T	T	T	T	T	H	T	H	T	H
	Raunkiaer	CR/CSR	x	x	x	x	x	x	CR	x	CR	SR	x
	Grimme												
Floraison	Rem	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	1
	Début Flo	13	13	13	13	4	16	16	16	16	19	10	19
	Fin Flo	31	22	25	22	13	31	28	28	22	25	31	28
Valences écologiques	L	8	6	8	6	x	6	7	7	7	8	7	7
	R	0	8	7	9	x	8	8	8	8	0	4	7
	Phosp	0	x	x	x	x	x	4	x	2	x	x	x
	He	4	3	4	3	x	4	4	4	4	6	4	4
	N	5	3	6	3	x	5	4	4	6	2	2	7
Valeurs pollinisatrices	Abeilles	5,51	4,39	4,39	4,39	4,39	1,00	4,97	1,00	1,00	1,00	1,00	5,11
	Bourdons	4,78	1,00	1,00	1,00	1,00	3,93	1,00	1,00	1,00	1,00	6,22	4,85
	Syrphes	6,21	4,39	4,39	4,39	4,39	4,77	5,54	1,00	1,00	1,00	1,00	5,11
Taille de la graine	TDG	P	G	G	G	G	G	G	G	G	P	G	G
	ADG	0,45	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,45	0,65	0,75	0,65	0,45	
Action de l'herbicide	AD	0,5	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,5	0,65	0,7	0,65	0,5	
	AG	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,25	0,3	0,8	0,3	0,25	

Annexe D - Base de données I FLOVI® pour l'indicateur patrimonial

		Nombre Total			Nombre de Messicoles				Indicateur
		Nombre d'espèces à probabilité			Encore Abondante	à surveiller	précaire	Disparu	Nombre d'espèces "à surveiller" et "précaire"
		> 0,25	> 0,5	> 0,75					
Rou_Int	Enherbé	0	0	0	0	0	0	0	0
	Désenherbé	0	0	0	0	0	0	0	0
	Travaillé	0	0	0	0	0	0	0	0
Rou_POD	Enherbé	89	14	8	4	6	13	5	19
	Travaillé	143	35	16	5	16	26	5	44
	Travaillé	111	20	8	5	8	15	3	23
RibBio	Enherbé	81	9	6	1	6	13	5	19
	Travaillé	131	26	14	1	16	24	5	42
	Travaillé	81	9	6	1	6	13	5	19
RibInt	Travaillé	112	16	8	2	8	20	5	28
	Travaillé	133	27	15	2	16	25	5	43
	Enherbé	112	16	8	2	8	20	5	28

Annexe E - Concentration en pesticides et métabolites en Alsace en 2017 (ERMES, 2016)



Annexe F - Espèces dominantes des parcelles PEPSVI présentes dans le vignoble alsacien (Tela Botanica, 2018)



Amaranthe réfléchie *Amaranthus retroflexus*



Carotte sauvages *Daucus carota*



Geranium mou *Geranium molle*



Laiteron des champs *Sonchus arvensis*



Mouron blanc *Stellaria media*



Pissenlit *Taraxacum officinale*



Torilis des champs *Torilis arvensis*

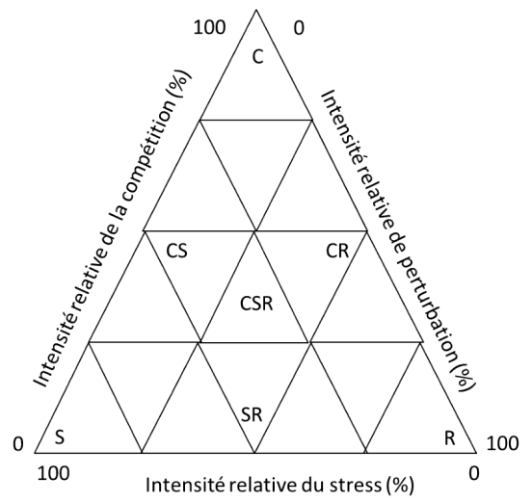


Trèfle blanc *Trifolium repens*



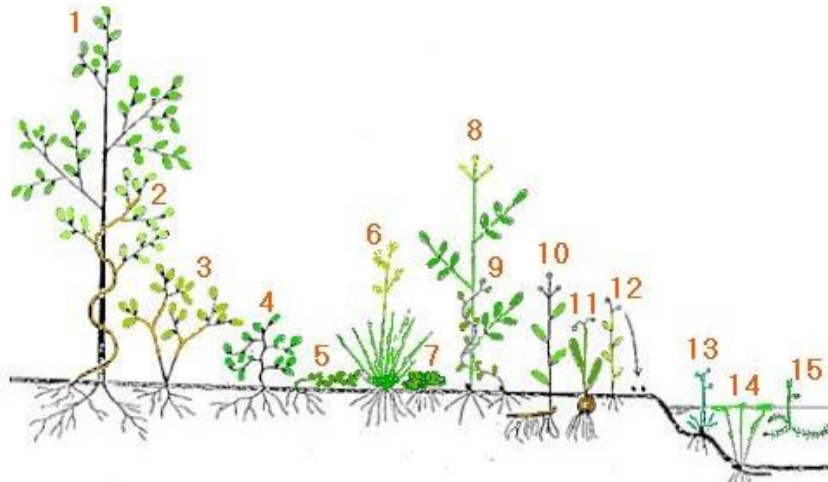
Véronique des champs *Veronica arvensis*

Annexe G - Le triangle des stratégies C-S-R de Grime (1977). C représente les espèces compétitrices, S, les espèces tolérantes au stress et R, les espèces rudérales



Les stratégies fonctionnelles constituent les réponses des êtres vivants aux différentes contraintes de l'environnement (biotiques ou abiotiques). Selon Grime (1977), les espèces répondent à 3 types de contraintes : la compétition (C) est la capacité d'une plante à être compétitrice vis-à-vis des éléments minéraux, la lumière..., le stress (S) qui représente la capacité d'une plante à tolérer le manque de ressources, et la perturbation (R) est la capacité d'une plante à résister à une perturbation. Les plantes développent alors des stratégies, selon les différentes contraintes d'après Grime (1977).

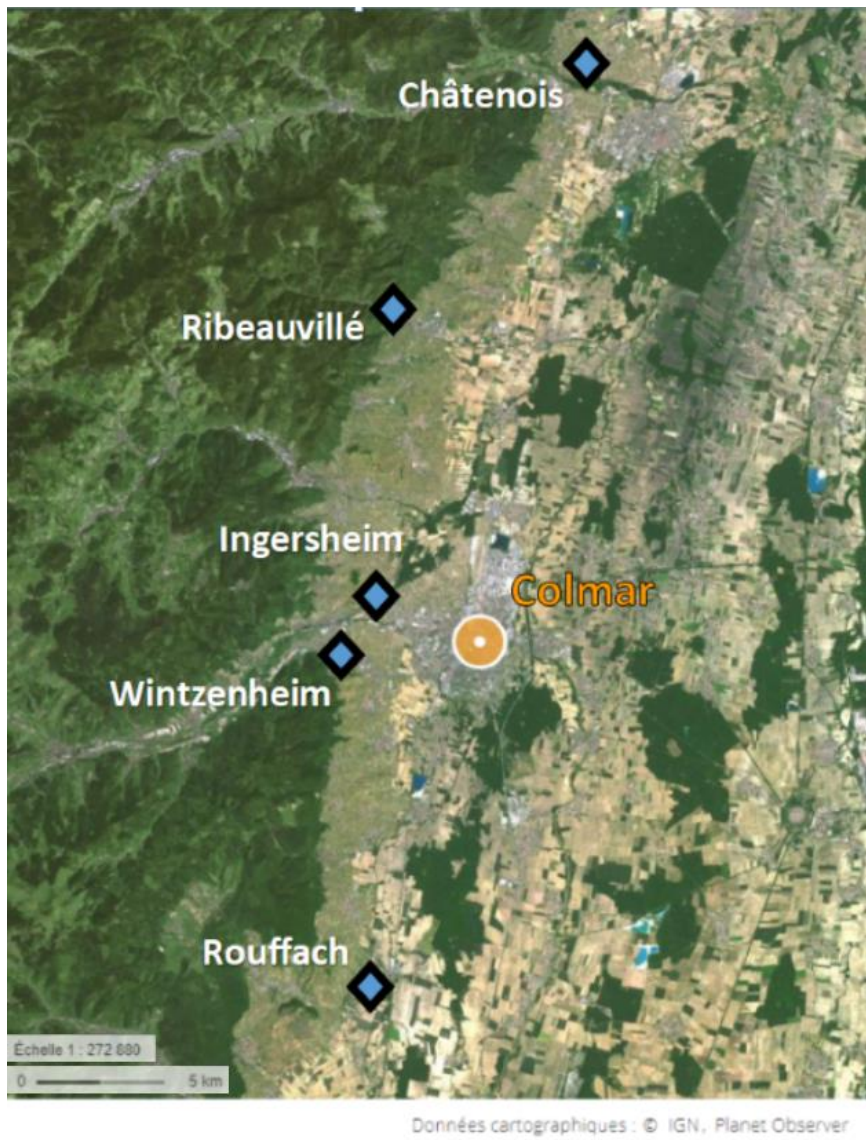
Annexe H - Les types biologiques de Raunkier



Cette classification permet d'organiser les végétaux selon le positionnement de leurs organes de survie durant l'hiver. Elle permet également d'étudier la réponse des espèces aux différentes pratiques de gestion du sol. Ces données nous permettront de caractériser la flore présente dans les parcelles viticoles.

- 1 - 3 : phanérophytes
- 4 - 5 : chamaephytes
- 6 à 9 : hémicryptophytes
- 10 - 11 : géophytes
- 12 : thérophytes

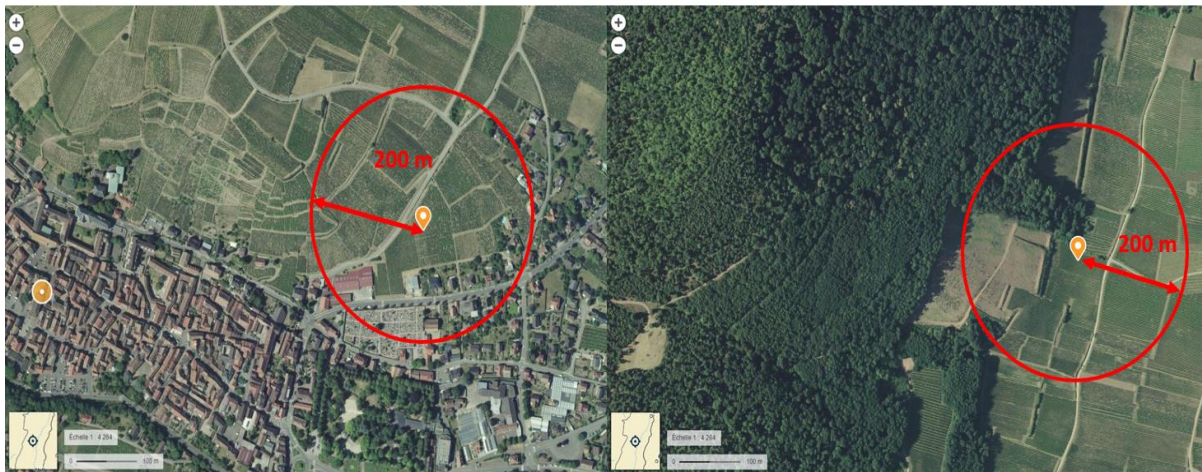
Annexe I - Localisation des sites PEPSVI



Annexe J - Distance des sites Ribeau_AB et Chât_AB avec les éléments naturels/anthropiques

Ribeau_AB

Chât_AB



Annexe K - Climatologie entre les sites de Châtenois et Ribeauvillé

	2014						2015						2016						2017						2018					
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3						
Châtenois (Station de Scherwiller)	21,5	23,8	20,4	19,8	20,3	166,6	9,4	73	15,5	82,8	21,7	59	7,7	124,8	14,6	125,8	20,1	236,8	10,8	18,4	16,2	97,4	21,3	121,6	9,5	52,2	17,3	137,4	21,8	95,6
Ingersheim (Station de Colmar)	12,8	24	14,3	58	19,7	17	7,9	46,5	15,3	61	23,1	31	5,8	40,5	14,4	91	17,8	135,5	10,2	31,5	16,2	75	20,5	?	5,1	24,5	17,3	92,5	20,1	107
Ribeauvillé (Station de B)	9,5	33,4	11,1	129,2	16	45,4	4,6	98	12	123,6	19,6	25,4	2,9	68,6	11,4	150,1	?	112,1	6,6	36,6	?	85,4	?	?	5,1	32,5	17,1	52	19,7	66,5
Rouffach	11	42	14,5	40,5	19,8	172,1	9,8	62	15,5	63,3	21,3	122,2	7,8	126,4	14	82,9	19,5	182,8	10,1	68,3	16,5	57,8	21,2	81,6	?	?	?	?	?	?
Wintzenheim	10,4	34,6	13,9	74,2	19,7	187,2	9,7	83,4	15	77,2	21,3	83,2																		

Légende:

TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE (DEGRES CELSIUS)
 HAUTEUR DES PRECIPITATIONS MENSUELLE (MILLIMETRES)

- R1: Relevé de mars/Avril
- R2: Relevé de mai
- R3: relevé de juin/juillet

Annexe L - Dendrogramme des indices de Sorensen

