



**HAL**  
open science

# Évaluation de nouvelles méthodes de protection culturales et amélioration des leviers agronomiques actuels via l'identification et la compréhension des facteurs influents sur les monilioses des fleurs et rameaux d'abricotier

Léo Moncorger

► **To cite this version:**

Léo Moncorger. Évaluation de nouvelles méthodes de protection culturelles et amélioration des leviers agronomiques actuels via l'identification et la compréhension des facteurs influents sur les monilioses des fleurs et rameaux d'abricotier. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03879802

**HAL Id: dumas-03879802**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03879802>**

Submitted on 30 Nov 2022

**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.

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers  Site de Rennes

<p>Année universitaire : 2021-2022</p> <p>Spécialité : Amélioration, Production et Valorisation du végétal</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes</p>	<p><b>Mémoire de fin d'études</b></p> <p><input type="checkbox"/> d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input type="checkbox"/> de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
--	--

**Evaluation de nouvelles méthodes de protection  
culturales et amélioration des leviers agronomiques  
actuels via l'identification et la compréhension des  
facteurs influents sur les monilioses des fleurs et  
rameaux d'abricotier**

Par : Léo MONCORGER



**Soutenu à Rennes le 24 juin 2022**

**Devant le jury composé de :**

Président : Matthieu CAROF

Rapporteur : Florence VAL

Maître de stage : Laurent BRUN

Enseignant référent : Christine BISSUEL

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers et l'université de Rennes 1*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation « Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France » disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>





## Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier mon maitre de stage Laurent BRUN. Son accompagnement et ses conseils ont été précieux dans le bon déroulement de mon stage. Sa gentillesse et ses connaissances ont rendu cette expérience agréable et très enrichissante.

Je remercie Freddy COMBE pour tous ces agréables moments passés ensemble sur le terrain, pour toutes nos conversations, le partage de son expérience, sa bonne humeur et sa serviabilité.

Je remercie Jean-Marc AUDERGON de m'avoir partagé ses intarissables connaissances, d'avoir pris de son précieux temps pour répondre à mes nombreuses questions souvent à des horaires inconvenants et de m'avoir guidé au cours de ce stage

Je remercie Morgane ROTH d'avoir pris le temps de m'aider pour le traitement de mes données et la rédaction du rapport.

Je remercie Océane PEREZ et Marie SERRIE pour les échanges sur leur thématique de recherche et leur aide.

Je remercie toutes les personnes de l'UERI de Gotheron pour leur accueil, leur sympathie et leurs échanges.

Je remercie tous mes colocataires, Lucie, Mathilde, Léonore et Maxime, pour tous les bons moments et surtout leur bonne humeur.

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
1. Biologie de l'abricotier .....	1
2. Production d'abricot .....	1
3. Forte disparité de production annuelle française .....	3
4. Les monilioses sur abricotier .....	3
5. Espèces de <i>Monilinia</i> et leur identification .....	5
6. Cycle de vie des <i>Monilinia</i> .....	5
7. Moyens de lutte.....	7
8. Facteurs influençant le développement des <i>Monilinia</i> .....	9
8.1. Influence des conditions climatiques.....	9
8.2. Influence de l'inoculum.....	11
8.3. Effet des pratiques culturales et du paysage .....	13
8.4. Sensibilité de l'hôte .....	13
8.4.1. Sensibilité liée aux fleurs .....	15
8.4.2. Sensibilité variétale .....	15
9. Développement d'un modèle phéno-climatique .....	17
10. Objectifs du stage .....	17
<b>Partie I : Etude de l'efficacité de 2 méthodes de protection alternatives contre les monilioses sur rameaux sur le dispositif RENFEP .....</b>	<b>19</b>
1. Matériels et méthodes .....	19
1.1. Description du dispositif.....	19
1.2. Itinéraire technique.....	19
1.3. Modalités de l'essai .....	21
1.4. Essai éclaircissage à la fleur .....	21
1.5. Essai chute provoquée des pétales.....	21
1.6. Notation de la floribondité.....	23
1.7. Notation et calcul du risque phéno-climatique .....	23
1.8. Notation de l'incidence des monilioses .....	23
1.9. Identification des espèces de <i>Monilinia</i> .....	23
1.10. Analyses statistiques.....	23
2. Résultats.....	25
2.1. L'éclaircissage à la fleur permet une forte diminution de l'incidence des monilioses sur rameaux d'abricotier .....	25
2.2. La chute provoquée des pétales réduit l'incidence des monilioses sur rameaux selon la variété d'abricotier .....	25
3. Discussion.....	27

<b>Partie II : Identification des facteurs ayant une influence sur le développement des monilioses sur rameaux et fleurs d'abricotier et validation d'un modèle phéno-climatique de risque de contamination sur fleur dans le cadre d'une évaluation de sensibilité variétale .....</b>	<b>31</b>
1. Matériels et méthodes .....	31
1.1. Description du dispositif.....	31
1.2. Itinéraire technique.....	33
1.3. Modalités de l'essai .....	33
1.4. Notation de la floribondité.....	33
1.5. Notation et calcul du risque phéno-climatique .....	33
1.6. Notation de la sévérité des monilioses.....	33
1.7. Identification des espèces de <i>Monilinia</i> .....	33
1.8. Analyses statistiques.....	35
2. Résultats.....	35
2.1. Une grande variabilité de réponses aux monilioses sur rameaux selon la variété d'abricotier .....	35
2.2. Le risque phéno-climatique et la floribondité interagissent sur la sévérité des monilioses sur rameaux.....	35
2.3. Un classement des sensibilités variétales .....	35
3. Discussion.....	37
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>43</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des abréviations

AMTRA : Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique

CAPRED : Cerisier, Abricotier, Prunier – Réduction des intrants et durabilité des systèmes de production

CTIFL : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

ECA : Enroulement chlorotique de l'abricotier

GRAB : Groupe de recherche en agriculture biologique

GRCETA : Groupement régional des centres d'études techniques agricoles

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

OAD : Outil d'aide à la décision

PCR : Polymerase chain reaction

PDA : Potato dextrose agar

RENFEP : Réduction du nombre de fleurs et de pétales

SEFRA : Station d'expérimentation fruits d'Auvergne-Rhône-Alpes

SSR : Single sequence repeat

UC : Unité de croissance

UERI : Unité expérimentale de recherches intégrées

# Introduction

## 1. Biologie de l'abricotier

L'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) est un arbre fruitier appartenant à la famille des Rosaceae et au genre *Prunus*. C'est un arbre pouvant mesurer jusqu'à 6 mètres de hauteur, avec un port naturellement étalé. En France, les vergers sont majoritairement conduits en forme de gobelet, la forme de palmette restant minoritaire (Lichou & Jay, 2012) (**Figure 1**). Le cycle de vie annuel de l'abricotier peut être scindé en 3 parties : la croissance végétative avec ramification, le développement floral et le développement du fruit (Lichou & Jay, 2012).

La croissance végétative débute au printemps. Les bourgeons végétatifs hivernaux sortent de leur dormance et vont se développer pour former les rameaux. Chez l'abricotier, le rameau se construit annuellement par des cycles de croissance successifs, contrairement aux autres espèces du genre *Prunus*. Chaque cycle de pousse correspond à une unité de croissance (UC). Ces cycles sont asynchrones pour un même individu et selon les variétés d'abricotier. Deux types de rameaux sont formés : des rameaux courts (appelés aussi « bouquets de mai »), constitués d'une seule UC mesurant entre 1 et 5 cm et avec généralement une forte densité de fleur, et des rameaux longs, constitués généralement de plusieurs UC avec de plus faible densité de fleur.

Le développement floral débute de juin jusqu'à la fin de l'été avec l'induction florale. Cette induction est décalée dans le temps entre les rameaux et pour un même rameau, résultant du décalage temporel de croissance des UC. La nature polycyclique des rameaux explique également une partie de la répartition des fleurs sur le rameau, avec une base de rameau majoritairement moins florifère que l'extrémité. Ensuite, au cours de l'été jusqu'au printemps suivant, les bourgeons floraux vont entrer en phase de différenciation. Pendant l'hiver, les bourgeons floraux vont entrer en dormance. L'augmentation des températures va ensuite entraîner le débourrement des bourgeons floraux, entre mi-janvier et mi-février, jusqu'à la pleine floraison, de mi-février à fin mars. Différents stades phénologiques ont été décrits par Baggiolini (1952). Les stades repères du développement des fleurs vont du stade B au stade G (**Figure 2**). L'abricotier est une rosacée fruitière : ses fleurs sont composées d'un pistil, de verticilles d'étamines, de 5 pétales et de 5 sépales. Les fleurs sont seulement portées par les rameaux âgés d'un an, et la floraison aura lieu avant le développement végétatif de l'arbre. Au cours du développement floral, des anomalies peuvent avoir lieu, ce qui se traduit par des nécroses de bourgeons à fleur ou des malformations de pièces florales. Ces anomalies permettent à l'arbre de se délester naturellement des surplus de fleurs. Le taux d'anomalie est estimé de 5 à 10% selon les variétés. Le développement du fruit débute aux alentours de début avril. Les fleurs fécondées vont former un fruit noué (stade H), puis un jeune fruit (stade I) jusqu'à atteindre une pleine maturité entre mi-juin et fin septembre selon les variétés et les années, correspondant à la période de récolte (**Figure 2**).

L'abricotier a l'une des floraisons les plus précoces chez les arbres fruitiers, qui s'étale sur une période de mi-février à fin mars selon les conditions climatiques et les variétés. De plus, la floraison va être dépendante du type de rameau, avec les rameaux courts qui vont fleurir avant les rameaux longs, et du type d'UC, avec la formation des fleurs qui débute dans un premier temps par l'UC1 puis dans l'ordre croissant par les autres UC. La précocité, l'étalement important de la floraison et la forte sensibilité des fleurs au froid font de l'abricotier un sujet sensible aux aléas climatiques et aux maladies.

## 2. Production d'abricot

Dans le monde, l'abricot représente la 7ème production de fruits tempérés, avec une production annuelle moyenne de 4.26 millions de tonnes pour une surface moyenne d'environ 550 000 ha entre les années 2017 et 2019 (Stobdan *et al.*, 2021). La production mondiale se





Figure 1 : Abricotier conduit sous forme de a) gobelet et b) palmette (Source L. Moncorger).

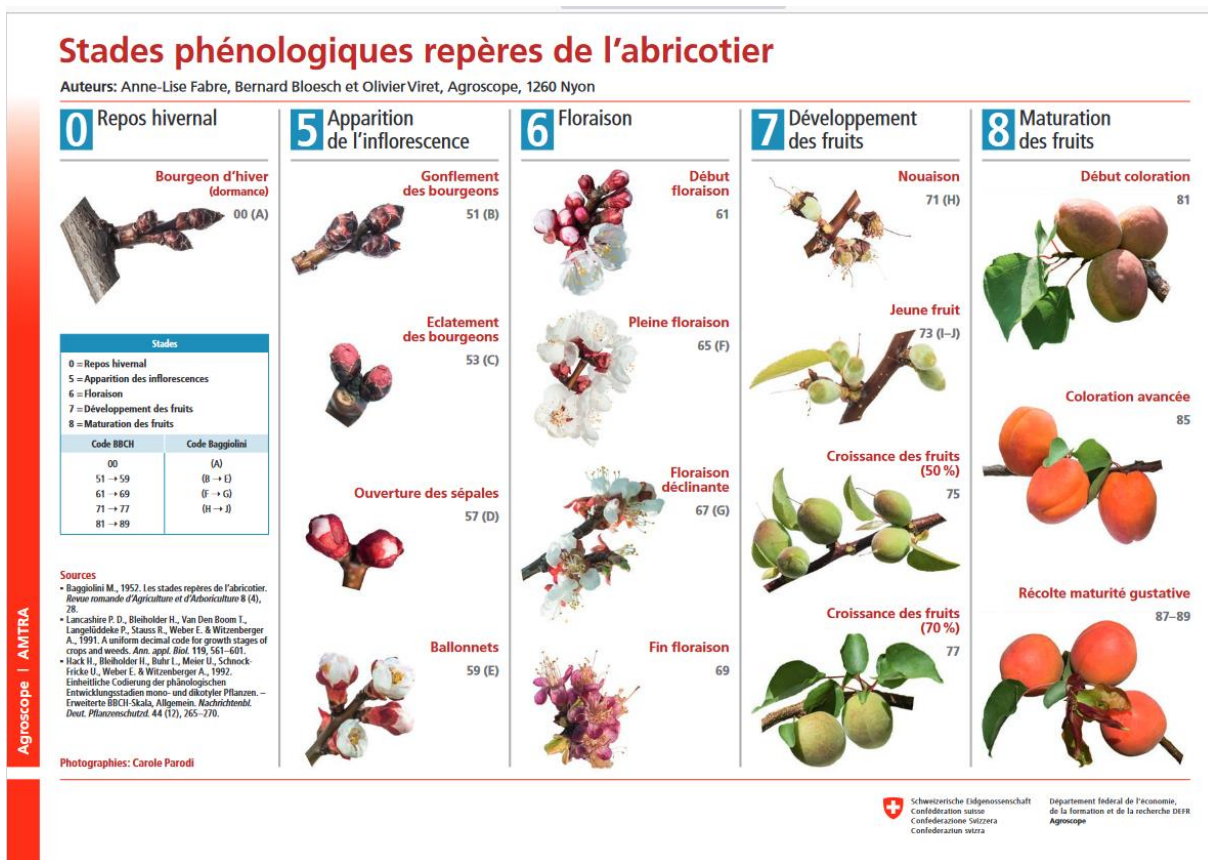


Figure 2 : Stade phénologique de l'abricotier (Source : AMTRA).

situé principalement autour du pourtour méditerranéen, au Proche et Moyen-Orient, en Europe et en Afrique du Nord. En Europe, les principaux producteurs d'abricot sont l'Italie, l'Espagne, la France et la Grèce (Lichou & Jay, 2012 ; Legave, 2022). En France, l'abricot est la 3<sup>ème</sup> production fruitière en terme de volume derrière la pomme et la pêche (Lichou & Jay, 2012 ; La Section Interprofessionnelle de Première Mise en Marché, 2022), et 99% de la production nationale en 2020 est concentrée sur 3 régions : 39% en Occitanie (essentiellement en Roussillon et dans le Gard), 16% en Provence-Alpes-Côte-d'Azur et 44% en Auvergne-Rhône-Alpes (essentiellement dans la Vallée du Rhône). La production française représente environ 110 000 tonnes chaque année pour une surface de production totale de 12 500 ha, soit une moyenne de 8 t/ha (Agreste, 2021). Ces dernières années, la filière fruitière biologique française est en pleine expansion. Cependant les fruits à noyau ne jouissent pas d'une telle dynamique, notamment l'abricotier, en raison de difficultés spécifiques liées à l'absence de leviers pour contrôler les maladies et ravageurs (Agence BIO, 2020).

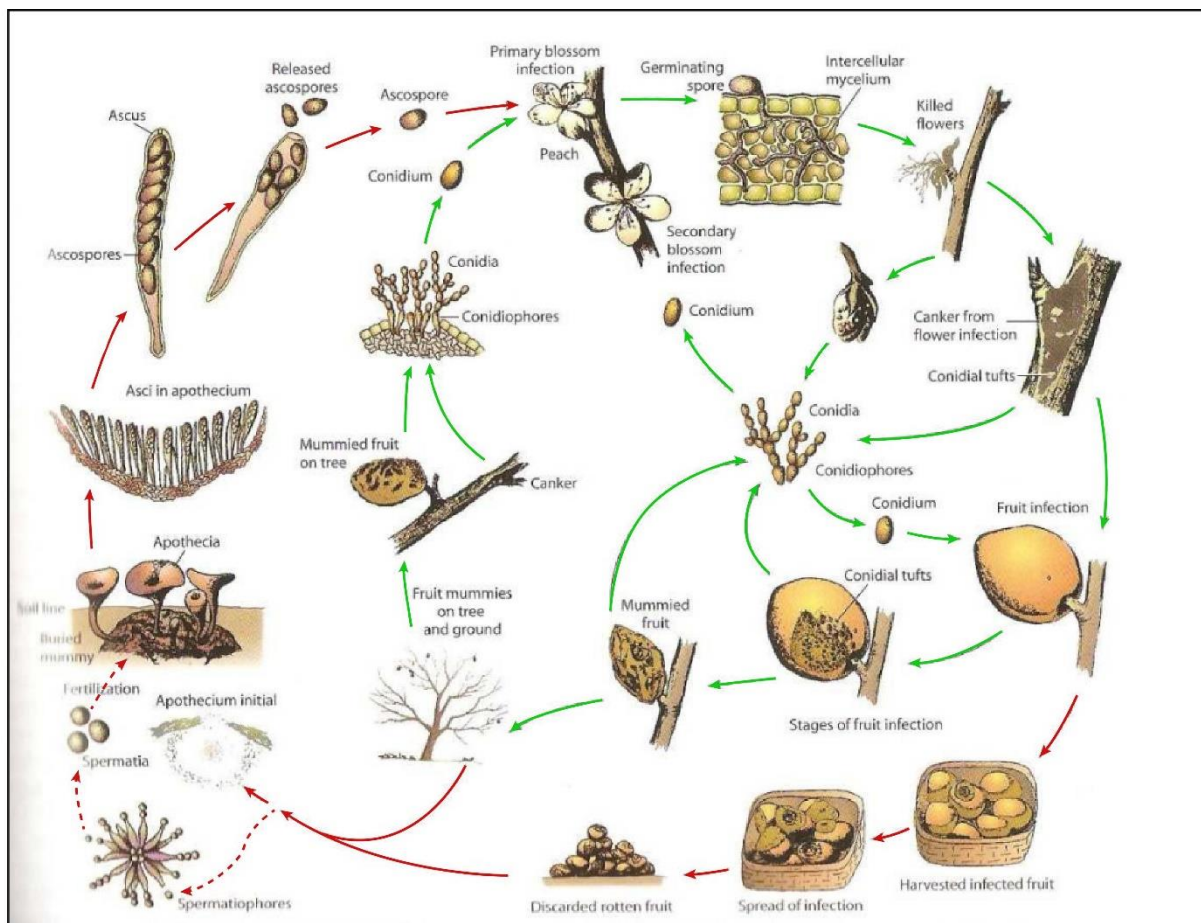
### **3. Forte disparité de production annuelle française**

La production française d'abricot est soumise à une forte disparité selon les années (Agreste, 2021). Les conditions climatiques sont la principale cause de cette disparité. En 2020, la production française était d'environ 85 100 tonnes d'abricot, soit 37% de moins que l'année précédente (FranceAgriMer, 2021). Une baisse importante de production due notamment à un hiver doux et de fortes intempéries (grêle, pluie et vent) (Agreste, 2020). En 2021, seulement 47 800 tonnes d'abricot ont été produites, un taux historiquement bas dû à un épisode de gel tardif début avril. A titre de comparaison, en 2009, la production nationale était d'environ 190 000 tonnes, ce qui reste encore aujourd'hui le meilleur potentiel de production du verger français (Agreste, 2021). A ces sources climatiques d'irrégularité de production s'ajoutent les pertes liées aux bioagresseurs.

L'abricotier est une culture sensible à de nombreux ravageurs et maladies. Pour les principaux ravageurs, on peut noter le forficule (*Forficula auricularia*) ou la petite mineuse du pêcher (*Anarsia lineatella*), qui vont s'attaquer et causer des blessures aux fruits. Parmi les maladies, certaines peuvent entraîner le dépérissement de l'arbre tel que l'enroulement chlorotique de l'abricotier (ECA) et la bactériose. En Rhône-Alpes, la bactériose (causée par *Pseudomonas syringae*), appelée aussi chancre bactérien, est la cause première de mortalité. Selon les années, le chancre bactérien peut provoquer de fortes mortalités, pouvant conduire à un arrachage d'une partie ou de la totalité de la parcelle (Lichou & Jay, 2012). L'ECA (causée par *Candidatus phytoplasma prunorum*) est également particulièrement préoccupante, car cette maladie représente en moyenne 5% de perte d'abricotier chaque année sur le site de Gotheron, et peut représenter jusqu'à 10% de perte en agriculture biologique ou dans certaines zones de France (DRAAF Occitanie, 2021). La sharka (causée par *Plum Pox Virus*) induit l'arrachage des arbres pour des raisons réglementaires. D'autres maladies comme les monilioses ne vont pas entraîner la mort de l'arbre, mais vont avoir un impact conséquent sur la production.

### **4. Les monilioses sur abricotier**

Les monilioses sont des maladies fongiques causées par des agents pathogènes du genre *Monilinia* et qui s'attaquent aux arbres fruitiers, notamment plusieurs espèces fruitières de la famille des Rosaceae dont font partie les *Prunus*. Parmi les espèces sensibles à la moniliose, on retrouvera le pommier, le prunier, le pêcher, l'abricotier, le cerisier et le poirier. Parmi les nombreuses maladies sur *Prunus*, les monilioses font partie des plus importants facteurs économiques limitant la production de fruit à noyau dans le monde (Hrustic *et al.*, 2012 ; Lino *et al.*, 2016). Concernant l'abricotier, les monilioses sont le principal frein à sa culture biologique, et responsable en grande partie du recul de développement des surfaces de vergers biologiques en France. Les monilioses sur abricotier sont distinguées en deux catégories : les monilioses sur fleurs et rameaux et les monilioses sur fruits. Une distinction basée sur les



**Figure 3** : Cycle de vie de *Monilinia* spp. Les flèches rouges représentent la phase sexuée du cycle (Agris, 2005).



organes ciblés par *Monilinia*. Concernant les monilioses sur fleurs et rameaux, l'abricotier est fortement sujet aux contaminations de par la précocité de sa floraison et de par sa forte sensibilité aux *Monilinia* sur fleurs (Holb, 2008 ; Lichou & Jay, 2012). Cette forte sensibilité aux monilioses sur fleurs et rameaux en fait le facteur limitant principal en production biologique, pouvant entraîner 100 % de pertes de récolte. Les monilioses sur fruits sont aussi une cause de perte post-récolte à ne pas négliger chez l'abricotier (Walter *et al.*, 2004 ; Lino *et al.*, 2016), pouvant atteindre jusqu'à 20% de fruits moniliés en culture biologique.

## 5. Espèces de *Monilinia* et leur identification

En France, sur abricotier, les 3 principales espèces responsables de la moniliose sont *Monilinia laxa* (Aderhold & Ruhland) Honey, *M. fructicola* (Winter) Honey et *M. fructigena* (Aderhold & Ruhland) Honey ex Whetzel (Holb, 2003). Ce sont des ascomycètes de la famille des sclérotiniacées. *M. laxa* et *M. fructigena* sont des espèces historiquement présentes en Europe. *M. fructicola* est prévalente en Asie, en Amérique et en Australie et a été observé pour la première fois dans le Sud-Est de la France en 2001 (Lichou *et al.*, 2002 ; Lino *et al.*, 2016). En France, les dégâts causés par les monilioses sur abricotier sont principalement dus à *M. laxa* et *M. fructicola* (Brun *et al.*, 2021). *M. fructigena* est principalement présent sur pommier et poirier, et occasionnellement sur abricotier (Hrustic *et al.*, 2012). Les 3 espèces de *Monilinia* sont capables d'infecter les fleurs, les rameaux et les fruits, selon différentes intensités. En France, les infections sur fleurs et rameaux sont en grande majorité causées par *M. laxa*, et de manière plus ponctuelle par *M. fructicola* (Brun *et al.*, 2021). *M. fructicola* et *M. fructigena* vont principalement s'attaquer aux fruits (Holb, 2008). *M. fructicola* est plus virulent que les deux autres espèces et capable de reproduction sexuée, ce qui lui permet une meilleure adaptation à son environnement et une meilleure résistance à certains fongicides. Il fait partie de la liste des organismes de quarantaine en Europe.

Pour permettre l'identification de *M. fructicola*, plusieurs techniques ont donc été développées pour distinguer les 3 espèces de *Monilinia*, les symptômes étant quasiment identiques entre ces espèces. Une technique d'identification sur milieu PDA (potato dextrose agar) basée sur les caractères de culture des 3 *Monilinia* a été mise au point par Lane (2003). Cette technique est précise et simple à mettre en place, mais ne permet pas un diagnostic rapide. Pour une identification rapide des *Monilinia*, la technique la plus fiable est l'analyse par PCR, mais nécessite un équipement spécifique coûteux et du personnel qualifié (Guinet *et al.*, 2016). Une autre technique d'identification rapide des *Monilinia* sur pêcher sur le terrain a été mise au point sur l'UERI INRAE de Gotheron par Mercier *et al.* (2009b). Il s'agit d'une identification visuelle basée sur les caractères du coussinet formé par *Monilinia* sur les fruits, à savoir la couleur, la taille et la disposition sur le fruit.

## 6. Cycle de vie des *Monilinia*

Les cycles de vie des 3 espèces de *Monilinia* sont relativement similaires (**Figure 3**). Les *Monilinia* vont produire des ascospores et/ou des conidies qui seront dispersées par le vent, la pluie et les insectes. La première attaque aura lieu sur les fleurs, où les spores vont venir se déposer et germer lorsque les conditions climatiques sont favorables. L'infection des fleurs se déroule de début février à fin mars selon les variétés. Le champignon va ensuite rentrer dans la fleur et potentiellement atteindre le rameau. On observera un brunissement des fleurs et des bouquets floraux, suivi d'un dessèchement de la fleur qui reste sur le rameau après la chute des pétales. Environ un mois après la floraison, les rameaux vont développer des symptômes de chancre souvent accompagnés d'écoulements gommeux (**Figure 4 - c**), puis le rameau va se dessécher (**Figure 4 - a, b et d**). Les fleurs et rameaux infectés vont produire des conidies (coussinet), correspondant au cycle d'infection secondaire (**Figure 4 - d**).



**Figure 4** : a, b) Rameaux longs moniliés. c) Rameau court monilié avec écoulement gommeux. d) Symptôme de dessèchement du rameau et présence de coussinets. (Source L. Moncorger).

Les monilioses sur fruit commencent au stade jeune fruit. Les conidies de *Monilinia* vont adhérer à la surface du fruit et vont rentrer par des blessures ou des ouvertures naturelles (Garcia-Benitez *et al.*, 2020). Les symptômes peuvent apparaître avant et après la récolte, et se traduisent par l'apparition d'une tache brune arrondie, qui se couvre de coussinets. Les fruits ayant une infection latente, donc ne présentant pas de symptômes avant la récolte, représentent en général 0 à 30% et jusqu'à 50% des fruits récoltés (Garcia-Benitez *et al.*, 2020). Les fruits pourris restés sur l'arbre vont de leur côté se dessécher et former des momies. Le développement de *Monilia* sur fruit est dépendant de plusieurs facteurs tels que la teneur en eau des fruits, la durée d'humidité, la température et la concentration de l'inoculum (Luo *et al.*, 2001a). *Monilinia* passera ensuite l'hiver sous forme de sclérotés dans les chancres et les momies.

La partie sexuée du cycle est présente en condition naturelle chez *M. fructicola*, mais très rarement observée chez *M. laxa* et *M. fructigena*. Pour *M. laxa*, les conidies ont pour origine la sporulation, au printemps, des mycéliums présents dans les chancres, les fleurs fanées et les fruits momifiés. Les conidies sont formées majoritairement juste avant la floraison. Les fleurs infectées vont ensuite former des conidies dans les deux premiers mois suivant l'infection. Concernant les momies, elles vont produire 10 fois plus de conidies que les fleurs infectées. Pour *M. fructicola*, une source supplémentaire de spores peut être observée via la formation d'ascospores au niveau des apothécies, une situation observée aux États-Unis mais pas en France (Hrustic *et al.*, 2012).

## 7. Moyens de lutte

Afin de limiter les pertes de production dues aux monilioses, différentes stratégies de gestion sont mises en place. Parmi celles-ci, la lutte chimique reste la principale stratégie et consiste à appliquer de manière préventive les fongicides aux deux stades clés d'infection, à savoir le stade floraison et le stade pré-récolte (Hrustic *et al.*, 2012). Cependant, dans le cadre des projets visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, cette stratégie chimique conventionnelle est amenée à décroître au fil des années. Des mesures qui sont particulièrement restrictives dans la lutte contre les monilioses sur fleurs, la période d'application correspondant également à la période de vol des pollinisateurs. De plus, l'utilisation importante de ces fongicides a entraîné l'apparition de résistances chez *M. fructicola*, notamment due à l'importance de sa phase sexuée (Chen *et al.*, 2013). En culture biologique, les produits disponibles montrent une faible efficacité (Lichou & Jay, 2012). Des stratégies alternatives sont donc mises en place en complément ou en substitution des produits phytosanitaires, telles que des mesures biologiques, des résistances variétales ou via les techniques culturales (Rungjindamai *et al.*, 2014).

Parmi ces stratégies alternatives, les principales mesures prophylactiques utilisées actuellement sont le choix variétal, via l'utilisation de variétés moins sensibles, et l'élimination des foyers infectieux. Cette élimination est réalisée sur les rameaux, les fleurs et les fruits momifiés contaminés par *Monilinia* et restés accroché sur l'arbre (Holb *et al.*, 2010). On peut également citer des mesures agronomiques telles qu'une bonne fertilisation pour assurer un bon équilibre nutritionnel des arbres, ou une régulation de l'irrigation par aspersion lors de la période de floraison pour limiter la dispersion des *Monilinia*. Concernant la lutte biologique, l'utilisation de bactéries en tant qu'agent de contrôle biologique s'est révélée efficace (Hrustic *et al.*, 2012). Des bactéries du genre *Burkholderia*, *Bacillus* et *Pseudomonas* ont montré une capacité d'inhibition de *M. laxa* en condition *in vitro* et une capacité de diminution de l'incidence de la moniliose sur fleur causée par *M. laxa* (Altindag *et al.*, 2006). Cependant, lors d'années de forte pression de moniliose, ces solutions ne sont pas suffisantes et nécessitent l'utilisation complémentaire de fongicides. Dans un objectif de production en bas intrants phytosanitaires, il devient donc nécessaire de trouver de nouvelles alternatives de lutte. Pour



cela, des études ont été et sont menées sur les facteurs influençant le développement de *Monilinia*.

## **8. Facteurs influençant le développement des *Monilinia***

Les monilioses sur fleurs et rameaux exercent une forte pression sur la filière abricot. Malgré cela, les connaissances sur les caractéristiques épidémiologiques de cette maladie restent partielles. L'identification et la compréhension des facteurs climatiques et agronomiques influençant le développement de *Monilinia* sont indispensables pour déterminer des pratiques et des règles de décision ayant pour objectif de contrôler la maladie. Actuellement, les études s'accordent sur plusieurs facteurs en interaction avec la maladie, tels que les conditions climatiques, l'inoculum, les pratiques culturales, le paysage et la sensibilité de l'hôte (Luo *et al.*, 2001b ; Mustafa *et al.*, 2021).

### **8.1. Influence des conditions climatiques**

Le climat joue un rôle important en épidémiologie végétale. Le développement de la plupart des maladies des plantes est dépendant des conditions climatiques (Fry, 1997). Le climat peut avoir un effet sur les caractéristiques biologiques propres à la croissance et la survie de l'agent pathogène, ou sur leur dispersion. La pluie et le vent étant les moyens de dispersion principaux des agents pathogènes (Fitt *et al.*, 2003).

Wilcox (1989) a mis en évidence une interaction significative de la température et de la période d'humidité sur l'incidence des monilioses sur cerisier. Le pourcentage de fleurs de cerisier infectées par *M. fructicola* était d'autant plus élevé que les températures étaient élevées et que la période d'humidité était longue. D'après les auteurs, la température optimale au développement de *M. fructicola* serait aux alentours de 25°C. A l'inverse, une température de 8°C a fortement réduit le taux d'incidence de la maladie. L'étude de Biggs & Northover (1988) a montré que plus la durée de forte humidité est élevée, plus la période d'incubation de *M. fructicola* est faible (la période d'incubation correspondant au temps écoulé entre l'inoculation et le moment où 50% des fruits infectés présentent des sporodochies). Dans l'étude de Tamm (1995), l'auteur a étudié l'influence de la température et de la durée d'humectation sur l'incidence d'infection par *M. laxa* sur des fleurs de cerisier, et a réalisé un modèle décrivant l'incidence de la maladie en fonction des conditions climatiques. Le modèle montre que la durée d'humectation a une corrélation positive avec l'incidence de la maladie. Pour une même durée d'humectation, l'incidence de la maladie sera plus élevée pour des températures comprises entre 10 et 20°C, avec un pic à 15°C. Le modèle montre également que *M. laxa* peut causer des infections sur les fleurs de cerisier à de faibles températures (5°C) et cela pendant des périodes d'humectation courtes, ce qui suppose par comparaison avec l'étude de Wilcox que *M. laxa* est plus adapté à des basses températures que *M. fructicola* (Wilcox, 1989). Les auteurs avaient démontré dans une précédente étude en condition *in vitro* que *M. laxa* est capable de croître à des températures comprises entre 0 et 31 °C. La température et l'humidité de l'air ont une influence sur la germination des spores de *M. laxa*, avec des taux de germination les plus élevés entre 20 et 25°C et une germination corrélée positivement avec l'humidité de l'air (Tamm & Flückiger, 1993). Des vitesses de germination de conidie de *M. fructicola* plus élevées ont été observées pour des températures croissantes, avec un optimum entre 20 à 25°C. A cet optimum, environ 50% des conidies avaient germé seulement 2 heures après inoculation en condition *in vitro* (Xu *et al.*, 2001).

L'influence du mode de dispersion sur le taux de germination a également été étudiée, avec un dépôt humide des conidies pour simuler une humectation par la pluie ou la rosée, et un dépôt sec pour simuler le vent. Le dépôt humide des conidies a montré des taux de germination plus élevés par rapport au dépôt sec. De plus, dans le cas du dépôt humide des conidies, les taux de germination pouvaient atteindre environ 30% selon la température pour une humidité relative de l'air de 88%, et jusqu'à un taux de germination d'environ 100% pour une humidité relative





de 100%. Dans le cas du dépôt sec, les taux de germination pouvaient atteindre 65% maximum pour un taux d'humidité relative de 100%, mais le taux de germination était nul pour des valeurs d'humidité relative inférieure à 98%. Ces résultats suggèrent que l'absence d'humectation des organes de la plante est un facteur limitant la germination des spores, mais non exclusif en cas d'humidité de l'air saturée (Tamm & Flückiger, 1993). L'étude de Bernat *et al.* (2018) a montré que la viabilité des conidies de *M. fructicola* dans le temps était dépendante de la température et de l'humidité. Des températures entre 20 et 30°C vont diminuer la viabilité des conidies sur fruit dans le temps par rapport à des températures entre 0 et 4°C. Cette même viabilité est majoritairement corrélée positivement à une augmentation de l'humidité (Xu *et al.*, 2001 ; Bernat *et al.*, 2018). A 0 °C et 100 % d'humidité relative, les conidies peuvent survivre jusqu'à 35 jours sur fruit, tandis qu'à 30 °C et 60 % d'humidité relative, les conidies peuvent survivre jusqu'à 7 jours sur fruit (Bernat *et al.*, 2018).

Les conditions climatiques ont un impact sur la croissance de *Monilinia*, mais également sur sa dispersion. Tamm & Flückiger (1993) ont découvert que la production de conidies de *M. laxa* était dépendante de la température, avec un optimale de production entre 10 et 15°C. En plus de la température, l'humidité relative et le vent semblent également être des facteurs influençant la déhiscence et la libération des spores de *Monilinia* (Bannon *et al.*, 2009). Les spores sont ensuite principalement dispersées par le vent et l'eau, et moins fréquemment par les insectes (Holb, 2008). Kable (1965) a montré que la dispersion des spores de *M. fructicola* se déroulait principalement dans l'air via le vent. La dispersion aérienne permet une large dissémination des conidies, tandis que la pluie assure une dispersion à courte distance d'un grand nombre de conidies via les éclaboussures d'eau. Dans leur étude réalisée en Californie, Corbin & Ogawa (2011) ont montré que les conidies de *M. laxa* sont plus dispersées dans l'air pendant les périodes pluvieuses par rapport aux périodes sèches. En période pluvieuse, les 3 à 4 premières heures de pluie sont le moment avec le plus de spores dans l'air. En période sèche, le nombre de spores dans l'air le plus élevé était lié à des températures et une vitesse du vent élevée. Au cours de la saison, la concentration de spores de *Monilinia* dans l'air tend à augmenter jusqu'à la récolte, et semble liée avec l'incidence de la moniliose et donc liée à l'augmentation de source potentielle de sporulation (Holb, 2007). La densité de spores de *Monilinia* dans l'air varie au cours de la saison, mais également au cours de la journée. Holb (2007) a démontré que la quantité horaire de spores de *M. fructigena* dans l'air varie, et que cette quantité est corrélée positivement avec la température et le vent, et corrélée négativement avec l'humidité relative. Les pics de concentration de conidies sont observés généralement dans l'après-midi (Bannon *et al.*, 2009). Le taux de luminosité ne semble pas être corrélée avec la production de conidie par *Monilinia* (Sanderson & Jeffers, 2001), mais semble jouer un rôle dans le développement du champignon (Rodríguez-Pires *et al.*, 2020).

Les conditions climatiques jouent donc un rôle particulièrement important dans la dynamique de la maladie de par l'influence de facteurs climatiques sur la croissance de *Monilinia* et sur le taux d'inoculum présent dans l'air.

## **8.2. Influence de l'inoculum**

La densité d'inoculum est un facteur important à prendre en compte en épidémiologie végétale, étant considéré comme un élément majeur de la probabilité d'apparition et de la gravité des épidémies par les phytopathologistes (Plantegenest *et al.*, 2007). La majorité des spores de *Monilinia* responsable de l'inoculum primaire provienne des fruits momifiés et des rameaux nécrosés de l'année précédente (Villarino *et al.*, 2010). Wilcox (1989) a montré une corrélation positive entre le pourcentage de fleurs de cerisier infectées et la quantité d'inoculum. Une étude avec des inoculations de différentes doses d'inoculum de *M. fructicola* sur des fleurs de pruniers a montré une relation linéaire positive entre l'incidence de l'infection latente sur fruit et la concentration de l'inoculum (Luo & Michailides, 2001). Les espèces de *Monilinia* présentes dans l'inoculum vont également jouer un rôle dans la sévérité des maladies, certaines



espèces étant plus virulente que d'autres en fonction des organes de la plante ciblée (Hrustic *et al.*, 2012). Des études réalisées sur le site de Gotheron ont mis en évidence que la concentration de spores dans l'air n'était pas différente selon l'endroit de récolte dans la parcelle, laissant supposer un inoculum spatialement homogène à l'échelle de la parcelle (Dam, 2017 ; Dubois, 2019 ; Tresson *et al.*, 2020). Il a toutefois été noté une variation de la concentration de spores dans l'air au cours de la saison, variant entre 25 et 240 spores/m<sup>3</sup> d'air, mais qui reste inférieure à des variations observées pour d'autres agents pathogènes comme celui de la tavelure du pommier pour lequel le taux d'inoculum est modélisé. La variation du taux de spores de *Monilinia* au cours de la saison était corrélée faiblement avec la pluviométrie, ce qui concorde avec les études mettant en lien la pluie avec la production des conidies (Tamm & Flückiger, 1993) et la dispersion des conidies (Corbin & Ogawa, 2011).

Ces résultats montrent la nécessité de tenir compte des variations de l'inoculum dans les programmes de gestion de la moniliose. Cependant, il est très compliqué d'identifier une relation entre le taux d'inoculum dans l'air et l'incidence des monilioses sur les arbres en condition naturelle. En effet, comme vu précédemment, le développement des *Monilinia* est très dépendant des conditions climatiques. Le taux de spores dans l'air est notamment influencé par la température, la pluviométrie, le vent (Corbin & Ogawa, 2011), mais également par d'autres paramètres tels que le paysage (Jacquot *et al.*, 2020) ou les pratiques de prophylaxie de l'année antérieure (Everhart *et al.*, 2011).

### **8.3. Effet des pratiques culturales et du paysage**

Dans le cadre de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, les pratiques culturales peuvent être adaptées pour répondre à cet objectif. Des études ont été menées sur l'influence des pratiques existantes sur les monilioses. La régulation de l'irrigation semble particulièrement intéressante au vu de l'importance de l'eau dans le développement de *Monilinia*. En effet, la réduction de l'irrigation a permis de diminuer l'incidence de la moniliose sur fruit de pêcher (Mercier *et al.*, 2008a). A l'inverse, une fréquence d'irrigation plus élevée, pour une même quantité d'eau apportée, a augmenté l'incidence de la maladie (Mercier *et al.*, 2009a). Les auteurs se sont également intéressés aux effets de la taille sur la moniliose sur fruit de pêcher. Une taille manuelle favorisant une densité de couvert plus faible au centre de l'arbre a permis de réduire la maladie, faisant l'hypothèse d'un effet du microclimat à l'échelle de l'arbre et/ou de la parcelle (Mercier *et al.*, 2008a). Cette étude suppose l'influence des paramètres liés à la structure du couvert végétal sur le développement des monilioses. Dans le cas de l'abricotier, les fleurs regroupées sous forme de bouquet sècheront moins vite que les fleurs isolées. Au-delà des pratiques culturales réalisées au cours de la saison, l'incidence et la sévérité des monilioses sont dépendantes des niveaux de maladies de l'année précédente (Everhart *et al.*, 2011 ; Lichou & Jay, 2012), ce qui explique l'importance d'éliminer les sources potentielles d'inoculum en fin de saison.

L'appréhension des dynamiques épidémiologiques se fait également à l'échelle du paysage (Plantegenest *et al.*, 2007). Dans le cas des monilioses sur fleur d'abricotier, une étude a mis en évidence une augmentation de l'incidence de la maladie lorsque la surface occupée par des vergers d'abricotier est plus élevée dans un rayon de 1000m autour de la parcelle, ce qui peut s'expliquer par une augmentation de source potentiel d'inoculum (Jacquot *et al.*, 2020).

### **8.4. Sensibilité de l'hôte**

D'après le triangle de la maladie des plantes (Agrios, 2005), en plus de l'agent pathogène et des conditions environnementales, la sensibilité de l'hôte joue un rôle important dans le développement des maladies. Concernant les monilioses sur fleurs, cette sensibilité de l'hôte intègre une composante variétale, et des composantes qui vont moduler l'incidence de la maladie comme le stade phénologique et l'abondance des fleurs.



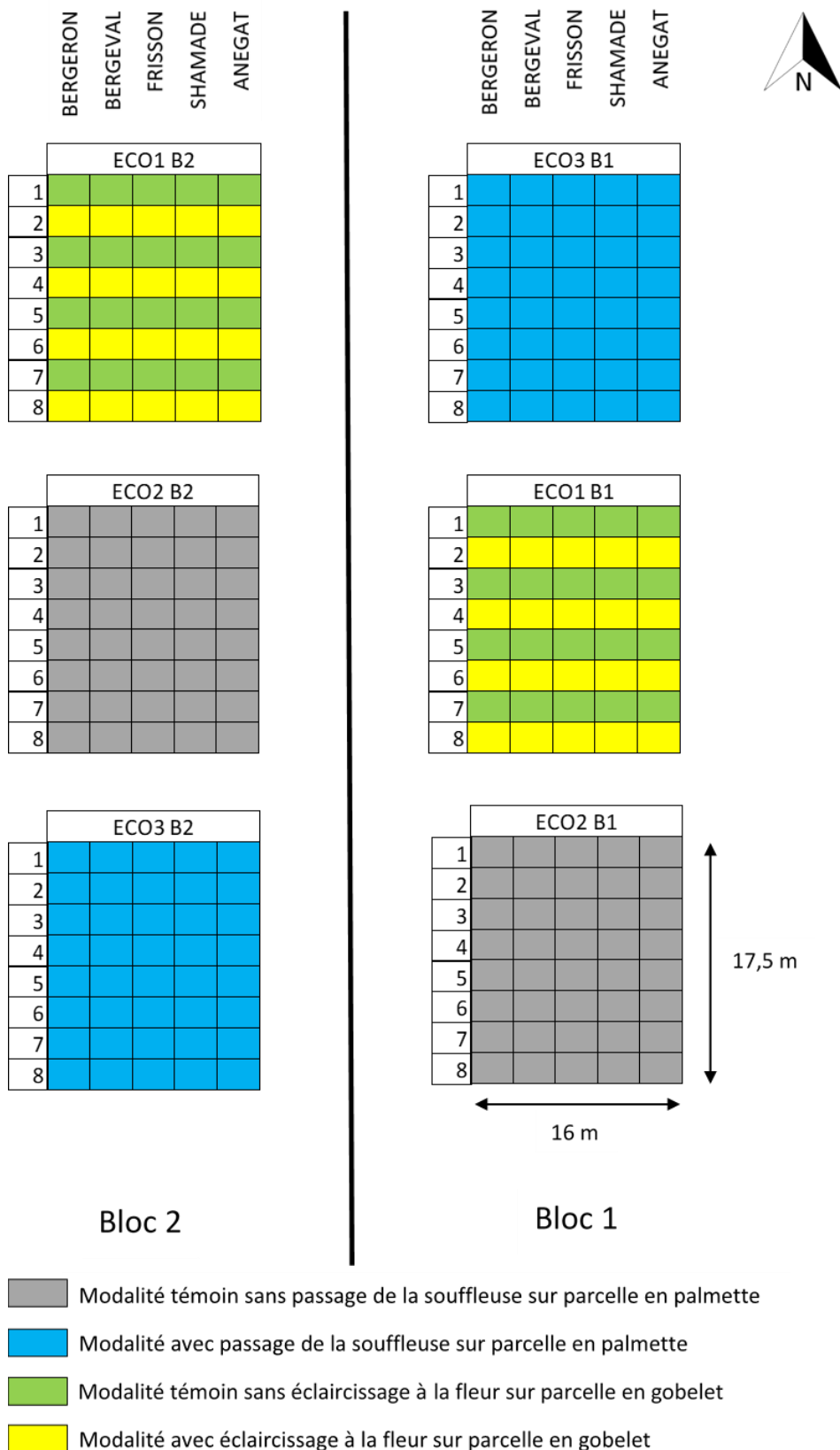
#### 8.4.1. Sensibilité liée aux fleurs

Les modes de pénétration dans l'hôte diffèrent selon les agents pathogènes. Dans le cas de la moniliose sur fleurs et rameaux d'abricotier, il est admis que les *Monilinia* infectent l'hôte par l'intermédiaire des fleurs. Une étude réalisée sur le site INRAE de l'UERI de Gotheron suppose que la floribondité d'un arbre, qui n'est pas identique chaque année, joue un rôle sur sa sensibilité aux monilioses (Dubois, 2019). De plus, au cours de la phase de développement floral, les bourgeons floraux passent par différents stades phénologiques. Jacquot *et al.* (2020) ont montré que le stade F (fleur ouverte) est plus sensible aux monilioses que le stade D (bouton blanc). Dans une étude réalisée par Luo *et al.* (2001b), les auteurs ont démontré que le stade pleine floraison est plus sensible à l'infection par *M. fructicola* que le stade bouton blanc et le stade chute des pétales, et que la plage de température de sensibilité à la moniliose sur fleur était plus large au stade pleine floraison par rapport aux 2 autres stades. Cette sensibilité du stade phénologique est à mettre en lien avec la variété d'abricotier. En effet, selon les variétés, les périodes et l'étalement de la floraison vont différer. Une différence qui explique en partie, selon les années, la prévalence des monilioses sur fleur sur une variété par rapport à une autre.

#### 8.4.2. Sensibilité variétale

Chez l'abricotier, la variabilité de sensibilité aux monilioses sur fleur est très importante (Parveaud *et al.*, 2016). Plusieurs études ont réalisé des classements de sensibilité au *Monilinia* sur fleur, que ce soit sur des cultivars d'Europe de l'est (Holb *et al.*, 2010) ou d'Europe de l'ouest (Parveaud *et al.*, 2009), allant de très sensibles à peu sensibles. Nicotra *et al.* (2006) ont réalisé des croisements entre des variétés résistantes d'abricotiers et des variétés de haute qualité. L'inoculation artificielle de *M. laxa* dans les rameaux et l'évaluation des symptômes ont permis de mettre en évidence une grande diversité de sensibilité aux monilioses chez les descendants. Dans leur étude, ils supposent également que la sensibilité des rameaux et la sensibilité des fruits à *M. laxa* ne sont pas contrôlées par les mêmes gènes, une hypothèse confirmée dans une autre étude sur pêcher (Wagner *et al.*, 2005). Des observations de symptômes de *M. laxa* sur fleurs et rameaux d'abricotier suggèrent l'existence de deux mécanismes de défense complémentaires : une résistance de la fleur, jouant un rôle sur le passage de *Monilinia* de la fleur jusqu'au rameau, et une résistance du rameau, jouant un rôle sur le développement de *Monilinia* dans le rameau (Mercier *et al.*, 2008b). Cependant, aucune résistance totale à la moniliose sur abricotier n'a été découverte à ce jour.

Afin d'évaluer la sensibilité aux maladies, des observations du comportement du matériel végétal en condition de contamination naturelle sont généralement réalisées. Cependant, l'évaluation de la sensibilité variétale aux monilioses reste très compliquée. Plusieurs difficultés méthodologiques ont été identifiées en condition de plein champ. L'observation visuelle des dégâts de moniliose sur abricotier ne permet pas de séparer, d'une part, la sensibilité due à la corrélation entre la date de floraison et les conditions climatiques et, d'autre part, la sensibilité variétale. De plus, l'interaction d'autres maladies peuvent perturber l'évaluation, avec par exemple l'ECA qui peut entraîner une modification des dates de floraison, ou le chancre bactérien présentant les mêmes symptômes sur rameau que la moniliose (Parveaud *et al.*, 2009). Pour éviter les difficultés méthodologiques liées à l'observation visuelle sur le terrain, différentes méthodes d'évaluation en condition contrôlée ont été développées et testées par Del Cueto *et al.* (2020). Les méthodes basées sur une inoculation des fleurs et du pistil n'ont pas permis une bonne différenciation des génotypes. A l'inverse, les méthodes basées sur une inoculation des rameaux et l'évaluation visuelle sur le terrain ont montré une bonne ségrégation des différents génotypes (Del Cueto *et al.*, 2020). Actuellement, l'évaluation visuelle sur le terrain reste la méthode la plus fiable et la plus facile à mettre en place pour caractériser la sensibilité des abricotiers aux monilioses. Afin d'éviter les biais statistiques liés à l'influence du climat et de la date de floraison sur la contamination aux monilioses sur fleur,



**Figure 5 :** Plan d'expérimentation du dispositif RENFEP.

une prise en compte de la variation annuelle du risque de contamination climatique par *Monilinia* est nécessaire.

## 9. Développement d'un modèle phéno-climatique

Comme vu précédemment, le développement des monilioses est fortement lié aux conditions climatiques. Dans le cadre du changement climatique, l'évolution du climat pourrait donc avoir un effet sur ces maladies et ainsi amener de nouvelles problématiques dans la lutte face à *Monilinia*. Afin de déterminer l'évolution de la moniliose de l'abricotier dans les années à venir pour permettre d'anticiper ces futures problématiques, le projet ClimArbo (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, 2020) porté par le GRAB, INRAE et la SEFRA s'est intéressé aux paramètres influençant la maladie. Le projet consistait notamment à caractériser les périodes de sensibilité et/ou de contamination au verger, ainsi qu'à identifier les facteurs de risque de développement des monilioses. Dans le cadre de ce projet, une première étude a été réalisée sur le site de Gotheron par Dam (2017) et Tresson *et al.* (2020) sur l'identification des facteurs intervenant dans le développement des monilioses sur fleurs et rameaux d'abricotier. L'influence des conditions climatiques, de l'inoculum et du stade phénologique de l'arbre ont été étudiées. Les stades E (étamines visibles) et F (fleur ouverte) sont les plus sensibles à la maladie, par rapport au stade D (ouverture des sépales) moins sensible. L'incidence de la moniliose est influencée principalement par la pluviométrie et l'humectation, et dans une moindre mesure par la température. En prenant en compte tous ces résultats, Tresson *et al.* (2020) ont développé un modèle de calcul de risque climatique d'infection sur fleur d'abricotier par *M. laxa*. Ce modèle se base sur celui de Tamm (1995) en prenant en compte la pluviométrie à la place de la durée d'humectation. La sensibilité des stades phénologiques à la moniliose n'étant pas identique, Tresson *et al.* (2020) ont rajouté un paramètre de risque phénologique au modèle de risque climatique. Suite à la calibration du modèle en condition contrôlée, une validation du dispositif ayant préalablement servi pour le calibrage a ensuite été effectuée en condition naturelle par Dubois (2019) et a montré une bonne corrélation entre le risque phéno-climatique et les dégâts de *Monilinia* sur rameaux. Le modèle a également été testé sur un réseau de parcelles et a montré une corrélation significative entre le risque et les dégâts sur rameaux, chaque parcelle étant unique par son implantation, son âge et les choix agronomiques du producteur.

En 2020, un essai mené sur Gotheron s'est intéressé à la porte d'entrée de la moniliose sur fleur et rameau, afin de vérifier et confirmer la sensibilité des stades (Brun *et al.*, 2021). L'essai a montré que les pétales semblent être le siège principal de contamination par *M. laxa*, et laisse supposer un passage de l'agent pathogène dans le rameau à partir de la colonisation du pétale. De plus, les arbres ayant atteint le stade G (chute des pétales) exposés à une contamination n'ont montré aucune infection par le *Monilinia*. Une observation qui suppose que soit les fleurs au stade G ne sont pas sensibles à *Monilinia*, soit le pétale contaminé va chuter avant que l'agent pathogène atteigne un autre organe. Le modèle phéno-climatique a donc été finalisé en ne prenant plus en compte le stade G comme stade sensible.

La filière abricot dispose donc pour la première fois d'un modèle de risque d'infection sur fleurs par les monilioses. Un modèle qui pourrait être utile dans les dispositifs d'évaluation des sensibilités variétales aux monilioses ou d'évaluation de l'efficacité de traitement fongicide, mais également en tant qu'outil d'aide à la décision pour les professionnels de la filière.

## 10. Objectifs du stage

Ce stage s'organise autour d'une problématique centrale de lutte contre les monilioses sur abricotier, et tente d'y répondre via différents objectifs :

(i) Dans le cadre de l'essai RENFEP, étudier l'efficacité de 2 méthodes de protection alternatives contre les monilioses sur rameaux : l'éclaircissage à la fleur et la chute provoquée des pétales. Ces solutions alternatives se basent sur le rôle des fleurs et plus précisément des



**Tableau I** : Caractéristiques agronomiques des différentes variétés d'abricotier du dispositif RENFEP (Source : Star fruits et CEP innovation).

		<b>Bergeval</b>	<b>Shamade</b>	<b>Bergeron</b>	<b>Anégat</b>	<b>Frisson</b>
<b>Origine</b>		INRA	INRA	Mr. Bergeron	INRA	INRA
<b>Epoque de floraison</b>		Tardive	Tardive	Tardive	Tardive	Tardive
<b>Port</b>		Erigé	Dressé	Demi-érigé	Semi-retombant	Erigé
<b>Sensibilité aux maladies</b>	Chancre bactérien	Moyenne à forte	Moyenne à forte	Moyenne à forte	Forte	Forte
	Sharka	Résistant	Résistant	Faiblement	Résistant	Faiblement
	Monilia sur fleur	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Forte	Forte

pétales dans la contamination par *Monilinia* (Brun *et al.*, 2021), et visent à réduire le nombre de lieux de pénétration de l'agent pathogène dans l'abricotier.

(ii) Valider le modèle phéno-climatique sur une large gamme de variété d'abricotier (Core-Collection). Le modèle de risque phéno-climatique a été calibré et validé pour une attaque de l'agent pathogène *Monilinia laxa* sur la variété d'abricotier Bergarouge en condition de culture semi-contrôlée. Suite à la validation du modèle sur 2 variétés d'abricotier pour différentes pratiques culturales (Dubois, 2019), notre étude a pour objectif de déterminer le fonctionnement du modèle à une échelle variétale plus large.

(iii) Identifier et hiérarchiser les facteurs ayant une influence sur le développement des monilioses sur rameaux d'abricotier. Dans le cadre de cette étude ont été étudié l'influence de la variété d'abricotier, du risque de contamination phéno-climatique et de la floribondité sur la sévérité des monilioses sur rameaux.

(iv) En prenant en compte les résultats obtenus, évaluer et classer les sensibilités aux monilioses des différentes variétés de la Core-Collection.

## **Partie I : Etude de l'efficacité de 2 méthodes de protection alternatives contre les monilioses sur rameaux sur le dispositif RENFEP**

### **1. Matériels et méthodes**

Le dispositif expérimental RENFEP a pour objectif l'étude de 2 solutions alternatives dans le cadre de la lutte contre les monilioses sur abricotier : l'éclaircissage à la fleur et la chute provoquée des pétales. Le dispositif expérimental RENFEP actuel est issu du dispositif Abric'Haut, implanté dans le cadre de l'ancien projet CAPRED qui avait pour objectif de réduire l'impact de la bactériose de l'abricotier via le greffage haut.

#### **1.1. Description du dispositif**

L'essai a été implanté en 2015 sur le site de l'UERI Gotheron à Saint-Marcel-lès-Valence dans la Drôme (26), une zone de production importante d'abricot. L'essai RENFEP actuel a débuté en 2021 avec pour objectif un suivi sur 3 ans. Le dispositif est composé de 6 parcelles composées chacune de 5 rangées de 8 arbres, chaque rangée correspondant à une variété d'abricotier et constituant une parcelle élémentaire, soit un total de 240 arbres (**Figure 5**). Les rangées sont orientées dans un axe Nord-Sud. Parmi les 6 parcelles, 4 parcelles sont en conduite palmette et 2 parcelles sont en conduite gobelet. La distance inter-rang est de 4 m et la distance entre les arbres est de 2.5 m, soit des parcelles de 16 m par 17.5 m et une densité de 1 000 arbres par hectare. Le dispositif est bordé de haies au Sud et au Nord.

Les 5 variétés – Anégat, Shamade, Frisson, Bergeval et Bergeron – sont greffées sur des portes greffes de pêcher Montclar® Chanturgue. La sélection des variétés repose sur leurs dates de floraison homogènes, permettant de minimiser le nombre de passage dans la parcelle pour les traitements d'éclaircissage à la fleur et de chute provoquée des pétales. Les variétés présentent des sensibilités différentes aux monilioses, allant de moyennement sensible à fortement sensible (**Tableau I**). Bergeron est la variété de référence à l'échelle nationale, et Bergeral représente la variété de référence dans le bassin de production Rhône-Alpes.

#### **1.2. Itinéraire technique**

L'itinéraire technique est identique pour l'ensemble du dispositif, conduit en agriculture biologique depuis 2 ans. Aucun traitement phytosanitaire n'a été réalisé pour ne pas interférer avec les monilioses. La fertilisation est basée sur les recommandations du GRCETA (Groupement régional des centres d'études techniques agricoles) de Basse Durance. Trois apports de 30 unités d'azote ont été réalisés à environ 1 mois d'intervalle, la 1<sup>ère</sup> dose ayant été



**Figure 6** : Electro'flor® (Source L. Moncorger).



**Figure 7** : a) Abricotier conduit en palmette du dispositif RENFEP. b) Effeuilleuse ERO VITIpulse (Source L. Moncorger).

apportée début mars. Le pilotage de l'irrigation est réalisé via un système de micro jets suspendus dans les parcelles, les quantités à apporter étant obtenues à l'aide de la méthode du bilan hydrique. Le désherbage est géré en travail mécanique sur le rang. Les rameaux et fruits moniliés sont éliminés chaque année en fin de saison pour réduire de potentielles sources d'hétérogénéité pour l'année suivante. Les arbres sont éclaircis manuellement au stade jeune fruit chaque année pour éviter l'épuisement des arbres au fil des années avec un objectif de charge de 500 fruits par arbre. A la fin de la floraison, avant l'apparition des symptômes de *Monilinia*, les rameaux touchés par la bactériose sont supprimés pour éviter les confusions de symptômes. Chaque année, les arbres atteints d'ECA sont remplacés pour assurer la continuité du dispositif.

### 1.3. Modalités de l'essai

Dans cet essai, il a été étudié l'effet de 3 facteurs de variation étudiés et de 2 covariables sur l'incidence des monilioses en prenant en compte 1 facteur de variation contrôlé. Les 3 facteurs de variation étudiés sont la modalité éclaircissage à la fleur, la modalité chute provoquée des pétales et la variété d'abricotier. Les covariables sont la floribondité et le risque phéno-climatique. Un éventuel facteur de variation contrôlé avec un gradient d'hétérogénéité orienté dans l'axe Ouest-Est est pris en compte avec 2 blocs (B1 et B2) positionnés à l'ouest et à l'est de la parcelle. Chacun des 2 blocs est composé de 3 parcelles : (1) une parcelle en conduite gobelet (**Figure 1 - a**) pour l'essai éclaircissage à la fleur (ECO1), (2) une parcelle en conduite palmette (**Figure 1 - b**) correspondant à la modalité témoin de l'essai chute provoqué des pétales (ECO2) et (3) une parcelle en conduite palmette correspondant à la modalité souffleuse de l'essai chute provoqué des pétales (ECO3).

### 1.4. Essai éclaircissage à la fleur

L'éclaircissage à la fleur a été réalisé sur les arbres 2, 4, 6 et 8 pour chaque variété sur les 2 parcelles ECO1B1 et ECO1B2. Les arbres 1, 3, 5 et 7 sont les témoins. L'éclaircissage a été réalisé le 3 et le 4 mars avec l'Electro'flor® (CTIFL, Paris, France) au stade bouton blanc en visant une réduction d'environ 75 % des bourgeons à fleur. L'Electro'flor® est un outil d'éclaircissage composé d'une brosse entraînée par un moteur électrique (**Figure 6**). L'éclaircissage doit être réalisé au plus tard 5 jours après une pluie contaminatrice pour éviter le passage du *Monilina* jusqu'au rameau, et ne doit pas être réalisé avant une pluie pour éviter la contamination via de potentielles blessures. Pour déterminer l'efficacité de l'éclaircissage, le nombre de fleurs avant et après le passage de l'Electro'flor® est noté sur une charpentière pour chaque variété pour chaque parcelle, soit 10 charpentières. Concernant la production, il a été noté le nombre de fruits sur une charpentière pour un arbre de chaque variété, pour chacune des 2 parcelles et pour chacune des 2 modalités d'éclaircissage, soit 10 charpentières pour la modalité témoin et 10 charpentières pour la modalité éclaircissage. Le nombre de charpentières de chaque arbre est noté, ce qui permet d'estimer un nombre de fruits par arbre. La comparaison des 2 modalités permet d'estimer le pourcentage moyen de fruits restants après l'éclaircissage à la fleur.

### 1.5. Essai chute provoquée des pétales

La chute provoquée des pétales a été réalisée sur les parcelles ECO3B1 et ECO3B2 avec l'effeuilleuse ERO VITIpulse (ERO GmbH, Simmern, Allemagne), une souffleuse d'air pulsé qui sert habituellement à faire tomber les feuilles de vignes (**Figure 7**). Les parcelles ECO2B1 et ECO2B2 sont les témoins. Deux passages de la souffleuse ont été réalisés le 10 et le 14 mars sur les 2 côtés de chaque rang pour chaque variété et pour chaque parcelle, afin de prendre en compte l'étalement de la floraison. Pour permettre le passage de la souffleuse au plus près des arbres, les rameaux dépassant du rang des parcelles en palmette ont été taillés. Les conditions de la date de passage de la souffleuse sont les mêmes que pour l'éclaircissage à la fleur. La souffleuse était réglée à une vitesse entre 0.7 et 0.8 km/h, pour une puissance de 530 tours/min.



# La Floribondité

La floribondité, selon une échelle de 0 à 5 (0 : floribondité nulle ; 5 : très forte floribondité)

1-Très faible
1+-Très faible à faible
2-Faible
2+-Faible à moyenne
3-Moyenne
3+-Moyenne à forte
4-Forte
4+-Forte à très forte
5-Très forte

Avec note 1 : 10 fleurs par mètre linéaire et note 5 : 50 fleurs par mètre linéaire.

## Echelle photographique de la floribondité sur abricotier



Note 0



Note 2.5



Note 0.5



Note 3



Note 1



Note 3.5



Note 1.5



Note 4



Note 2



Note 5

**Figure 8** : Echelle de référence des floribondités sur abricotier (Source : CTIFL / SEFRA).

Pour déterminer l'efficacité de la chute provoquée des pétales, une notation est réalisée avant et après le passage de la souffleuse, sur une portion de 3 charpentières (1<sup>er</sup> fil (hauteur de 90 cm), 2<sup>ème</sup> fil (hauteur de 140 cm) et 3<sup>ème</sup> fil (hauteur de 190 cm)) sur un arbre de chaque variété dans 1 parcelle témoin (ECO2B2) et une parcelle souffleuse (ECO3B2), soit 30 charpentières. La notation consiste à observer au moins 100 fleurs et noter l'état de chaque bourgeon floral : C (stade C), D (stade D), 0 à 5 (indique le nombre de pétale sur fleur ouverte), T (fleur tombée). Les portions de charpentière observées sont marquées pour permettre un suivi de nouaison via la notation du nombre de fruits noués, avec le taux de nouaison correspondant au nombre de fruits noués par rapport au nombre de fleurs totales. Le taux de nouaison a été suivi pour vérifier que la souffleuse n'abîme pas les pistils des fleurs, empêchant la fructification.

### 1.6. Notation de la floribondité

La floribondité a été notée au stade pleine floraison, avant l'éclaircissage et le passage de la souffleuse, pour chaque arbre selon l'échelle visuelle du CTIFL/SEFRA noté de 1 à 5 (**Figure 8**). La floribondité correspond au nombre de fleur par mètre linéaire.

### 1.7. Notation et calcul du risque phéno-climatique

Pour faire tourner le modèle de risque phéno-climatique, les précipitations et la température ont été enregistrées toutes les heures à l'aide de deux stations météo situées dans et à 900 m de la parcelle respectivement. Le pourcentage des différents stades phénologiques (du stade C au stade G) a été noté pour chaque arbre entre 2 et 3 fois par semaine selon les pluies pour couvrir au maximum la floraison. La notation des stades phénologiques a débuté dès l'apparition des premiers stades D (bouton blanc) et s'est terminé quand tous les arbres avaient atteint le stade G (chute des fleurs) sur l'ensemble de leurs bourgeons. Les données sont ensuite entrées dans le modèle prédictif du risque (**Figure 9**). Le calcul du risque phéno-climatique est réalisé pour chaque arbre de l'ensemble du dispositif (détail du calcul en **Annexe 1**).

### 1.8. Notation de l'incidence des monilioses

L'incidence des monilioses est estimée par le nombre de rameaux moniliés par arbre. Un rameau est considéré monilié s'il présente des symptômes de dessèchement des fleurs et du rameau, et de potentiels écoulements gommeux (**Figure 4**). La notation de l'incidence des monilioses a été réalisée sur tous les arbres du dispositif, environ 1 mois après la floraison pour laisser le temps à l'ensemble des symptômes d'apparaître. La notation consistait à prélever et compter tous les rameaux moniliés sur chaque arbre, la variable recherchée étant le nombre de rameaux moniliés pour chaque arbre. Pour l'essai éclaircissage, les rameaux ont été prélevés sur la totalité de l'arbre. Pour l'essai souffleuse, seuls les rameaux se trouvant entre le 2<sup>ème</sup> fil et 50 cm au-dessus du 3<sup>ème</sup> fil ont été prélevés, la taille de la souffleuse n'ayant pas permis de couvrir toute la hauteur des arbres.

### 1.9. Identification des espèces de *Monilinia*

L'identification des espèces de *Monilinia* a été réalisée selon la clé synoptique de Lane (2003) basée sur les caractères de culture (**Annexe 2**). Un rameau monilié a été prélevé au hasard pour chaque variété pour chaque parcelle, soit un total de 30 rameaux. Une portion de rameau monilié prélevée sous l'écorce a ensuite été déposée dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA (potato dextrose agar). Après 10 jours d'incubation, l'identification visuelle des *Monilinia* a été réalisée avec la clé synoptique. Parmi les 30 boîtes analysées, 29 boîtes ont été identifiées en tant que *M. laxa* et 1 boîte a été contaminée (**Figure 10**).

### 1.10. Analyses statistiques

Le risque phéno-climatique et la floribondité étant confondus avec le facteur modalité de chute et/ ou la variété, ils n'ont pas été pris en compte dans le modèle. Les jeunes arbres et

### Calcul du risque de contamination par *Monilinia laxa* sur bourgeons floraux d'abricotiers

INRAe Gotheron      INRAe Agroclim

Entrer la pluviométrie et la température moyenne durant chaque épisode pluvieux subi par la parcelle. Ce risque est pondéré par la proportion de bourgeons floraux aux différents stades de développement. Deux épisodes pluvieux doivent être séparés d'au moins 4h de temps sec (pas d'humectation pendant 4 h).

Date	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	% stade D + F		Risque fleur	Risque>50%	Risque pondéré
			% stade D (entre 0 et 100)	% stade E+F			
11/02 8h à 9h	1	6,85	0	0	0,12607774	0	0,00
14/02 10h à 15h	12	6,88	0	0	0,335482301	0	0,00
16/02 7h à 17h	4	4,77	0	0	0,100711688	0	0,00
21/02 18h à 22h	1	6,87	0	0	0,126560624	0	0,00
22/02 à 10h	0,5	9,7	0	0	0,173356996	0	0,00
11/03 à 1h	1	8,8	60	1	0,172951687	0	0,00
13/03 15h à 14h	20	7,16	47,5	28	0,50259996	1	0,20
14/03 17h à 18h	1	10,6	41,25	41,5	0,213890662	0	0,09
30/03 1h à 5h	5,5	9,16	0	0	0,322396028	0	0,00
31/03 à 12h	1	11,5	0	0	0,232736607	0	0,00
01/04 3h à 8h	2,5	2,67	0	0	0,036696965	0	0,00
01/04 19h à 02h	3,5	1,38	0	0	0,013888523	0	0,00
06/04 19h à 20h	5	10,25	0	0	0,355230012	0	0,00
07/04 17h à 18h	1,5	12,15	0	0	0,270596985	0	0,00
09/04 17h à 18h	1,5	7,65	0	0	0,15699247	0	0,00
<b>Risque fleur cumulé</b>							<b>0,29</b>

**Figure 9** : Interface pour le calcul du risque phéno-climatique. L'exemple décrit sur la figure correspond au calcul du risque de l'arbre en position A2 du dispositif Core-Collection pour l'année 2022. Pour chaque épisode pluvieux sont entrés la pluviométrie (en mm), la température moyenne (en °C) durant la pluie et le pourcentage de stade D et E/F (pleine fleur). Deux épisodes pluvieux doivent être séparés d'au moins 4h sans humectation. La pluviométrie et la température donnent un risque climatique pour chaque épisode pluvieux qui est identique pour tous les arbres de la parcelle. Ensuite le risque est pondéré selon le pourcentage de stade D et E/F, un coefficient de pondération de 0.25 étant appliqué au pourcentage de stade D pour minimiser son impact par rapport au stade E/F plus sensible. Les études antérieures ayant montré que le stade D est sensible au *Monilinia* pour des risques climatiques supérieurs à 50%, une pondération de 1 est appliquée sur le pourcentage de stade D si le risque climatique est supérieur à 0.5, et une pondération de zéro est appliquée sinon. Les risques pour chaque épisode pluvieux sont ensuite additionnés pour donner un risque fleur cumulé (Dubois, 2019 ; Tresson *et al.*, 2020 ; Brun *et al.*, 2021).

les arbres dépérissant ont été retirés de l'analyse. Une analyse de variances a été réalisée pour chacun des deux essais pour évaluer la significativité des effets fixes : modalité de chute (fleur ou pétale) et variété (selon les modèles décrit en **Annexe 3**). Une transformation  $\log(x + 1)$  a été réalisée sur les données pour assurer la normalité des résidus, et on suppose l'hypothèse d'indépendance des individus. La normalité des résidus et l'égalité des variances ont été vérifiées en utilisant les tests de Shapiro-Wilk's et de Levene respectivement. Les comparaisons multiples de moyennes ont été effectuées à l'aide du test de Tukey au seuil de 5%. Tous les calculs et analyses ont été effectués à l'aide du logiciel libre de statistique R, version 4.2.0.

## 2. Résultats

Toutes les variétés du dispositif présentaient des floribondités proches de 3. Les risques phéno-climatiques étaient compris entre 0.40 et 0.64 pour l'ensemble des variétés (**Tableau II**).

### 2.1. L'éclaircissage à la fleur permet une forte diminution de l'incidence des monilioses sur rameaux d'abricotier

Les fleurs étant l'organe de passage des *Monilinia* dans l'abricotier, nous avons évalué l'impact d'un éclaircissage des fleurs de 5 variétés d'abricotier sur l'incidence des monilioses sur rameaux. L'analyse statistique des données a montré une différence significative entre la modalité éclaircissage et la modalité témoin sur l'incidence des monilioses sur rameaux ( $P < 0.001$ ) (**Figure 1**). En moyenne, le nombre de rameaux moniliés par arbre est de 112 pour la modalité témoin et de 22 pour la modalité éclaircissage. L'éclaircissage à la fleur a donc permis de diminuer de 80.6 % en moyenne l'incidence des monilioses sur rameaux, pour une diminution moyenne de la charge en fleur de 69.15 %. L'éclaircissage à la fleur a réduit l'incidence des monilioses sur rameaux pour toutes les variétés d'abricotier.

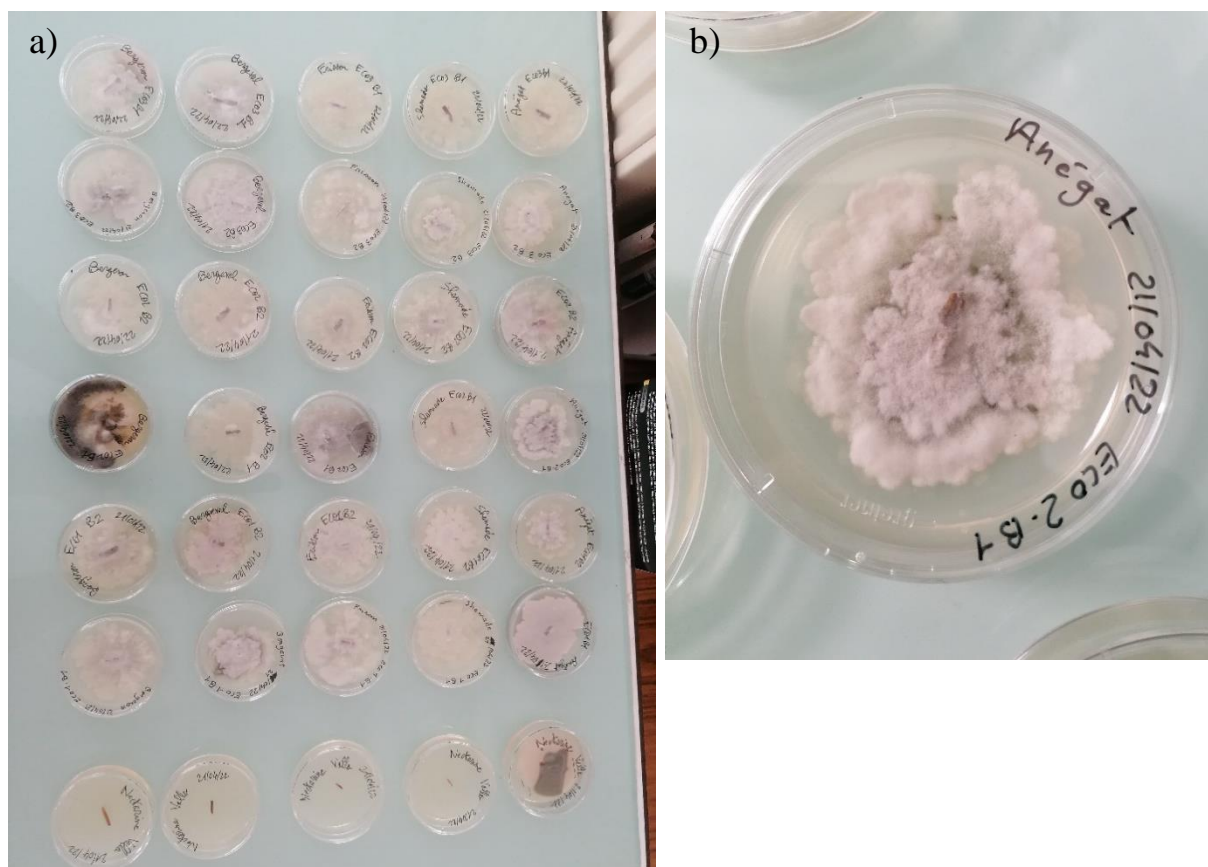
Concernant le temps de travail, nos résultats laissent supposer qu'un éclaircissage à la fleur avec l'Electro'flor® complémenté d'un éclaircissage (léger) à la main au stade jeune fruit demande autant de temps par rapport à seulement un éclaircissage à la main au stade jeune fruit. L'éclaircissage à la fleur a diminué en moyenne la charge en fruit des arbres avant éclaircissage manuel de 65%, le détail du nombre de fruit pour chaque variété en fonction de la modalité témoin et éclaircissage se trouvant dans le **Tableau III**.

### 2.2. La chute provoquée des pétales réduit l'incidence des monilioses sur rameaux selon la variété d'abricotier

Des études antérieures semblant montrer que les pétales sont la porte d'entrée des monilioses dans l'abricotier, nous avons souhaité déterminer l'effet d'une chute provoquée des pétales de 5 variétés d'abricotier sur l'incidence des monilioses sur rameaux. Une interaction significative entre la modalité de chute provoquée des pétales et la variété d'abricotier sur l'incidence des monilioses sur rameaux a été mise en évidence ( $P = 0.02$ ) (**Figure 12**). Pour toutes les variétés, la chute provoquée des pétales a permis de réduire l'incidence de *Monilinia*. Les variétés Shamade et Bergeron n'ont pas montré de différence significative entre la modalité témoin et la modalité de chute provoquée des pétales sur l'incidence des monilioses, ce malgré un taux de réduction de monilioses de 15 % et 19 % respectivement pour une diminution du nombre de pétales de 46 % et 57 % respectivement. Les variétés Anégat, Frisson et Bergeval ont montré un effet significatif de la modalité chute provoquée des pétales sur l'incidence des monilioses, avec des taux de réduction de monilioses de 54 %, 63 % et 38 % respectivement pour une diminution du nombre de pétales de 77 %, 60 % et 39 % respectivement. La variété Frisson présente la réduction de moniliose la plus importante, passant d'un nombre moyen de rameaux moniliés par arbre de 128 pour la modalité témoin à 48 pour la modalité chute provoquée des pétales, le détail pour chaque variété en fonction de la modalité témoin et éclaircissage se trouvant dans le **Tableau IV**.

La charge en fruit était largement suffisante sur les arbres ayant subi le traitement souffleuse, nécessitant un éclaircissage manuel au stade jeune fruit. On peut noter que le





**Figure 10** : a) Culture des portions de rameau infectées par *Monilinia* du dispositif RENFEP sur milieu PDA en boîtes de Pétri, b) Boîte de pétri identifiée *M. laxa* (Source L. Moncorger).

**Tableau II** : Risque moyen et floribondité moyenne des modalités témoin de l'essai éclaircissage à la fleur et de l'essai chute provoquée des pétales en fonction des différentes variétés.

Variété	Témoin éclaircissage à la fleur		Témoin chute provoquée des pétales	
	Risque phéno-climatique	Floribondité	Risque phéno-climatique	Floribondité
Anégat	0,63	3,25	0,64	3,25
Shamade	0,40	3	0,40	2,75
Frisson	0,63	3,5	0,61	3,25
Bergeval	0,59	3	0,55	3
Bergeron	0,55	3,5	0,45	3

passage de la souffleuse a en moyenne réduit le taux de nouaison de 2 % pour l'ensemble des variétés par rapport au témoin (**Tableau IV**).

### 3. Discussion

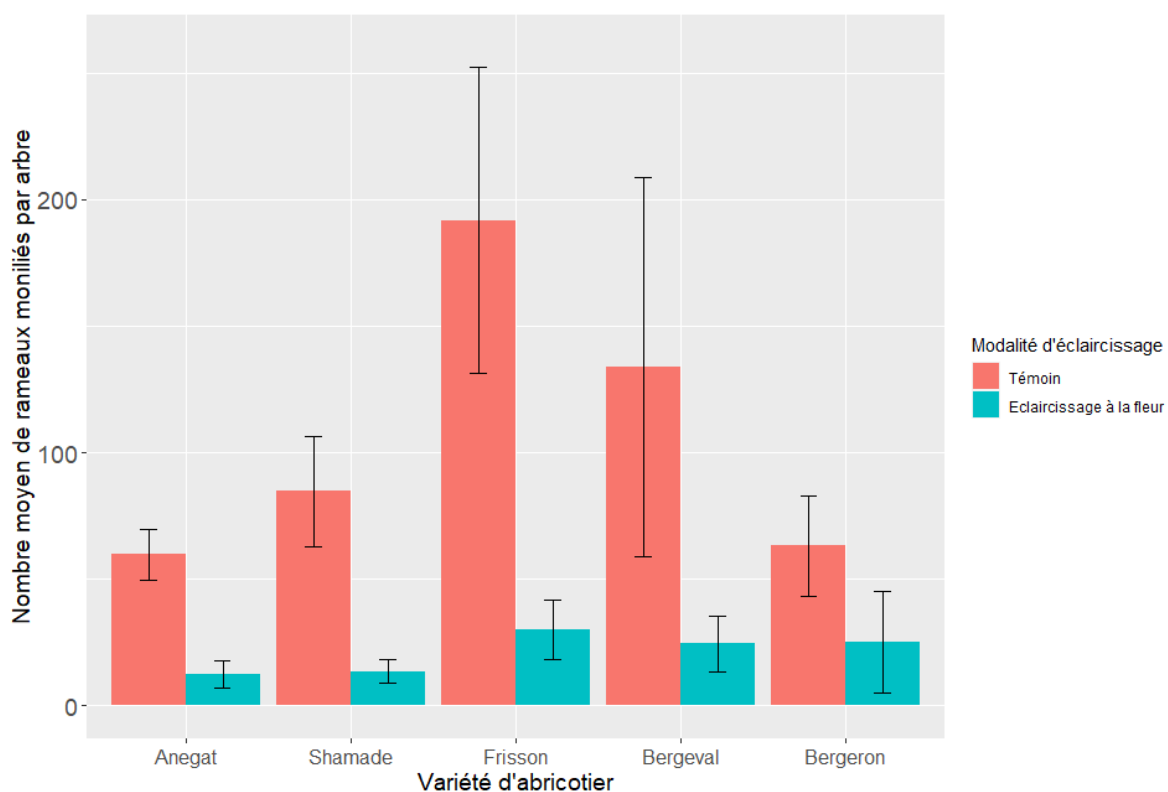
Le mode de pénétration d'un agent pathogène dans l'hôte est un élément clé à prendre en compte dans la recherche de nouvelles techniques de lutte alternatives. Dans le cas des monilioses sur fleurs et rameaux d'abricotier, il est admis que les *Monilinia* infectent l'hôte par l'intermédiaire des fleurs. Des travaux récents sur la porte d'entrée de *Monilinia* sur la fleur ont mis en évidence que les pétales semblent être le siège principal de contamination (Brun *et al.*, 2021). Les travaux réalisés lors de ce stage font suite à ces études et visaient à démontrer l'effet de deux techniques culturales alternatives dans la lutte contre les monilioses de l'abricotier. Les résultats obtenus lors de cette étude ont permis de mettre en évidence différentes observations : (i) l'éclaircissage à la fleur permet de réduire de façon importante l'incidence des monilioses sur rameaux d'abricotier et (ii) la chute provoquée des pétales réduit l'incidence des monilioses sur rameaux selon la variété d'abricotier.

Lors de l'éclaircissage à la fleur, l'objectif était de réduire le nombre de fleur sur l'arbre, et donc de réduire manuellement sa floribondité. Les résultats obtenus ont montré une réduction importante des monilioses (environ 81 %) sur des arbres ayant subi en moyenne une diminution de la charge en fleur de 69 %, et cela pour toutes les variétés. Ces résultats vont dans le sens de l'étude de Dubois (2019) où il a été montré un effet significatif de la floribondité sur les monilioses sur rameaux. On peut supposer que la réduction du nombre de fleur permet de diminuer la probabilité qu'un agent pathogène se fixe sur une fleur, et/ou de réduire la probabilité qu'un agent pathogène fixé sur la fleur atteigne le rameau. On peut noter que le taux de réduction des monilioses est supérieur au taux de réduction de la charge en fleur, laissant supposer un effet non linéaire de la floribondité sur la sévérité des dégâts de *Monilinia*. La réduction de la maladie semble être plus forte pour des valeurs de floribondité faibles. Une hypothèse serait de considérer que les défenses de l'arbre sont plus efficaces si le nombre de fleurs infectées est moins dense, expliquant la différence des sévérités des monilioses selon la floribondité, et de supposer que cette efficacité n'est pas linéaire.

Au-delà de l'aspect sanitaire, l'éclaircissage à la fleur a permis de réduire la charge en fruit des arbres en moyenne de 65%. La charge en fruit après éclaircissage à la fleur était supérieure à la recommandation producteur (objectif de 500 fruits par arbre après éclaircissage) pour toutes les variétés sauf Anégat. Cela s'explique par le fait qu'Anégat est une variété qui a un faible taux de nouaison. Dans le cadre de notre essai, l'éclaircissage à la fleur n'a pas permis de réduire le temps de travail par rapport à un éclaircissage manuel au stade jeune fruit. Cependant, l'interprétation de nos résultats doit tenir compte de la phase d'apprentissage de l'Electro'flor®. De plus, la réalisation d'un éclaircissage à la fleur avec l'Electro'flor® (en moyenne 100 h/ha) réduit les temps de main d'œuvre de 70% en moyenne chez les producteurs par rapport à un éclaircissage manuel au stade jeune fruit (en moyenne + de 200 h /ha) (Communication personnelle Ch. Mouiren<sup>1</sup>). D'autres outils ont été développés, comme par exemple l'Eclairvale® (La Canne Vale, Narbonne, France) (**Figure 13**) qui permet de diminuer drastiquement les temps d'éclaircissages sur parcelle en conduite palmette (en moyenne 2 h/ha) par rapport à l'Electro'flor®.

L'éclaircissage à la fleur semble donc être une technique particulièrement intéressante dans la lutte contre les monilioses sur fleurs et rameaux, notamment en production biologique. Cependant, cette technique doit être mise au regard de sa viabilité économique. Contrairement au pêcher, la charge en fruit des abricotiers ne peut pas être établie au stade fleur de par la grande variabilité des taux de nouaison selon les variétés et le climat. Des besoins en froid non satisfaits peuvent réduire les taux de nouaison, une situation de plus en plus courante avec le réchauffement climatique, notamment dans le Sud de la France. La question de la viabilité économique peut se poser sur des variétés avec des taux de nouaison faibles, présentant un

<sup>1</sup> : Conseiller technique GRCETA



**Figure 11** : Nombre moyen de rameaux moniliés par arbre en fonction de la modalité d'éclaircissage (Témoin et Eclaircissage à la fleur) et de la variété d'abricotier. Les barres verticales représentent l'écart-type.

**Tableau III** : Estimation du nombre de fruit moyen par arbre en fonction de la variété d'abricotier et de la modalité témoin ou éclaircissage à la fleur. La notation a été réalisée avant l'éclaircissage manuel au stade fruit.

Variété	Nombre de fruit moyen sur témoin	Nombre de fruit moyen après éclaircissage à la fleur
Anégat	1428	305
Shamade	1881	575
Frisson	1991	1161
Bergeval	1989	614
Bergeron	1890	546

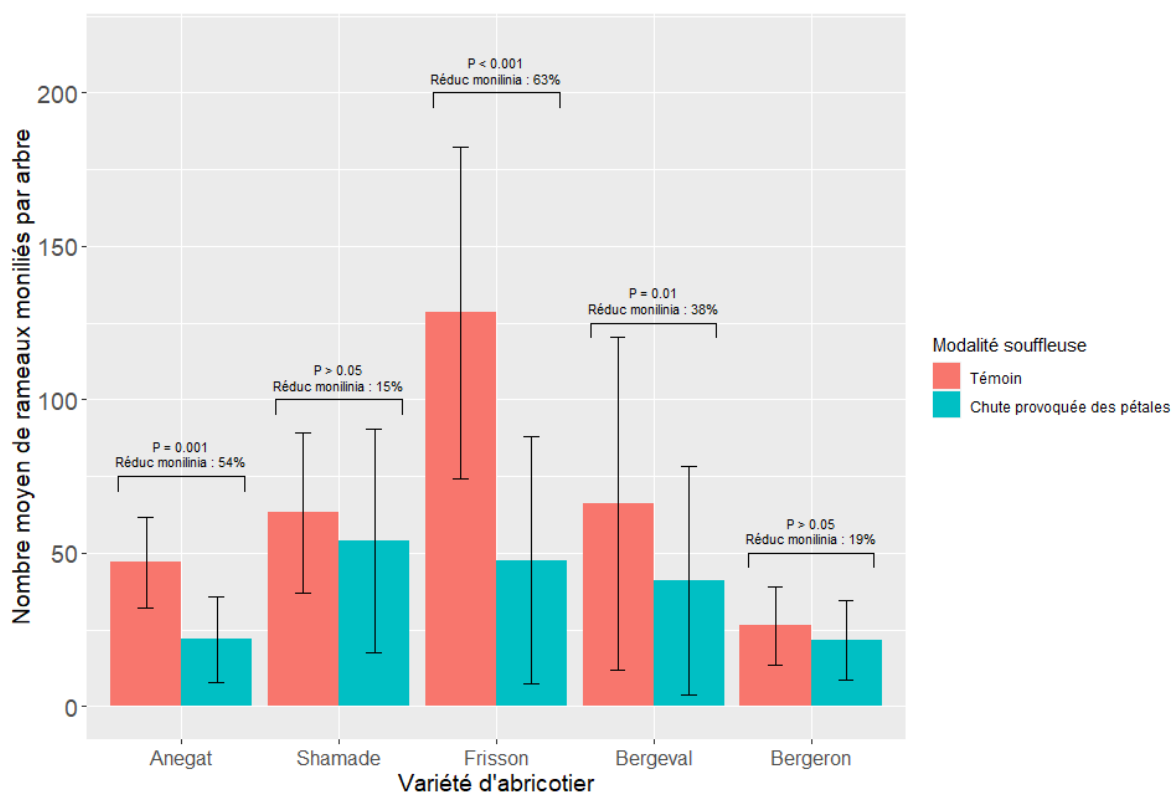
risque de charge en fruit insuffisante après éclaircissage à la fleur. Le gel peut également être un facteur limitant à la pratique d'un éclaircissage précoce. En diminuant le nombre de fleurs et de fruits de façon précoce, l'arboriculteur s'expose à un risque plus important d'obtenir une charge en fruit insuffisante en cas de gel, voire une perte totale de la production, notamment dans le Nord de la Vallée du Rhône.

L'essai de chute provoquée des pétales n'avait pas pour vocation de faire tomber l'entièreté de la fleur, mais seulement les pétales. Le passage de la souffleuse a permis globalement une réduction des monilioses pour toutes les variétés d'abricotier, ce qui concorde avec les résultats de 2021, avec des taux de réduction allant de 15 à 63 % selon les variétés. Nos résultats ont montré que la chute provoquée des pétales a réduit significativement l'incidence des monilioses pour les variétés Anégat, Frisson et Bergeval. Pour les variétés Shamade et Bergeron, la réduction de la maladie n'était pas significative. Ces résultats viennent appuyer l'hypothèse selon laquelle les pétales sont la porte d'entrée des *Monilinia* (Brun *et al.*, 2021). Comme pour l'éclaircissage à la fleur, on peut supposer que la réduction du nombre de pétales permet de diminuer la probabilité qu'un agent pathogène se fixe et rentre par cette porte d'entrée. Les différences d'efficacité de chute provoquée des pétales selon les variétés peuvent s'expliquer par les décalages de date de floraison entre variétés, certaines présentant encore du stade C ou D lors du passage de la souffleuse aux deux dates. Il est également à noter que certaines fleurs entières ont chuté lors du passage de la souffleuse. Au vu de l'impact des chutes de fleurs sur les monilioses montré dans l'essai RENFEP, ces résultats doivent être pris en compte dans l'interprétation de l'efficacité de la souffleuse. Cependant, les résultats de chute de fleur ne semblent pas expliquer les différences d'efficacité de la souffleuse entre les variétés. De plus, on peut supposer que les fleurs chutées présentaient des anomalies qui auraient entraîné leur chute naturelle ou empêché le passage du *Monilinia* dans le rameau.

Concernant la comparaison des 2 techniques, la chute provoquée des pétales semble être moins efficace que l'éclaircissage des fleurs. La principale hypothèse repose sur l'observation que, lors du passage de la souffleuse, la totalité des pétales sur chaque fleur n'est pas tombée. On peut donc supposer que la différence d'efficacité des 2 techniques s'explique par le fait que (i) selon nos observations, le nombre de pétales tombées était en moyenne plus élevé dans le cas de notre modalité éclaircissage à la fleur par rapport à la modalité chute provoquée des pétales, et/ou (ii) un seul pétale restant sur la fleur, s'il est infecté par *Monilinia*, est capable de contaminer un rameau. Une autre explication concernant la différence d'efficacité des 2 techniques sur les monilioses, et qui pourrait également expliquer la différence d'efficacité de la modalité chute des pétales selon les variétés, est de supposer que les pétales ne sont pas la seule voie de pénétration des *Monilinia* dans la fleur (Brun *et al.*, 2021). A partir de cette hypothèse, on peut supposer que la sensibilité aux monilioses des différents organes de la fleur diffère selon les variétés d'abricotier.

Contrairement à l'éclaircissage à la fleur, la chute provoquée des pétales n'a pas eu d'impact important sur la charge en fruit des arbres. Si on s'intéresse à la viabilité économique de cette technique, il faut prendre en compte que la charge en fruit des arbres n'est pas réduite, mais que par conséquent on ne s'expose pas à un risque plus important d'obtenir une charge en fruit insuffisante en cas de gel ou de taux de nouaison faible. De plus, le passage de la souffleuse est coûteux en temps (10 h/ha) et très énergivore (15 l/h de fioul).

Une critique de l'essai RENFEP concerne le dispositif expérimental, qui est issue de l'essai Abric'Haut. Une proposition de dispositif mieux adapté à notre expérience est un dispositif en split-plot avec 3 blocs prenant en compte un gradient d'hétérogénéité Nord-Sud. Chaque bloc serait composé de 4 parcelles réparties de façon randomisée : (1) deux parcelles en conduite gobelet correspondant chacune respectivement à la modalité témoin et la modalité éclaircissage de l'essai éclaircissage à la fleur, et (2) deux parcelles en conduite palmette correspondant chacune respectivement à la modalité témoin et la modalité souffleuse de l'essai



**Figure 12** : Nombre moyen de rameaux moniliés par arbre en fonction de la modalité souffleuse (Témoïn et Chute provoquée des pétales) et de la variété d'abricotier. Les p-values ont été calculées au seuil de significativité de 5%. Les barres verticales représentent l'écart-type.

**Tableau IV** : (i) Estimation du taux de chute de pétales, de chute de fleurs et de nouaison et (ii) nombre moyen de rameaux moniliés par arbre en fonction de la variété et de la modalité de chute provoquée des pétales (souffleuse) ou du témoïn. La notation des pétales et des fleurs a été réalisée avant et après le passage de la souffleuse. La notation du taux de nouaison a été réalisée au stade jeune fruit. La notation de rameaux moniliés a été réalisée 1 mois après la fin de la floraison.

Variété	Modalité	Taux de chute de pétales (%)	Taux de chute de fleurs (%)	Taux de nouaison (%)	Nombre moyen de rameaux moniliés par arbre
Anegat	Souffleuse	76,5	25,2	21,21	22
Anegat	Témoïn	0,0	0,0	26,05	47
Shamade	Souffleuse	60,7	13,6	33,99	54
Shamade	Témoïn	14,5	0,0	22,97	63
Frisson	Souffleuse	66,8	33,0	31,61	48
Frisson	Témoïn	6,4	0,0	35,82	128
Bergeval	Souffleuse	76,0	19,8	42,50	41
Bergeval	Témoïn	36,7	0,2	55,56	66
Bergeron	Souffleuse	87,8	29,7	31,28	22
Bergeron	Témoïn	30,9	0,0	29,68	27

chute provoquée des pétales. Au sein de chaque parcelle, la répartition des rangs (correspondant aux variétés) est faite de manière randomisée.

Les 2 pratiques culturales testées lors de cette étude ont montré des résultats très intéressants dans le cadre de la lutte contre les monilioses sur fleurs et rameaux d'abricotier. L'éclaircissage à la fleur a réduit de façon importante l'incidence des monilioses, permettant simultanément de réduire la charge en fruit des arbres. Ces résultats encouragent une reconduction de l'essai en utilisant l'Eclairvale®, un outil d'éclaircissage plus adapté aux contraintes des producteurs. L'éclaircissage à la fleur est une pratique déjà adoptée par plusieurs producteurs afin de réduire la charge en fruit des arbres, mais cette pratique reste majoritairement pratiquée sur des vergers conduits en forme palmette. La mise en évidence de son intérêt dans la lutte contre les monilioses pourrait servir de levier au développement de son utilisation, notamment dans la filière biologique où les problématiques liées aux monilioses sont importantes. Concernant la chute provoquée des pétales, l'efficacité sur *Monilinia* est moins importante et plus irrégulière, mais présente la possibilité de réduire les monilioses sans impacter la charge en fruit des arbres. De plus, l'expérience a permis de mettre en évidence le rôle des pétales comme levier de lutte contre les monilioses. Le principal frein à la mise en œuvre de cette technique étant l'utilisation de la souffleuse, les futures études devront se concentrer sur le développement d'alternatives moins énergivore, moins coûteux à l'achat et présentant une meilleure efficacité de chute. Parmi ces possibles alternatives, on peut imaginer de nouveaux outils techniques ou chimiques, mais également la sélection de variétés présentant des pétales avec des tailles réduites ou plus sensibles aux chutes naturelles notamment via le mistral (couloir rhodanien).

## **Partie II : Identification des facteurs ayant une influence sur le développement des monilioses sur rameaux et fleurs d'abricotier et validation d'un modèle phéno-climatique de risque de contamination sur fleur dans le cadre d'une évaluation de sensibilité variétale**

### **1. Matériels et méthodes**

La Core-Collection est un dispositif expérimental qui réunit une collection de 150 variétés d'abricotier représentatives de la diversité génétique de l'espèce. Cultivé sous faibles intrants phytosanitaires, il devrait permettre de préciser comment optimiser les modalités de caractérisation de la sensibilité aux bioagresseurs et de révéler des différences de comportement entre variétés. Dans le cadre de ce stage, les sensibilités variétales aux monilioses sur rameaux ont été évaluées par phénotypage en prenant en compte une covariable de risque phéno-climatique et la floribondité afin de déterminer au mieux les effets génétiques.

#### **1.1. Description du dispositif**

La parcelle Core-Collection est un dispositif constitué de 150 accessions d'abricotier greffés sur portes greffes de pêcher Montclar® Chanturgue (**Figure 14**). Les accessions ont été sélectionnées dans les collections INRAE pour maximiser la variabilité phénotypique et génétique sur la base d'une évaluation SSR (Bourguiba *et al.*, 2012, 2020). Le verger a été planté en 2018 sur le site INRAE de l'UERI de Gotheron dans un dispositif randomisé comptant 5 blocs, chaque accession étant répliquée une fois par bloc, soit un total de 750 arbres. La distance inter-rang est de 4 m et la distance entre les arbres est de 1.5 m, soit une densité de 1 667 arbres par hectare. Le dispositif est bordé de haies au Sud et au Nord. Le gradient d'hétérogénéité imputable aux haies bordant le dispositif est pris en compte avec les 5 blocs alignés dans l'axe Nord-Sud.



**Figure 13** : Eclairvale® (Source L. Moncorger).



## 1.2. Itinéraire technique

L'itinéraire technique est identique pour l'ensemble du dispositif. Le dispositif veut tendre vers un objectif sans intrants phytosanitaires pour laisser s'exprimer les sensibilités variétales. Toutefois, une protection contre le psylle vecteur de l'ECA est réalisée pour éviter le dépérissement d'un nombre élevé d'arbre d'année en année. Un insecticide est pulvérisé avant et après le stade fleur. Trois apports de 30 unités d'azote ont été réalisés à environ 1 mois d'intervalle, la 1<sup>ère</sup> dose ayant été apportée mi-mars, selon les recommandations du GRCETA. L'irrigation est réalisée selon la méthode du bilan hydrique via un système de goutte-à-goutte suspendu dans les parcelles. Le désherbage est géré en travail mécanique sur le rang. Les arbres au stade jeune fruit ont été éclaircis manuellement avec des bâtons afin de réduire la charge. Pour éviter d'éventuels effets de foyer, les rameaux moniliés sont éliminés après la notation *Monilinia*, et les fruits moniliés sont éliminés après la récolte. A la fin de la floraison, les rameaux touchés par la bactériose sont supprimés pour éviter les confusions de symptômes. Les arbres atteints d'ECA sont remplacés chaque année pour assurer la continuité du dispositif et limiter les hétérogénéités.

## 1.3. Modalités de l'essai

L'objectif de l'essai était de caractériser au mieux la sensibilité aux monilioses de différentes variétés d'abricotier. L'incidence des monilioses par arbre a donc été mise au regard du facteur variété. La floribondité ayant un rôle important sur le développement des *Monilinia*, elle a été prise en compte comme covariable dans le modèle. Pour corriger les effets des conditions climatiques sur la fleur, une covariable de risque phéno-climatique est ajoutée au modèle. Un facteur bloc vient compléter le modèle.

## 1.4. Notation de la floribondité

La floribondité a été notée au stade floraison pour chaque arbre selon une échelle visuelle allant de 0 (absence de fleur) à 5 (très forte floribondité) (**Figure 8**).

## 1.5. Notation et calcul du risque phéno-climatique

Les notations et calculs de risque phéno-climatique ont été réalisés selon le même protocole que celui décrit en paragraphe 1.7 de la partie I. Le calcul du risque phéno-climatique est réalisé pour chaque arbre de l'ensemble du dispositif.

## 1.6. Notation de la sévérité des monilioses

La sévérité des monilioses sur chaque arbre du dispositif est estimée visuellement par le pourcentage de linéaire de rameaux à fleurs desséchés par rapport au linéaire de rameaux à fleurs total de l'arbre. Au vu des effectifs élevés dans ce dispositif, le prélèvement et le dénombrement des rameaux moniliés ne pouvaient pas être réalisés sur chaque arbre. L'appréciation visuelle de la sensibilité de chaque arbre présente l'avantage d'être rapide, même si elle pourrait moins discriminer les sensibilités variétales que le dénombrement (Christen *et al.*, 2012). L'observation des monilioses est effectuée 1 mois après la floraison des variétés les plus tardives pour permettre l'apparition des symptômes. Les notations ont été réalisées par 3 binômes, soit un total de 3 notes par arbre, pour pallier aux effets observateurs. Une inter-calibration au sein et entre les binômes a été effectuée, et les écarts importants entre les binômes sur certains arbres ont été vérifiés et réajustés afin d'améliorer la qualité des notes.

## 1.7. Identification des espèces de *Monilinia*

L'identification des espèces de *Monilinia* a été réalisée selon la même technique que celle décrite dans le paragraphe 1.9 de la partie I. Le prélèvement des rameaux a été réalisé sur 10 arbres à floraison précoce, intermédiaire et tardive, soit un total de 30 rameaux, pour être représentatif de l'étalement de floraison de l'ensemble de la parcelle. Parmi les 29 boîtes



HAIE

	Clones	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Bloc 1	1	5239	2348	4589	2346	1731	2243	2669	2361	2458	2067	5347	4415	1809
	2	2069	2821	4079	5065	4294	380	2343	76	3976	5304	4516	3902	2204
	3	2218	2360	4316	4892	3967	1811	4576	300	3950	2219	4804	4076	539
	4	157	4373	4034	3597	5129	2662	1314	74	2388	4806	4374	1727	665
	5	5328	5446	1343	1453	1915	1814	4049	2311	2265	4852	4800	1601	3844
	6	4705	5006	2217	4896	2924	1714	2310	4445	3521	4710	4586	862	2734
	7	1711	5271	5810	1793	2914	2382	682	2335	4394	4811	4360	1693	4449
	8	3862	3698	4002	4423	1939	2205	2215	2928	2137	2410	1145	4650	4166
	9	2129	1352	4322	2312	892	6240	2843	544	2635	4456	2089	1601	3936
	10	3845	4617	4728	2481	1236	1813	2712	1729	2340	4711	2635	3075	39
	11	3408	500	6039	2241	660	804	8	2715	1330	2490	2994	3865	4656
Bloc 2	12	4811	1727	4589	2310	2243	665	2894	2358	2156	634	4793	4167	4843
	13	5304	3545	2069	2205	1793	2360	3075	2218	3865	2669	2914	1809	2265
	14	3902	3844	4853	2241	2712	2928	3698	4166	4167	74	2156	3936	2994
	15	5271	4710	4705	4516	2924	1693	3862	4449	4034	2358	4079	3967	634
	16	2662	4589	4617	2894	6239	2312	4456	2204	2388	1711	2217	8	2361
	17	4423	1939	2067	3976	4076	544	4576	4373	4316	2410	2458	539	2215
	18	4711	5810	1714	4804	1813	4445	4650	1601	157	2715	2481	6240	1330
	19	4656	5446	3408	4892	1731	5347	5328	4793	2219	2635	1145	2346	
	20	2343	1915	5006	4852	5665	3845	804	4394	2340	660	2129	2137	
	21	3521	4728	4360	4806	2348	4843	2382	4374	544	3597	2311	4002	
	22	500	3950	1811	6039	4800	1814	1729	4049	2843	2335	1453	39	
	23	4322	1343	300	1236	4896	682	1352	892	4294	2821	2089	76	
	Bloc 3	24	4896	4360	2914	1314	3950	2265	2490	862	2734	4415	4586	804
25		4076	4650	3865	4516	3976	3862	5129	2215	2137	3408	1330	2205	
26		3075	1727	3902	2067	2712	2635	1601	2335	2343	4322	2924	2458	
27		2928	3845	3936	2715	4456	1793	4374	2310	4415	5129	2481	4423	
28		2241	665	3967	4079	4294	1811	2156	4373	4316	4167	1731	4586	
29		157	300	2219	682	2311	2217	1809	2361	4049	2360	2129	1352	
30		1729	634	1814	3545	4800	76	2204	4394	2089	6239	5006	500	
31		2340	544	2490	4656	1453	660	4711	4710	2358	5304	1714	1145	
32		2410	862	4576	892	6240	2312	2821	2382	4449	2894	1939	1236	
33		539	2218	4166	4804	4445	4034	4793	2734	5328	4806	1711	4843	
34		1314	74	3844	4728	2069	380	4811	2388	3521	2348	2669	4892	
35		8	2243	2994	380	3698	2346	5665	2662	4853	1915	5271	6039	
36		4589	1813	5347	2843	3597	1343	39	4705	5810	5446	1729	4617	
Bloc 4	37	4079	4650	1601	3936	3902	2712	4394	4456	4167	3698	2358	2361	
	38	2215	4793	1314	3967	2137	2924	3597	4896	2067	3408	300	1236	
	39	6039	5665	4445	4360	1814	1314	3862	4711	2348	1813	544	3845	
	40	1793	4853	5810	2734	1731	2458	4374	4076	4811	2346	4516	2312	
	41	5304	4576	1693	2311	2241	2156	1915	4034	2994	1729	4316	1809	
	42	5446	4728	4049	3950	2481	3521	2928	1330	1453	4166	3844	660	
	43	3075	5271	4449	4002	2129	1714	3976	665	500	892	2335	2243	
	44	2205	2382	4322	2388	74	1939	4294	39	2410	6239	2894	157	
	45	4892	4843	8	1145	2662	4373	4586	3408	634	2217	4705	4806	
	46	2843	76	2490	1343	4710	4617	3545	1727	2914	2360	1711	5006	
	47	2821	4852	1352	2218	2343	4800	2715	2219	6240	2089	5129	804	
	48	380	2340	1811	2310	4804	862	4656	3865	539	2265	2069	4423	
Bloc 5	49	2217	2360	4294	1727	1915	4002	4415	2669	2204	682	5347	5328	
	50	39	4711	8	4449	4576	4166	1731	2069	2067	2388	660	2924	
	51	4656	2156	665	4373	4076	2343	2129	2361	2137	2312	4002	4728	
	52	1236	2243	1330	4804	1813	3902	2218	1693	3936	3950	4360	300	
	53	4892	2265	4853	804	2348	76	4589	3844	2928	2346	4374	4852	
	54	4516	4322	74	1343	2241	4806	2340	3976	4034	1145	2843	5129	
	55	157	3862	2358	2635	2410	3698	1793	2458	3597	1711	2712	4793	
	56	4710	4586	1809	2715	3545	2219	1939	2205	6239	3545	4617	2734	
	57	5271	5328	4705	682	539	2382	4316	2089	1693	4843	4079	1352	
	58	5446	1453	2204	8043	862	2481	634	4456	4800	5006	4445	3967	
	59	2662	2994	3865	3075	2669	3521	2310	2490	4415	1714	4853	4650	
	60	5810	5665	4394	5347	500	4811	2311	1814	2894	5304	4167	4852	
	61	6039	4896	3845	2335	2821	1811	892	380	2914	6240	4423	2215	



HAIE

Figure 14 : Plan d'expérimentation du dispositif Core-Collection. Les cases rouges correspondent aux arbres n'ayant pas atteint le stade 3<sup>ème</sup> feuille ou dépérissant.

analysées, 26 ont été identifiées *M. laxa*, 2 ont été contaminées et sur la dernière était présent à la fois *M. laxa* et *M. fructicola*.

### 1.8. Analyses statistiques

Les arbres n'ayant pas atteint le stade 3<sup>ème</sup> feuille et les arbres dépérissant ont été omis des analyses. Après avoir vérifié l'absence d'effet observateur, la moyenne des 3 notes de moniliose a été prise comme variable réponse. Une analyse de covariances a été réalisée pour évaluer la significativité des effets fixes : variété et les covariables fixes risque phéno-climatique et floribondité (selon le modèle décrit en **Annexe 4**). Une transformation  $\log(x + 1)$  a été réalisée sur les données pour assurer la normalité des résidus. On suppose l'hypothèse d'indépendance des individus. La normalité des résidus et l'égalité des variances ont été vérifiées graphiquement. Les comparaisons multiples de moyennes ont été effectuées à l'aide du test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Tous les calculs et analyses ont été effectués à l'aide du logiciel libre de statistique R, version 4.2.0.

## 2. Résultats

Les fortes précipitations étaient rares mais réparties sur l'ensemble de la période de floraison des différentes variétés de la Core-Collection. Les températures journalières étaient globalement comprises entre 5 et 15 °C sur cette même période (**Annexe 5**).

### 2.1. Une grande variabilité de réponses aux monilioses sur rameaux selon la variété d'abricotier

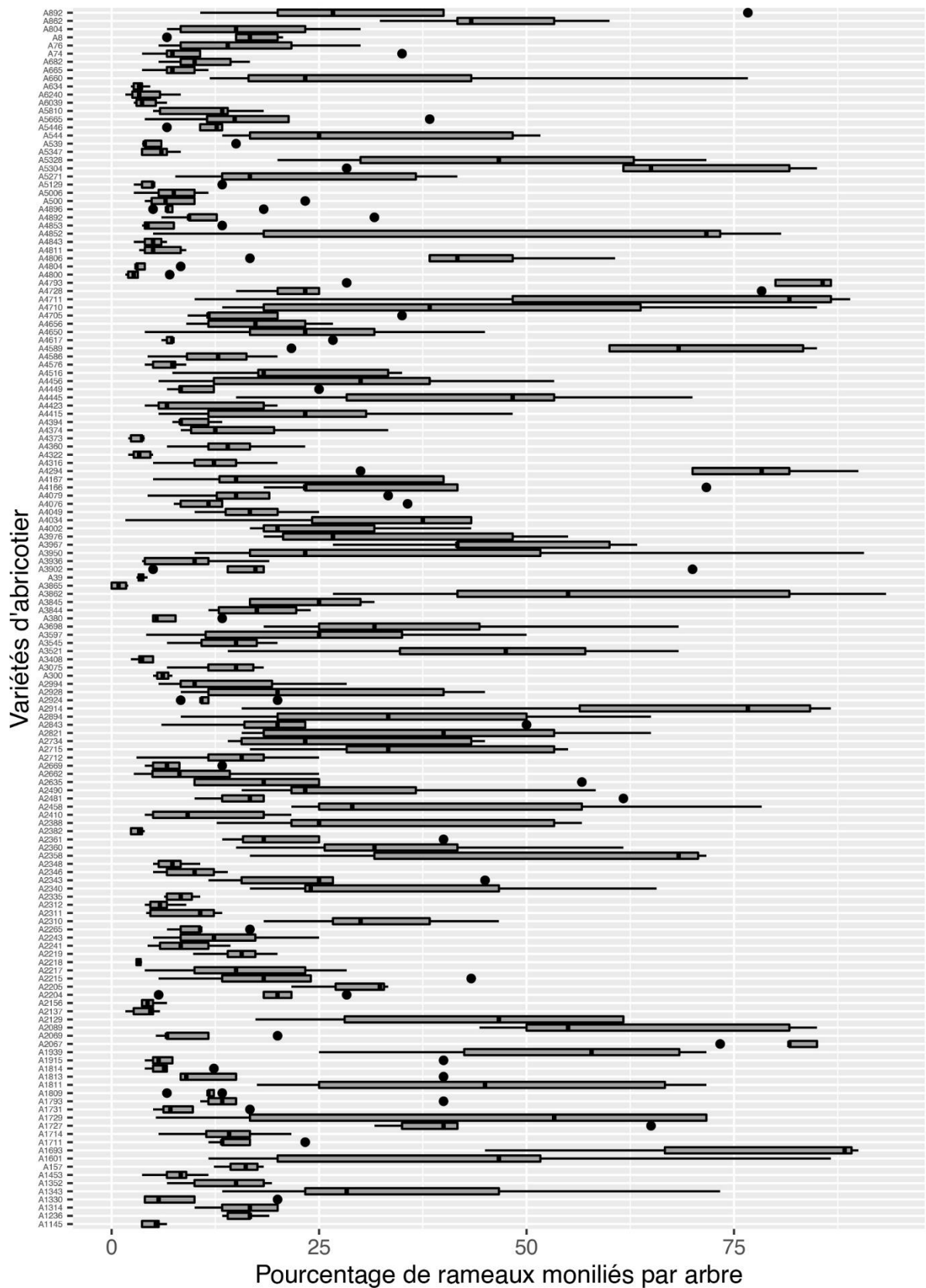
La variété d'abricotier joue un rôle important sur le développement des *Monilinia*. L'analyse statistique des données a mis en évidence un effet significatif de la variété sur la sévérité des monilioses sur rameau ( $P < 0.001$ ), avec un  $R^2$  de 62 %. La **Figure 15** montre une grande variabilité de réponse aux monilioses entre et au sein des différentes variétés. La proportion de rameaux moniliés s'étendait sur une gamme de 0 à 80 % selon les variétés.

### 2.2. Le risque phéno-climatique et la floribondité interagissent sur la sévérité des monilioses sur rameaux

Les résultats ont montré un effet significatif de l'interaction entre le risque phéno-climatique et la floribondité sur la sévérité des monilioses sur rameaux ( $P = 0.014$ ), avec un  $R^2$  de 23.1 %. Sur la **Figure 16**, on peut observer que la sévérité des monilioses sur rameaux augmente lorsque le risque phéno-climatique augmente ( $R^2 = 10.5$  %). Les valeurs de risques phéno-climatiques 2 étaient comprises entre 0 à 0.73. On observe également que les variétés avec des floribondités faibles présentent globalement une plus faible sévérité des monilioses, et inversement ( $R^2 = 13.7$  %) (**Figure 17**). Les notes de floribondités étaient comprises entre 0.5 et 4. Si on s'intéresse à l'interaction des 2 covariables sur la maladie, les résultats tendent à montrer que dans le cas des faibles floribondités, qu'importe le risque phéno-climatique considéré, la sévérité des monilioses restera faible. A l'inverse, pour des valeurs de floribondité élevées, la sévérité des monilioses semble être d'autant plus élevée que le risque phéno-climatique est élevé (**Figure 18**). En d'autres termes, l'effet de la floribondité dépend du niveau de risque, et inversement.

### 2.3. Un classement des sensibilités variétales

Le classement des sensibilités variétales a été établi en utilisant les données corrigées de sévérité aux monilioses du modèle linéaire prenant en compte la variété, l'interaction entre le risque phéno-climatique et la floribondité, et le facteur bloc (**Annexe 6**). Ce modèle explique 72% de la variabilité des sévérités de monilioses sur rameaux. Le nombre de groupe homogène de sensibilité variétale était plus élevé dans le classement prenant en compte le modèle complet par rapport à un classement uniquement basé sur la sévérité des monilioses. La considération



**Figure 15 :** Boxplot du pourcentage de rameaux moniliés en fonction de la variété d'abricotier du dispositif Core-Collection.

du risque et de la floribondité a donc permis d'améliorer la discrimination des sensibilités variétales en améliorant la qualité du modèle.

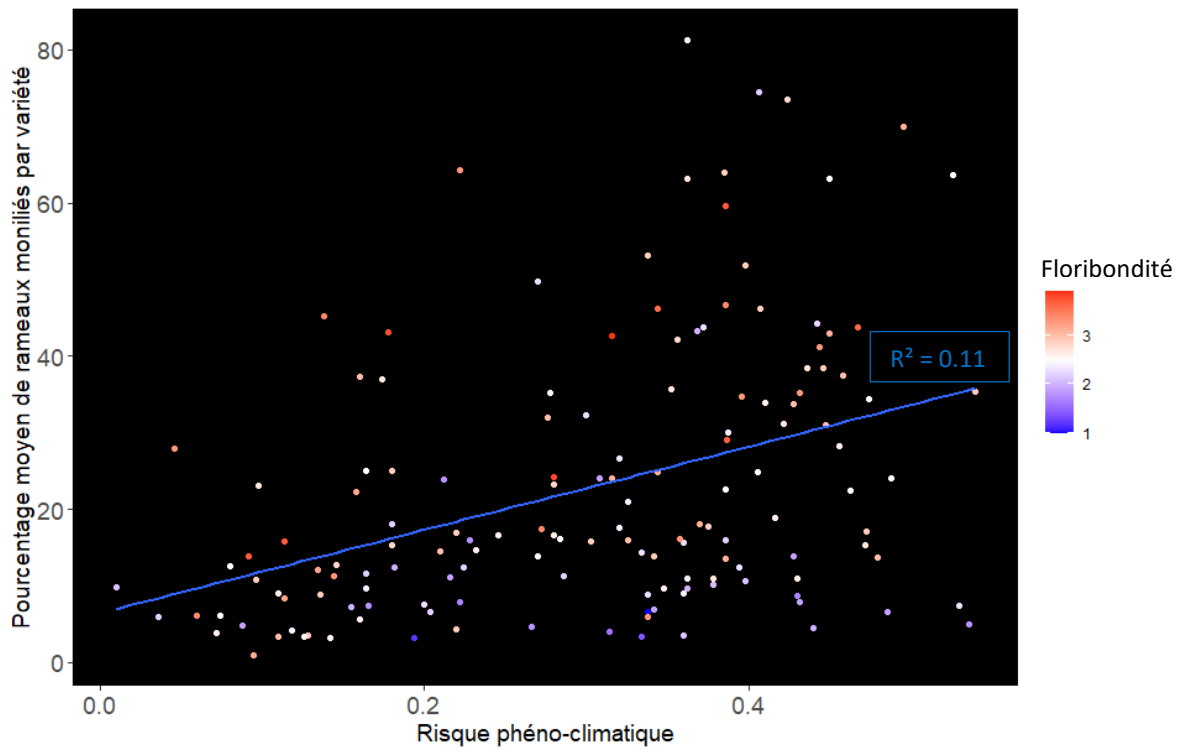
### 3. Discussion

L'identification des facteurs jouant un rôle sur le développement des monilioses sur rameaux d'abricotier est un élément déterminant dans la lutte contre ces maladies. Une fois identifiés, ces facteurs devraient pouvoir servir de levier pour le développement de pratique de lutte innovante, ou être utilisés dans des programmes d'évaluation de sensibilité variétale. Les travaux effectués sur la Core-Collection, qui visaient à déterminer l'influence de plusieurs facteurs sur les monilioses, ont fait ressortir différentes observations : (i) la mise en évidence d'une large gamme de sensibilités variétales aux monilioses, (ii) la floribondité joue un rôle significatif sur la sévérité des monilioses, (iii) la prise en compte du risque phéno-climatique permet d'expliquer une partie de la variabilité de réponse aux monilioses, dépendamment de la floribondité, (iv) les différences de sévérité des monilioses selon les individus sont expliquées principalement par leur sensibilité variétale et (v) la prise en compte du risque phéno-climatique et de la floribondité permet d'améliorer l'évaluation des sensibilités variétales.

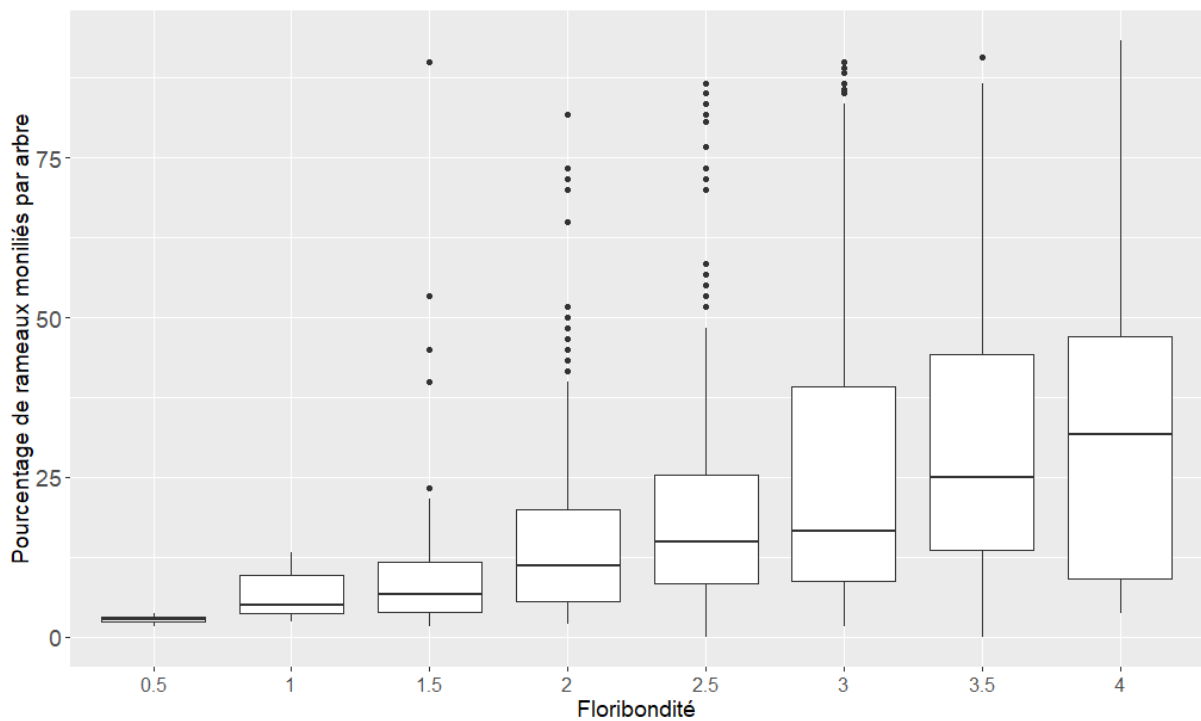
Au cours de cette étude, plusieurs facteurs liés à la variété et au climat ont été identifiés comme influant sur le développement des monilioses. Les 149 variétés d'abricotier de l'essai ont montré des réponses aux monilioses sur rameaux significativement différentes entre elles. Ces résultats viennent confirmer l'importante variabilité de sensibilité variétale aux monilioses sur fleur décrite dans de nombreuses études (Nicotra *et al.*, 2006 ; Parveaud *et al.*, 2016). Les différences de sévérité des monilioses entre les variétés suppose soit l'existence de résistance partielle aux monilioses via des mécanismes de défense, soit qu'il s'agit de variétés dites tolérantes. Une variété est qualifiée de tolérante si, pour une même quantité d'agent pathogène, son rendement agronomique est peu affecté par comparaison à une variété peu tolérante. Une étude précédente avait supposé l'existence de deux mécanismes de défenses aux monilioses sur fleurs et rameaux (Mercier *et al.*, 2008b). Une résistance de la fleur qui joue un rôle sur la contamination des fleurs et le passage de *Monilia* de la fleur jusqu'au rameau. Une résistance du rameau qui intervient sur le développement de *Monilinia* dans le rameau. Dans le cas de notre étude, nous avons pris comme indicateur le pourcentage de linéaire de rameaux moniliés. Les symptômes sur rameau apparaissant suite à la contamination sur fleur, nos résultats peuvent laisser supposer que la variabilité de sensibilité variétale observée s'explique à travers une variabilité de résistance de la fleur et du rameau. Cependant, notre notation ne permet pas de différencier correctement une variété qui présente à la fois une forte sensibilité aux contaminations sur fleurs mais qui ne laisse pas passer le pathogène dans le rameau, par rapport à une variété moins sensible aux contaminations sur fleurs. Le découplage de ces caractères mériterait une attention particulière.

Outre la sensibilité variétale, la floribondité est également un facteur jouant un rôle dans la sensibilité de l'hôte à *Monilinia*. Les données obtenues ont mis en évidence un effet significatif de la floribondité sur la sévérité des monilioses. Un individu présentant une faible floribondité sera moins sensible aux monilioses par rapport à un individu présentant une forte floribondité. Ces résultats complètent ceux obtenus lors de l'essai RENFEP. La floribondité ayant un effet positif sur la sensibilité d'un individu à *Monilinia*, il est cohérent d'obtenir une réduction du monilia lorsque l'on réduit le nombre de fleur via un éclaircissage à la fleur.

Les différences de sensibilité aux monilioses en fonction du stade phénologique des bourgeons floraux (Jacquot *et al.*, 2020 ; Brun *et al.*, 2021) et l'influence des conditions climatiques sur la contamination par *Monilinia* (Tamm, 1995) ont été prises en compte dans un modèle de risque de contamination phéno-climatique (Tresson *et al.*, 2020). Dans le cas de notre étude sur un échantillon de 149 variétés d'abricotier, il a été montré que le risque phéno-climatique explique une partie de la variabilité des réponses aux monilioses. Le risque est



**Figure 16** : Pourcentage moyen de rameaux moniliés par variété en fonction du risque phéno-climatique et de la floribondité. La droite bleue correspond à la droite de régression.



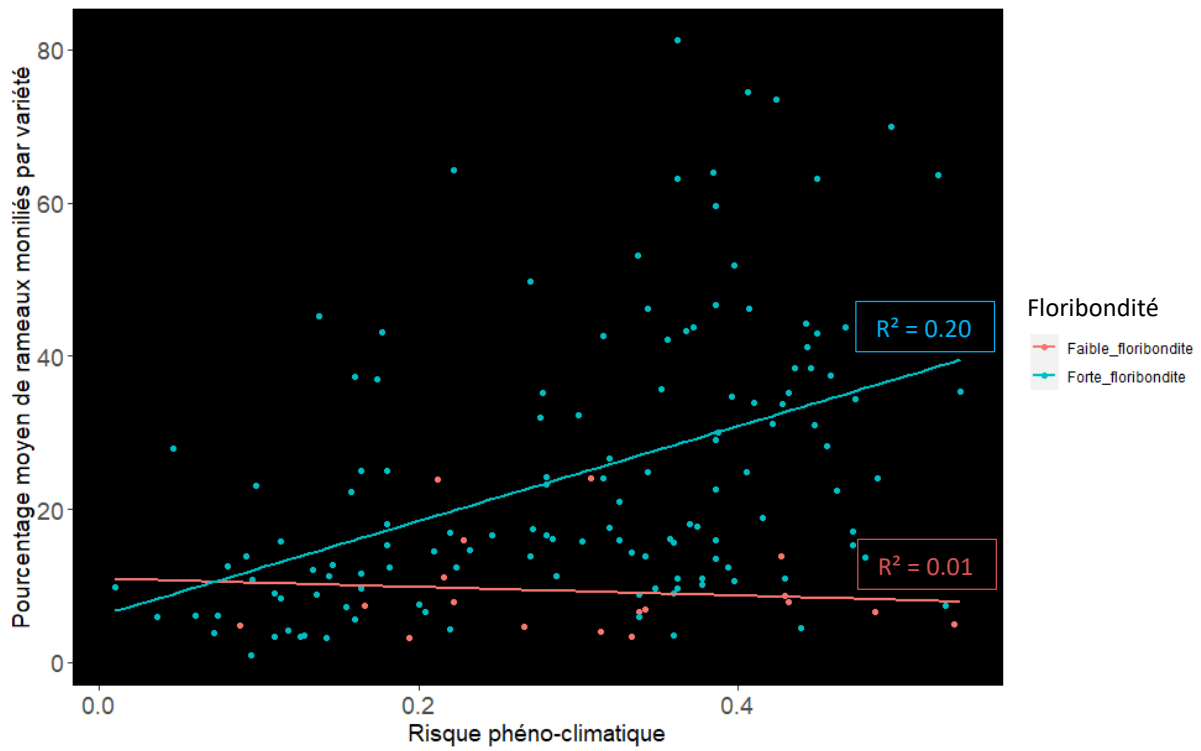
**Figure 17** : Boxplot du pourcentage de rameaux moniliés en fonction de la floribondité du dispositif Core-Collection.

corrélé positivement avec la sévérité de la maladie sur rameau. Ces résultats supposent une validation du modèle phéno-climatique sur une large gamme variétale d'abricotier, et sont encourageant pour une future utilisation du risque dans les programmes d'évaluation de sensibilité variétale. La validation du modèle en conditions naturelles apporte également une confirmation de l'importance de la pluviométrie et la température, et de leur concordance avec le stade phénologique, sur les contaminations aux monilioses sur abricotier. La présence de pluie au stade bouton blanc et fleur ouverte semble être un facteur clé à prendre en compte dans les épidémies de *Monilinia* sur abricotier. Il faut toutefois noter que deux problèmes de méthodologie ont pu interférer avec la bonne évaluation du risque phéno-climatique. Le modèle de risque a été développé et calibré sur la base de dégâts sur fleur. Or dans le cas de notre étude, la notation des dégâts de monilioses a été réalisée sur rameau par contrainte de temps et de faisabilité. Chaque fleur moniliée n'entraînant pas nécessairement de symptômes sur rameau, l'estimation du risque est donc potentiellement minorée. De plus, au cours de la période de floraison, une majorité des arbres a été victime d'un gel tardif. Les pétales de certaines fleurs présentaient des symptômes de brûlure. Ne connaissant pas l'impact du gel sur *Monilinia*, il a été supposé que les pétales brûlés empêchent la contamination par le pathogène et/ou que les fleurs gelées vont chuter rapidement suite au gel. Les fleurs gelées n'ont pas été considérées comme stade sensible lors de la notation, et n'ont donc pas été prises en compte dans le calcul du risque.

L'interprétation de la corrélation entre le risque phéno-climatique et la sévérité de la maladie doit être raisonnée selon la floribondité de l'arbre. En effet, notre étude a mis en évidence une relation entre le risque phéno-climatique et la floribondité sur la sévérité des monilioses sur rameaux. Le risque phéno-climatique se base sur la proportion de bourgeons floraux aux différents stades phénologiques par rapport à la totalité des bourgeons floraux de l'arbre, et ne prend donc pas en compte la densité de fleur de chaque arbre. Or nos résultats suggèrent que dans le cas d'individus présentant une floribondité élevée, la sévérité des monilioses sur rameau sera corrélée positivement avec le risque phéno-climatique. A l'inverse, pour des individus présentant une floribondité faible, peu importe la valeur de risque phéno-climatique, la sévérité de la maladie sera faible. Le risque phéno-climatique doit donc tenir compte de la floribondité de l'arbre afin d'améliorer la précision du modèle. L'observation d'une différence de comportement entre des arbres à faible et forte floribondité corrobore l'hypothèse déjà supposée dans l'essai RENFEP qui suggère que les défenses de l'arbre sont plus efficaces si le nombre de fleur infectée est faible.

La sévérité des monilioses sur rameaux d'un individu dépendant de sa sensibilité variétale, de son risque de contamination phéno-climatique et de sa floribondité, la part relative de chacun des facteurs sur la sévérité de la maladie est l'objet d'un enjeu. Nos résultats montrent que la sensibilité variétale est le facteur le plus explicatif de la variabilité des réponses aux monilioses. Cela met en évidence le rôle important des sensibilités variétales sur le développement de *Monilinia*, ainsi que son fort intérêt comme levier de lutte dans un contexte de culture sous bas-intrants phytosanitaires. L'interaction entre le risque phéno-climatique et la floribondité apporte également une part non négligeable d'explication à la variabilité totale des réponses à la maladie.

Au vu de l'importance des sensibilités variétales sur le développement des monilioses, il devient donc fondamental de rechercher et d'évaluer des individus présentant des caractères de moindre sensibilité à *Monilinia* afin de créer des variétés d'abricotier adaptées à un système de culture sous bas-intrants phytosanitaires. Pour caractériser au mieux les sensibilités variétales, il est important de prendre en compte tous les facteurs extérieurs qui pourraient venir masquer ces sensibilités. Le classement des sensibilités variétales établi au cours de cette étude prend donc en compte l'influence du risque phéno-climatique et de la floribondité sur le développement de *Monilinia*, ainsi que l'importance de chaque facteur sur la réponse aux



**Figure 18** : Pourcentage moyen de rameaux moniliés par variété en fonction du risque phéno-climatique et de la floribondité. Les variétés avec des notes de floribondité comprises entre 0.5 et 2 et entre 2 et 4 ont été considérées comme faible et forte floribondité respectivement. Les droites correspondent aux droites de régression.

monilioses. Cela permet ainsi d'éviter qu'une variété sensible, qui fleurit pendant une période sèche ou présentant une faible floribondité, apparaisse à tort peu sensible. La floribondité d'un arbre est dépendante de la variété, mais également de la taille de l'arbre et de sa charge en fruit de l'année précédente, d'où l'intérêt de la prendre en compte comme covariable dans le modèle. Un facteur qui n'a pas été pris en compte dans notre étude mais dont son influence sur le développement des monilioses a été démontré est la quantité d'inoculum de *Monilinia* (Wilcox, 1989 ; Luo & Michailides, 2001). Une vérification a été réalisée sur les résidus du modèle statistique et ne semble pas montrer un potentiel effet foyer, supposant un inoculum homogène sur la parcelle (**Annexe 7**). De plus, la cartographie des résidus de la parcelle suppose l'absence d'effet bordure ou d'un potentiel gradient d'hétérogénéité Ouest-Est, préjugant d'un dispositif expérimental adapté. Le classement obtenu permet de différencier les variétés selon leur sensibilité variétale aux monilioses. La comparaison avec des variétés dont les sensibilités variétales sont connues (Frisson (clone A2821) → variété très sensible / Bergeron (clone A660) → variété moyennement sensible / Bakour (A2137) → variété faiblement sensible (Parveaud *et al.*, 2009)) permet ensuite de supposer sur la sensibilité variétale de chaque clone. Certaines variétés affichant de faible sensibilité représentent des potentiels intéressants dans les systèmes de production biologiques ou comme géniteur dans des programmes d'amélioration variétale. Les classements de sensibilité effectués en 2020 et 2021 (Dou, 2021), couplés au classement des données de 2022, font ressortir 5 variétés potentiellement faiblement sensibles sur les 3 années (**Annexe 6**). Cependant, parmi ces variétés identifiées, certaines présentaient des taux de nécroses florales importants (variétés Henderson et S.E orange). On peut supposer que les bourgeons et fleurs nécrosés vont présenter des comportements de sensibilité aux monilioses différents par rapport à des bourgeons et fleurs sains. Les nécroses florales peuvent donc masquer la sensibilité variétale, et ainsi juger à tort sur la sensibilité d'une variété. L'importante ségrégation des sensibilités observée au cours l'étude est particulièrement intéressante en génétique d'association. Des études sur le dispositif Core-Collection sont actuellement en cours sur l'identification de QTL de résistance quantitative à plusieurs maladies de l'abricotier, dont les monilioses sur rameaux.

Plusieurs remarques peuvent cependant être faites sur le classement des sensibilités variétales établi dans cette étude. La note de dégât de moniliose, basée sur le pourcentage de linéaire de rameaux moniliés, tend à diminuer l'impact de la maladie sur rameau court. En réalisant une note sur un linéaire de rameau, on suppose qu'un rameau court monilié n'a pas la même valeur indicative sur la sensibilité variétale d'un arbre par rapport à un rameau long monilié. De plus, les notes de risque phéno-climatiques et de dégâts des monilioses ne prennent pas en compte la distinction des deux types de rameau. Les rameaux courts et les rameaux longs vont fleurir sur des périodes différentes pour un même arbre, et vont donc potentiellement présenter des risques de contamination phéno-climatique différents. Certaines variétés présenteront donc davantage de symptômes de monilioses sur rameaux courts par rapport aux rameaux longs, et inversement. A cela s'ajoute la distribution des deux types de rameau qui est différente selon les variétés. Une solution aurait été de noter l'incidence plutôt que la sévérité des monilioses, et de différencier les deux types de rameau pour le calcul du risque et la notation des dégâts de *Monilinia*. Une autre remarque porte sur la transformation logarithmique des données. La transformation conduit à donner moins d'importance aux écarts entre des individus présentant des valeurs de sévérité de monilioses élevées par rapport à des individus présentant des valeurs de sévérité de monilioses faibles. Dans notre classement des sensibilités variétales, la différenciation des variétés est donc réalisée sur des intervalles plus grands pour les variétés les plus sensibles par rapport aux variétés les moins sensibles. Dans notre cas, des variétés présentant un pourcentage de linéaire de rameaux moniliés de 19 et de 81 % sont considérées comme appartenant à un même groupe de sensibilité variétale, alors que des variétés présentant un pourcentage de 0.7 et 5 % ne sont pas regroupées ensemble. Cette répartition non homogène





des groupes selon la sensibilité variétale aux monilioses peut également être expliquée par la variabilité intra-parcellaire de chaque variété. Les variétés fortement sensibles présentent globalement une variabilité intra-variétale de réponse aux monilioses plus élevées par rapport à des variétés moins sensibles. Une remarque peut être faite sur le nombre de répétition égal à 5 du dispositif Core-collection. Une étude préliminaire avait montré qu'un nombre de répétition par variété analysée égal ou inférieur à 10 réduisait drastiquement la précision et la discrimination des sensibilités variétales dans le cadre du chancre bactérien. Un minimum de 15 répétitions était requis pour approcher d'un optimal de résolution pour connaître la sensibilité d'un clone en particulier, mais cette approche aurait été techniquement impossible à engager avec un effectif aussi important que le nôtre (Brun *et al.*, 2011).

## Conclusion générale

Les objectifs de cette étude s'inscrivent dans le cadre de la lutte contre les monilioses sur fleur et rameau d'abricotier. Pour contrer la maladie, la principale stratégie actuelle reste la lutte chimique. Dans le cas de système de culture sous bas-intrants phytosanitaires, les monilioses sur fleur et rameau représente le principal frein à la production d'abricot. Pour répondre à cette problématique, l'amélioration des leviers agronomiques actuels et le développement de nouvelles techniques de lutte sont essentiels. Cela nécessite l'identification et la compréhension des facteurs climatiques et agronomiques ayant une influence sur le développement de *Monilinia*. Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs facteurs variétales et climatiques jouant un rôle sur les monilioses : la floribondité, le risque de contamination phéno-climatique et la sensibilité variétale. Chacun de ces facteurs représentent de potentiels leviers de lutte.

La floribondité d'un arbre est corrélée positivement avec la sévérité de la maladie sur rameau. Ces résultats, en lien avec l'étude de Brun *et al.* (2021), confirment l'importance du rôle des fleurs dans les contaminations par *Monilinia*. La gestion de la floribondité d'un arbre semble donc être un facteur clé de lutte contre les monilioses sur fleur et rameau. L'efficacité d'un éclaircissage à la fleur sur la maladie, testée au cours de cette étude, a montré une réduction moyenne de 80 % de l'incidence des monilioses sur rameau. Une autre proposition de lutte serait la sélection de variétés moins florifères, avec de bons taux de nouaison.

Le risque phéno-climatique d'un arbre est principalement dépendant de la pluviométrie, de sa date de floraison et de l'étalement de sa floraison. L'impact de la date de floraison sur les monilioses étant dépendante des conditions climatiques, il est compliqué de l'utiliser comme levier de lutte. En revanche, l'étalement de la floraison et la pluviométrie peuvent être contrôlés dans un objectif de réduction de la maladie. Pour réduire l'étalement de la floraison, une première solution serait la création de variété ayant comme caractéristique un stade F court. Une seconde solution serait de réduire manuellement la période de sensibilité de l'arbre, correspondant aux stades présentant des pétales (Brun *et al.*, 2021). L'efficacité de cette solution a été testée lors de cette étude via un dispositif de chute provoquée des pétales. Une réduction de l'incidence de la maladie a été observée, allant de 15 à 63 % selon la variété d'abricotier. Concernant la pluie, elle semble contribuer au développement de *Monilinia* via sa dispersion et l'humidification des fleurs. Des bâches anti-pluie sont une stratégie de lutte utilisée par exemple contre la tavelure du pommier. L'utilisation de ces bâches sur les monilioses sur fleur et rameau d'abricotier a montré une efficacité plus ou moins importante selon l'agencement des bâches, allant de 26 à 62 % de réduction de rameaux moniliés (Brun *et al.*, 2015).

Notre étude a enfin montré que la sensibilité variétale est le facteur le plus influent sur la réponse des abricotiers aux monilioses. Le choix variétal est un levier agronomique de lutte déjà connu et utilisé par la filière abricotier. Cependant, la recherche et l'évaluation des



individus présentant des caractères d'intérêt peut être améliorées via la prise en compte de la floribondité et du risque phéno-climatique. La considération de ces facteurs va permettre de caractériser plus précisément les sensibilités variétales. Le classement des variétés selon leur sensibilité variétale permettra par la suite d'identifier les variétés potentiellement intéressantes dans des systèmes de production sous bas-intrants ou dans des programmes d'amélioration variétale.

Pour réduire efficacement la maladie, les producteurs doivent composer avec l'ensemble des leviers agronomiques, tout en prenant en compte l'impact sur la productivité ainsi que les potentielles contraintes techniques. Le développement d'un OAD (outil d'aide à la décision) pourrait les guider dans leurs choix, et ainsi faciliter la transition vers des systèmes de culture plus économes en intrants.

De manière prospective, les résultats de cette étude ont été obtenus sur une contamination par *M. laxa*. On peut donc s'interroger sur leur pertinence dans le cas de contaminations par *M. fructicola*. On peut également se questionner sur la répétabilité des résultats dans le cas d'une année avec une plus forte pression de la maladie. Notre étude représente un support intéressant pour la lutte contre les monilioses sur fleur et rameau, mais des études complémentaires mériteront d'être engagées afin de valider nos résultats sur une large gamme de situation agronomique.

## Références bibliographiques

- AGENCE BIO**, 2020. La production et le marché bio en France en 2020. Agence BIO [en ligne]. 2020. Disponible à l'adresse : <https://www.agencebio.org/>
- AGRESTE**, 2020. AgresteConjoncture - Fruits. [en ligne]. 2020. Disponible à l'adresse : [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru20091/2020\\_91inforapabricot.pdf](https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru20091/2020_91inforapabricot.pdf)
- AGRESTE**, 2021. AgresteConjoncture - Fruits. [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru21102/2021\\_102inforapabricot.pdf](https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru21102/2021_102inforapabricot.pdf)
- AGRIOS G**, 2005. Plant Pathology [en ligne]. Fifth Edition. Elsevier. ISBN 978-0-12-044565-3.
- ALTINDAG M, SAHIN M, ESITKEN A, ERCISLI S, GULERYUZ M, DONMEZ MF, SIN F**, 2006. Biological control of brown rot (*Moniliana laxa* Ehr.) on apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacihaliloglu) by *Bacillus*, *Burkholderia*, and *Pseudomonas* application under in vitro and in vivo conditions. Biological Control. 1 septembre 2006. Vol. 38, n° 3, pp. 369-372. DOI 10.1016/j.biocontrol.2006.04.015.
- BAGGIOLINI M**, 1952. Les stades repères de l'abricotier. Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture. 1952. Vol. 8, n° 4, pp. 28.
- BANNON F, GORT GT, VAN LEEUWEN G, HOLB I, JEGER M**, 2009. Diurnal patterns in dispersal of *Monilinia fructigena* conidia in an apple orchard in relation to weather factors. Agricultural and Forest Meteorology. 11 mars 2009. Vol. 149, n° 3, pp. 518-525. DOI 10.1016/j.agrformet.2008.10.001.
- BERNAT M, SEGARRA J, NAVAS-CORTÉS JA, CASALS C, TORRES R, TEIXIDÓ N, USALL J**, 2018. Influence of temperature and humidity on the survival of *Monilinia fructicola* conidia on stone fruits and inert surfaces. Annals of Applied Biology. 2018. Vol. 173, n° 1, pp. 63-70. DOI 10.1111/aab.12434.
- BIGGS A, NORTHOVER J**, 1988. Influence of Temperature and Wetness Duration on Infection of Peach and Sweet Cherry Fruits by *Monilinia fructicola*. Phytopathology. 1 octobre 1988. Vol. 78, pp. 1352-1356. DOI 10.1094/Phyto-78-1352.
- BOURGUIBA H, AUDERGON JM, KRICHEN L, TRIFI-FARAH N, MAMOUNI A, TRABELSI S, D'ONOFRIO C, ASMA BM, SANTONI S, KHADARI B**, 2012. Loss of genetic diversity as a signature of apricot domestication and diffusion into the Mediterranean Basin. BMC Plant Biology, 12(1), 49. DOI 10.1186/1471-2229-12-49
- BOURGUIBA H, SCOTTI I, SAUVAGE C, ZHEBENTYAYEVA T, LEDBETTER C, KRKA B, REMAY AA, D'ONOFRIO C, IKETANI H, CHRISTEN D, KRICHEN L, TRIFI-FARAH N, LIU W, ROCH G, AUDERGON JM**, 2020. Genetic Structure of a Worldwide Germplasm Collection of *Prunus armeniaca* L. Reveals Three Major Diffusion Routes for Varieties Coming From the Species' Center of Origin. Frontiers in Plant Science, 11. DOI 10.3389/fpls.2020.00638
- BRUN L, WARLOP F, MERCIER V, BROQUAIRE JM, CLAUZEL G, GOMEZ C, PARVEAUD CE, AUDERGON JM**, 2011. Quelle sélection fruitière pour une production durable, à faible niveau d'intrants ? Méthodologie pour un réseau de sélection variétale décentralisée. Innovations Agronomiques. 2011. Vol. 15, pp. 105.
- BRUN L, GROS C, DULAIS M**, 2015. Effets des bâches anti-pluies sur le développement des bioagresseurs de l'abricotier. In : Séminaire DEPHY Ferme / Expe Arbo. Bourg-lès-Valence. 2015.
- BRUN L, TRESSON P, DUBOIS J**, 2021. Suivre la contamination des fleurs par *Monilia laxa*. Phytoma. 1 janvier 2021. Vol. 740, pp. 38-42.
- CHEN F, LIU X, SCHNABEL G**, 2013. Field Strains of *Monilinia fructicola* Resistant to Both MBC and DMI Fungicides Isolated from Stone Fruit Orchards in the Eastern United States. Plant Disease. août 2013. Vol. 97, n° 8, pp. 1063-1068. DOI 10.1094/PDIS-12-12-1177-RE.



**CHRISTEN D, MOTRY L, DEVENES G**, 2012. Méthodes d'évaluation de la moniliose sur fleurs et sensibilité des variétés d'abricots. *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture*. 2012. Vol. 44, n° 6, pp. 370-376.

**CORBIN J, OGAWA J**, 2011. Springtime dispersal patterns of *Monilinia laxa* conidia in apricot, peach, prune, and almond trees. *Canadian Journal of Botany*. 28 janvier 2011. Vol. 52, pp. 167-176. DOI 10.1139/b74-019.

**DAM D**, 2017. Identification des facteurs intervenant dans le développement du *Monilia* sur fleurs et rameaux d'abricotiers et recherche de résistances génétiques. Rapport de stage Master 2. Nancy : Université de Lorraine.

**DEL CUETO J, STEFANI P, OBERHÄNSLI T, ROCH G, BRUN L, AUDERGON JM, CHRISTEN D**, 2020. Different methods of evaluation of *Monilinia laxa* on apricot flowers and branches. *Acta Horticulturae*. septembre 2020. N° 1290, pp. 129-134. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1290.24.

**DOU J**, 2021. Caractérisation de la sensibilité aux bioagresseurs dans une collection d'abricotiers conduite en bas-intrants phytosanitaires. Rapport de stage DUT. Digne-les-Bains : IUT Aix-Marseille.

**DRAAF OCCITANIE**, 2021. Bulletins de santé du végétal - Arboriculture Fruitière. DRAAF Occitanie [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/bulletins-de-sante-du-vegetal-r103.html>

**DUBOIS J**, 2019. Validation d'un modèle phéno-climatique de contamination des fleurs d'abricotier par *Monilinia* sp. Etude de l'influence des facteurs autres que climatiques sur le développement des monilioses sur rameaux d'abricotier. Rapport de stage Master 2. Angers : Institut Agro - Agrocampus Ouest.

**EVERHART S, ASKEW A, SEYMOUR L, IMRE H, SCHERM H**, 2011. Characterization of three-dimensional spatial aggregation and association patterns of brown rot symptoms within intensively mapped sour cherry trees. *Annals of botany*. 1 février 2011. Vol. 108, pp. 1195-202. DOI 10.1093/aob/mcr029.

**FITT B, MCCARTNEY HA, WALKLATE P**, 2003. The Role of Rain in Dispersal of Pathogen Inoculum. *Annual Review of Phytopathology*. 28 novembre 2003. Vol. 27, pp. 241-270. DOI 10.1146/annurev.py.27.090189.001325.

**FRANCEAGRIMER**, 2021. L'abricot en 2021. FranceAgriMer [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : [https://rnm.franceagrimer.fr/bilan\\_campagne?abricot](https://rnm.franceagrimer.fr/bilan_campagne?abricot)

**FRY WE**, 1997. Principles of Plant Disease Management. Elsevier Science Publishing Co Inc.

**GARCIA-BENITEZ C, CASALS C, USALL J, SÁNCHEZ-RAMOS I, MELGAREJO P, DE CAL A**, 2020. Impact of Postharvest Handling on Preharvest Latent Infections Caused by *Monilinia* spp. in Nectarines. *Journal of Fungi*. décembre 2020. Vol. 6, n° 4, pp. 266. DOI 10.3390/jof6040266.

**GRUPE DE RECHERCHE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**, 2020. Projet Climarbo. Grab [en ligne]. 18 avril 2020. Disponible à l'adresse : <https://www.grab.fr/projet-climarbo/>

**GUINET C, FOURRIER-JEANDEL C, CERF-WENDLING I, IOOS R**, 2016. One-Step Detection of *Monilinia fructicola*, *M. fructigena*, and *M. laxa* on *Prunus* and *Malus* by a Multiplex Real-Time PCR Assay. *Plant Disease*. décembre 2016. Vol. 100, n° 12, pp. 2465-2474. DOI 10.1094/PDIS-05-16-0655-RE.

**HOLB IJ**, 2003. The brown rot fungi of fruit crops (*Monilinia* spp.): I. Important features of their biology (Review paper). *International Journal of Horticultural Science*. 20 octobre 2003. Vol. 9, n° 3-4, pp. 23- 36. DOI 10.31421/IJHS/9/3-4/402.

**HOLB IJ**, 2007. Monitoring conidial density of *Monilinia fructigena* in the air in relation to brown rot development in integrated and organic apple orchards. *European Journal of Plant Pathology*. 31 octobre 2007. Vol. 120, n° 4, pp. 397. DOI 10.1007/s10658-007-9233-6.

**HOLB IJ**, 2008. Brown rot blossom blight of pome and stone fruits: symptom, disease cycle, host resistance, and biological control. *International Journal of Horticultural Science*. 19 mai 2008. Vol. 14, n° 3, pp. 15- 21. DOI 10.31421/IJHS/14/3/796.

**HOLB IJ, FAZEKAS M, LAKATOS P, BALLA B, GALL JM**, 2010. Possibilities of blossom and twig blight management in organic stone fruit production. *International Journal of Horticultural Science*. 10 mai 2010. Vol. 16. DOI 10.31421/IJHS/16/3/905.

**HRUSTIC J, MIHAJLOVIC M, GRAHOVAC M, DELIBAŠIĆ G, BULAJIĆ A, BRANKA K, BRANKICA T**, 2012. Genus *Monilinia* on Pome and Stone Fruit Species. *Pesticides and Phytomedicine*. 1 janvier 2012. Vol. 27, pp. 283-297. DOI 10.2298/PIF1204283H.

**JACQUOT M, BRENNER J, BRUN L, BULÉON S, CHAMBEYRON W, DAM D, DUBOIS J, LABEYRIE B**, 2020. Weather variables and landscape composition influence blossom and twig blight (*Monilinia* spp.) damages on apricot in southeastern France. *Ecofruit*. 2020. pp. 2.

**KABLE PF**, 1965. Air dispersal of conidia of *Monilinia fructicola* in peach orchards. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1965. Vol. 5, n° 17, pp. 166-171. DOI 10.1071/ea9650166.

**LA SECTION INTERPROFESSIONNELLE DE PREMIÈRE MISE EN MARCHÉ**, 2022. L'abricot : chiffres de production et de consommation – SIPMM Abricot. SIPMM [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <http://www.abricotsdenosregions.com/carte-identite/l-abricot-en-chiffres>

**LANE C**, 2003. A synoptic key for differentiation of *Monilinia fructicola*, *M. fructigena* and *M. laxa*, based on examination of cultural characters. *EPPO Bulletin*. 24 janvier 2003. Vol. 32, pp. 489-493. DOI 10.1046/j.1365-2338.2002.00595.x.

**LEGAVE JM**, 2022. Les productions fruitières à l'heure du changement climatique - Risques et opportunités en régions tempérées [en ligne]. 1ère édition. Editions Quae. Synthèses.

**LICHOU J, MANDRIN J F, BRENIAUX D, MERCIER V, GIAUQUE P, DESBRUS D, BLANC P, BELLUAU E**, 2002. Les monilioses sur arbres fruitiers. L'apparition d'une nouvelle espèce : *Monilia fructicola*. *Infos CTIFL*. 2002. N° 3, pp. 32-36.

**LICHOU J, JAY M**, 2012. Monographie abricot. Paris : CTIFL Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. ISBN 978-2-87911-311-1.

**LINO L, PACHECO I, MERCIER V, FAORO F, BONARD I, BASSI D, QUILOT-TURION B**, 2016. Brown Rot Strikes *Prunus* Fruit : An Ancient Fight Almost Always Lost. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2 mai 2016. Vol. 64. DOI 10.1021/acs.jafc.6b00104.





**LUO Y, MICHAILIDES TJ**, 2001. Factors Affecting Latent Infection of Prune Fruit by *Monilinia fructicola*. Phytopathology. septembre 2001. Vol. 91, n° 9, pp. 864-872. DOI 10.1094/PHYTO.2001.91.9.864.

**LUO Y, MA Z, MICHAILIDES TJ**, 2001a. Analysis of Factors Affecting Latent Infection and Sporulation of *Monilinia fructicola* on Prune Fruit. Plant Disease. septembre 2001. Vol. 85, n° 9, pp. 999-1003. DOI 10.1094/PDIS.2001.85.9.999.

**LUO Y, MORGAN DP, MICHAILIDES TJ**, 2001b. Risk Analysis of Brown Rot Blossom Blight of Prune Caused by *Monilinia fructicola*. Phytopathology. août 2001. Vol. 91, n° 8, pp. 759-768. DOI 10.1094/PHYTO.2001.91.8.759.

**MERCIER V, BUSSI C, PLENET D, LESCOURET F**, 2008a. Effects of limiting irrigation and of manual pruning on brown rot incidence in peach. Crop Protection. 1 mars 2008. Vol. 27, n° 3, pp. 678-688. DOI 10.1016/j.cropro.2007.09.013.

**MERCIER V, GOMEZ C, WARLOP F, BRUN L, BROQUAIRE JM, GILLES F, AUDERGON JM**, 2008b. Gamme variétale d'abricotiers : évaluation de la sensibilité au monilia. L'arboriculture Fruitière. 2008. N° 626-627, pp. 20-23.

**MERCIER V, BUSSI C, LESCOURET F, GÉNARD M**, 2009a. Effects of different irrigation regimes applied during the final stage of rapid growth on an early maturing peach cultivar. Irrigation Science. 1 mai 2009. Vol. 27, n° 4, pp. 297-306. DOI 10.1007/s00271-009-0146-3.

**MERCIER V, MARTINOT G, DEPLAUDE H**, 2009b. Monilioses du pêcher, déterminer les espèces et évaluer leur répartition : une méthode pour différencier les trois espèces d'agents de monilioses sur pêches dès le verger. Phytoma la Défense des Végétaux. 2009. pp. 45-48.

**MUSTAFA MH, BASSI D, CORRE MN, LINO LO, SIGNORET V, QUILOT-TURION B, CIRILLI M**, 2021. Phenotyping Brown Rot Susceptibility in Stone Fruit : A Literature Review with Emphasis on Peach. Horticulturae. mai 2021. Vol. 7, n° 5, pp. 115. DOI 10.3390/horticulturae7050115.

**NICOTRA A, CONTE L, MOSER L, FANTECHI P, BARBAGIOVANNI I, CORAZZA L, VITALE S, MAGNOTTA A**, 2006. Breeding programme for *Monilinia laxa* (Aderh. et Ruhl.) resistance on apricot. Acta Horticulturae. 1 février 2006. Vol. 701, pp. 307-311. DOI 10.17660/ActaHortic.2006.701.46.

**PARVEAUD CE, GOMEZ C, WARLOP F, BRUN L, MERCIER V, GUILLERMIN A, CLAUZEL G, BROQUAIRE JM**, 2009. Evaluation de la sensibilité au monilia d'une gamme variétale d'abricotiers. Rapport interne Groupe de recherche en agriculture biologique. 2009. pp. 4.

**PARVEAUD CE, GOMEZ C, MERCIER V, BRUN L, GUILLERMIN A, CLAUZEL G, BROQUAIRE JM, AUDERGON JM**, 2016. Guide des sensibilités variétales aux bio-agresseurs - Monilioses sur fleur. L'arboriculture Fruitière. 2016. N° 698, pp. 4.

**PLANTEGENEST M, LE MAY C, FABRE F**, 2007. Landscape epidemiology of plant diseases. Journal of the Royal Society, Interface. 22 octobre 2007. Vol. 4, n° 16, pp. 963-972. DOI 10.1098/rsif.2007.1114.

**RODRÍGUEZ-PIRES S, GARCIA-COMPANYS M, ESPESO E, MELGAREJO P, CAL A**, 2020. Influence of light on the *Monilinia laxa* – stone fruit interaction. Plant Pathology. 25 octobre 2020. Vol. 70. DOI 10.1111/ppa.13294.

**RUNGJINDAMAI N, JEFFRIES P, XU XM**, 2014. Epidemiology and management of brown rot on stone fruit caused by *Monilinia laxa*. European Journal of Plant Pathology. 1 septembre 2014. Vol. 140, n° 1, pp. 1-17. DOI 10.1007/s10658-014-0452-3.

**SANDERSON PG, JEFFERS SN**, 2001. Vegetative growth and conidium production by *Monilinia oxycocci* in vitro. Mycologia. 1 janvier 2001. Vol. 93, n° 1, pp. 9-16. DOI 10.1080/00275514.2001.12061274.

**STOBDAN T, NAMGIAL D, CHAURASIA O, WANI M, PHUNCHOK T, ZAFFAR M**, 2021. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) in trans-Himalayan Ladakh, India: Current Status and Future Directions. Journal of Food and Agriculture Research. 1 juillet 2021. Vol. 1, pp. 86-105.

**TAMM L, FLÜCKIGER W**, 1993. Influence of temperature and moisture on growth, spore production, and conidial germination of *Monilinia laxa*. Phytopathology. 1993. Vol. 83, n° 12, pp. 1321. DOI 10.1094/Phyto-83-1321.

**TAMM L**, 1995. Phenological Analysis of Brown Rot Blossom Blight of Sweet Cherry Caused by *Monilinia laxa*. Phytopathology [en ligne]. 1995. DOI 10.1094/Phyto-85-401. Disponible à l'adresse : [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1995Abstracts/Phyto\\_85\\_401.htm](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1995Abstracts/Phyto_85_401.htm)

**TRESSON P, BRUN L, GARCÍA DE CORTÁZAR-ATAURI I, AUDERGON JM, BULÉON S, CHENEVOTOT H, COMBE F, DAM D, JACQUOT M, LABEYRIE B, MERCIER V, PARVEAUD CE, LAUNAY M**, 2020. Future development of apricot blossom blight under climate change in Southern France. European Journal of Agronomy. 1 janvier 2020. Vol. 112, pp. 125960. DOI 10.1016/j.eja.2019.125960.

**VILLARINO M, MELGAREJO P, USALL J, SEGARRA J, DE CAL A**, 2010. Primary Inoculum Sources of *Monilinia* spp. in Spanish Peach Orchards and Their Relative Importance in Brown Rot. Plant Disease. août 2010. Vol. 94, n° 8, pp. 1048-1054. DOI 10.1094/PDIS-94-8-1048.

**WAGNER Jr A, RASEIRA MCB, FORTES JF, PIEROBOM CR, DA SILVA JB**, 2005. Non-correlation of flower and fruit resistance to brown rot (*Monilinia fructicola* (Wint.) Honey) among 27 peach cultivars and selections. Journal of American Pomological Society. 2005. Vol. 59, n°3, pp. 148-152.

**WALTER M, MCLAREN GF, FRASER JA, FRAMPTON CM, BOYD-WILSON KSH, PERRY JH**, 2004. Methods of screening apricot fruit for resistance to brown rot caused by *Monilinia* spp. Australasian Plant Pathology. 1 décembre 2004. Vol. 33, n° 4, pp. 541-547. DOI 10.1071/AP04062.

**WILCOX,WF**, 1989. Influence of environment and inoculum density on the incidence of brown rot blossom blight of sour cherry. Phytopathology. 1989. Vol. 79, n° 5, pp. 530-534. DOI 10.1094/Phyto-79-530.

**XU XM, GUERIN L, ROBINSON JD**, 2001. Effects of temperature and relative humidity on conidial germination and viability, colonization and sporulation of *Monilinia fructigena*. Plant Pathology. 2001. Vol. 50, n° 5, pp. 561-568. DOI 10.1046/j.1365-3059.2001.00606.x.

## Annexes

**Annexe 1** : Equations détaillées du modèle de risque de contamination phéno-climatique (Tresson *et al.*, 2020).

- **Risque climatique d'infection sur fleur (RCIF)**

$$RCIF = I(p, T) = \frac{p}{p+\varepsilon} \cdot i_{max} \cdot \{1 - (1 - i_0(T)^{(1-m)}) \cdot e^{-r(T) \cdot p}\}^{\frac{1}{1-m}}$$

où :

$I(p, T)$  est la proportion estimée de fleurs infectées selon la pluviométrie  $p$  et la température  $T$

$\frac{p}{p+\varepsilon}$  est un facteur permettant de forcer une valeur de risque nulle en absence de pluie

$i_{max}$  est la proportion maximale de fleurs infectées

$i_0$  est la proportion de fleurs infectées après 0h de durée d'humectation

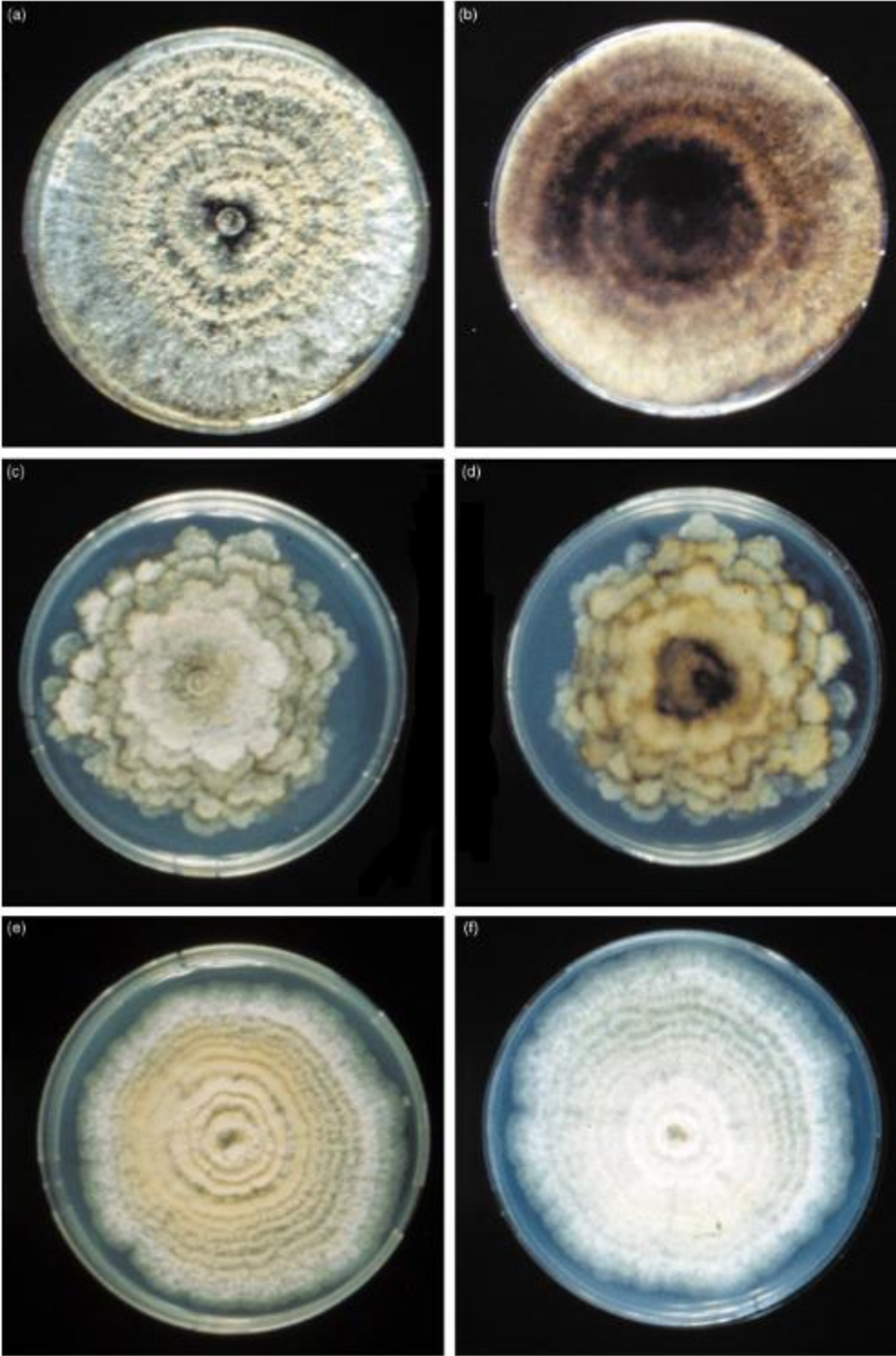
$m$  est un paramètre de forme fixé à 0.9

- **Risque climatique pondéré d'infection sur rameau (RCPIR) appelé aussi « risque phéno-climatique »**

$$RCPIR = RCIF \times \frac{0.25 \times \text{pourcentage de fleurs au stade D} + \text{pourcentage de fleurs au stade E/F}}{\text{pourcentage de fleurs au stade D} + \text{pourcentage de fleurs au stade E/F}} \text{ si } RCIF > 0.5$$

$$RCPIR = RCIF \times \frac{\text{pourcentage de fleurs au stade E/F}}{\text{pourcentage de fleurs au stade D} + \text{pourcentage de fleurs au stade E/F}} \text{ si } RCIF < 0.5$$

**Annexe 2** : Colonies de *M. fructicola* : (a) dessus, (b) dessous ; *M. laxa* : (c) dessus, (d) dessous ; *M. fructigena* : (e) dessus, (f) dessous sur boîte de Pétri contenant du milieu PDA (Lane, 2003).



### Annexe 3 : Modèles statistiques utilisés au cours de l'essai RENFEP.

- **Modèle statistique de l'essai éclaircissage à la fleur**

$$\log(M_{ijkl} + 1) = \mu + F_i + G_j + B_k + \varepsilon_{ijkl} \text{ avec } \varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma)$$

$M_{ijkl}$  : Valeur d'incidence des monilioses

$\mu$  : Moyenne générale

$F_i$  : Effet de l'éclaircissage à la fleur

$G_j$  : Effet de la variété

$B_k$  : Effet du bloc

$\varepsilon_{ijkl}$  : Erreur résiduelle

- **Modèle statistique de l'essai chute provoquée des pétales**

$$\log(M_{ijkl} + 1) = \mu + P_i + G_j + B_k + P_i * G_j + \varepsilon_{ijkl} \text{ avec } \varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma)$$

$M_{ijkl}$  : Valeur d'incidence des monilioses

$\mu$  : Moyenne générale

$P_i$  : Effet de la chute provoquée des pétales

$G_j$  : Effet de la variété

$B_k$  : Effet du bloc

$P_i * G_j$  : Effet de l'interaction entre la chute provoquée des pétales et la variété

$\varepsilon_{ijkl}$  : Erreur résiduelle

**Annexe 4** : Modèle statistique utilisé au cours de l'essai Core-Collection.

$$\log(M_{ijk} + 1) = \mu + G_i + (G/R)_i + (G/F)_i + B_j + (G/R * F)_i + (G/R * B_j)_i + \varepsilon_{ijk}$$

avec  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma)$

$M_{ijkl}$  : Valeur de sévérité des monilioses

$\mu$  : Moyenne générale

$G_i$  : Effet de la variété

$(G/R)_i$  : Effet du risque phéno-climatique au sein de la variété

$(G/F)_i$  : Effet de la floribondité au sein de la variété

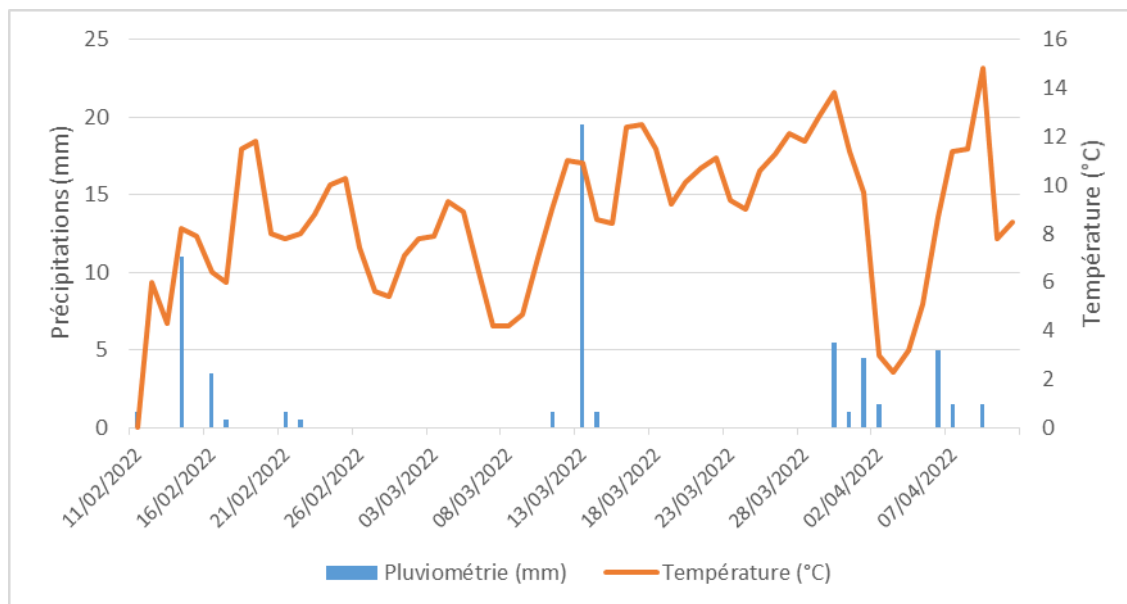
$B_j$  : Effet du bloc

$(G/R * F)_i$  : Effet de l'interaction entre le risque phéno-climatique et la floribondité au sein de la variété

$(G/R * B_j)_i$  : Effet de l'interaction entre le risque phéno-climatique et le bloc au sein de la variété

$\varepsilon_{ijk}$  : Erreur résiduelle

**Annexe 5** : Pluviométries et températures enregistrées au cours de la période de floraison des différentes variétés d'abricotier.



**Annexe 6** : Classement des sensibilités variétales du dispositif Core-Collection pour l'année 2022. Les flèches correspondent aux variétés potentiellement faiblement sensibles sur les 3 années de l'essai. La note de sévérité aux monilioses correspond au pourcentage linéaire de rameau monilié par rapport au linéaire total de l'arbre. Les groupes de sensibilité ont été réalisés avec le test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

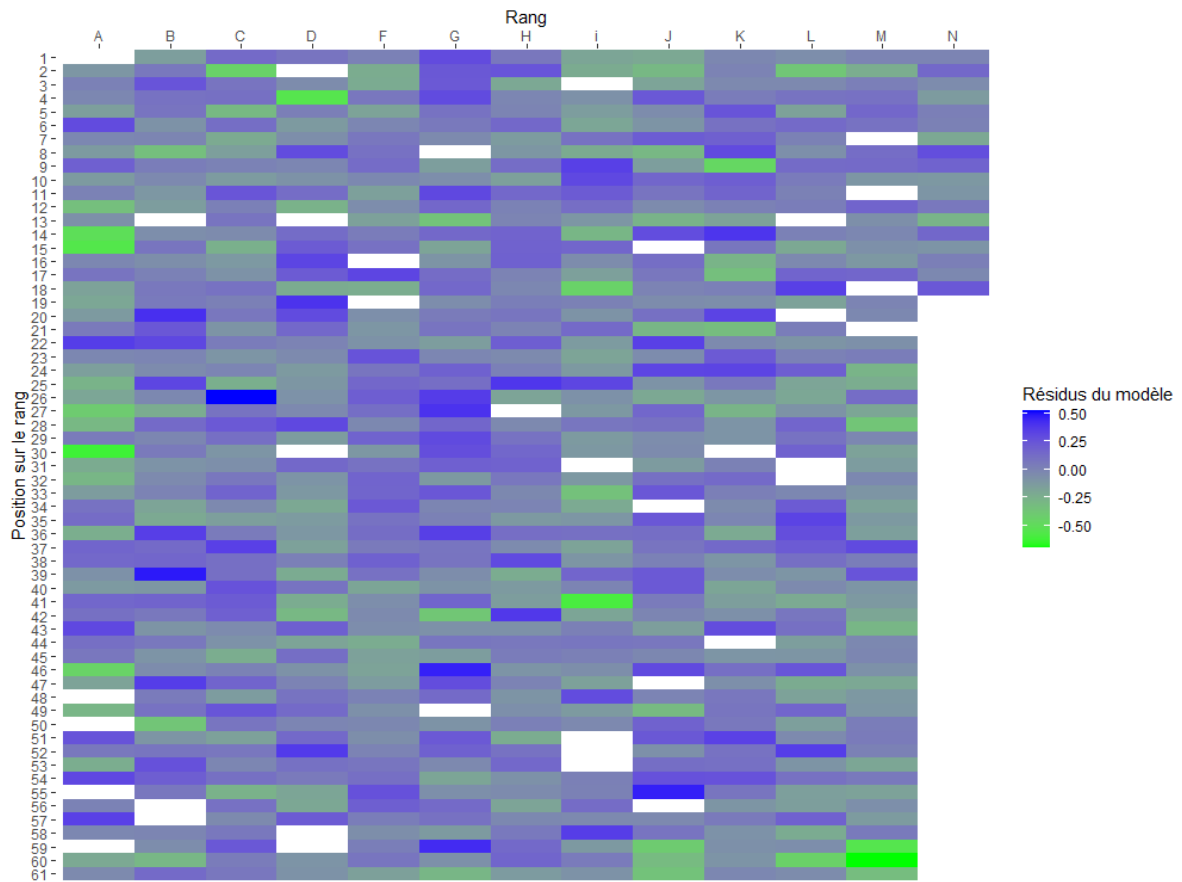
Variété	Note de sévérité aux monilioses	Groupes de sensibilité variétale
A2067	81.21	a
A1693	71.04	ab
A4793	68.16	abc
A4294	65.63	abc
A2089	61.05	abcd
A5304	60.25	abcd
A4589	57.67	abcde
A3862	54.26	abcdef
A2914	53.38	abcdefg
A4711	50.26	abcdefgh
A1939	49.23	abcdefghi
A862	45.13	abcdefghij
A2358	45.11	abcdefghij
A3967	44.62	abcdefghij
A1727	41.32	abcdefghijk
A5328	41.28	abcdefghijk
A1811	39.48	abcdefghijkl
A3521	38.4	abcdefghijklm
A2129	38.16	abcdefghijklm
A4806	37.99	abcdefghijklm
A4445	37.91	abcdefghijklm
A2458	37.15	abcdefghijklm
A1601	34.77	abcdefghijklmn
A2715	34.21	abcdefghijklmn
A4710	33.95	abcdefghijklmn
A3698	33.87	abcdefghijklmn
A4852	33.81	abcdefghijklmn
A2821	33.28	abcdefghijklmno
A2360	31.68	abcdefghijklmnop
A1343	31.49	abcdefghijklmnop
A4166	31.35	abcdefghijklmnop
A2340	31.11	abcdefghijklmnop
A1729	30.71	abcdefghijklmnop
A3976	30.7	abcdefghijklmnop
A2310	30.51	abcdefghijklmnopq
A2388	29.22	abcdefghijklmnopqr
A3950	28.62	abcdefghijklmnopqr
A2205	28.6	abcdefghijklmnopqr
A2894	28.57	abcdefghijklmnopqr
A892	28.29	abcdefghijklmnopqrs
A2490	28.01	abcdefghijklmnopqrst
A660	27.5	abcdefghijklmnopqrstu
A544	26.96	abcdefghijklmnopqrstu
A4728	26.88	abcdefghijklmnopqrstu
A2734	25.22	abcdefghijklmnopqrstuv
A4002	24.43	abcdefghijklmnopqrstuvw

A3845	23.15	abcdefghijklmnopqrstuvwx
A2343	22.38	bcdefghijklmnopqrstuvwxy
A4456	21.59	bcdefghijklmnopqrstuvwxyz
A2361	20.6	bcdefghijklmnopqrstuvwxyzA
A2928	20.58	bcdefghijklmnopqrstuvwxyzA
A4516	19.6	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A5271	19.39	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A2635	19.36	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A4034	19.34	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A2481	19.21	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A4650	19.03	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A4415	19.01	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A2843	18.87	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A3597	18.79	cdefghijklmnopqrstuvwxyzAB
A3902	17.66	defghijklmnopqrstuvwxyzABC
A4167	17.65	defghijklmnopqrstuvwxyzABC
A2215	17.29	defghijklmnopqrstuvwxyzABC
A3844	16.91	defghijklmnopqrstuvwxyzABCD
A2204	16.82	defghijklmnopqrstuvwxyzABCD
A4656	16.33	defghijklmnopqrstuvwxyzABCDE
A4049	16.24	defghijklmnopqrstuvwxyzABCDE
A1793	15.92	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDE
A1236	15.81	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDE
A157	15.58	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDEF
A4705	15.53	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDEF
A1314	15.51	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDEF
A1711	15.2	efghijklmnopqrstuvwxyzABCDEF
A2219	14.98	fghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFG
A8	14.8	fghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFG
A4374	14.4	fghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGH
A804	14.39	fghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGH
A4079	14.15	fghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGH
A5665	13.89	ghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGH
A76	13.56	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A2217	13.44	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4360	13.43	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A1813	13.16	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A1352	12.96	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4076	12.94	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A3075	12.91	hijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A3545	12.71	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A1714	12.64	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A2712	12.35	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A2994	12.24	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A2243	11.88	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A2924	11.82	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4892	11.72	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4316	11.42	ijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4586	11.02	klmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A5446	11.02	klmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A1809	10.86	klmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII
A4449	10.78	klmnopqrstuvwxyzABCDEFGHII



A682	10.31	klmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2265	10.14	lmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A5810	10.12	lmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2410	9.59	mnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A4394	9.56	mnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A74	9.46	mnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A4423	9.07	nopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A4617	9.06	nopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2346	9.02	nopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2069	8.98	nopqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2662	8.28	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A1915	8.26	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2241	8.2	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2311	8.18	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2335	8.18	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A3936	8.17	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A1731	8.11	opqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	← Beliana
A500	7.98	pqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A4896	7.93	pqrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A1453	7.42	qrstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A665	7.39	rstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A1330	7.26	rstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2348	7.16	rstuvwxyzABCDEFGHIJ	
A2669	6.87	stuvwxyzABCDEFGHIJ	
A5006	6.8	tuvwxyzABCDEFGHIJ	
A380	6.7	uvwxyzABCDEFGHIJ	← R. de Rivesalte
A1814	6.41	vxyzABCDEFGHIJ	
A4576	6.36	vxyzABCDEFGHIJ	
A300	6.11	vxyzABCDEFGHIJ	
A4853	5.85	wxyzABCDEFGHIJ	
A2312	5.82	wxyzABCDEFGHIJ	
A539	5.65	xyzABCDEFGHIJ	
A4811	5.55	xyzABCDEFGHIJ	
A5347	5.42	yzABCDEFGHIJ	
A5129	5.15	zABCDEFGHIJ	
A1145	4.88	ABCDEFGHIJ	← S.E orange
A4843	4.67	BCDEFGHIJ	
A2156	4.56	BCDEFGHIJ	
A6039	4.06	CDEFGHIJ	← Petit Musca
A4804	3.91	DEFGHIJ	
A6240	3.76	EFGHIJ	
A3408	3.75	EFGHIJ	
A2137	3.69	EFGHIJ	
A39	3.55	FGHIJ	
A4322	3.38	GHIJ	
A2218	3.29	HIJ	
A634	3.25	HIJ	← Henderson
A2382	3.07	IJ	
A4373	3.04	IJ	
A4800	2.96	J	
A3865	0.68	K	

**Annexe 7** : Cartographie des résidus du modèle à l'échelle de la parcelle Core-Collection. Les cases blanches représentent les arbres non pris en compte dans l'analyse.





	Diplôme et Mention : Master Biologie, Agrosciences Parcours : Amélioration, Production et Valorisation du Végétal Option : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes Responsable d'option : Matthieu CAROF
Auteur(s) : Léo MONCORGER	Organisme d'accueil : INRAE CENTRE PACA
Date de naissance* :	Adresse : Domaine Saint Paul Site Agroparc,
Nb pages : 25      Annexe(s) : 7	228 route de l'Aérodrome,
Année de soutenance : 2022	84914, AVIGNON, France
<b>Titre français</b> : Evaluation de nouvelles méthodes de protection culturales et amélioration des leviers agronomiques actuels via l'identification et la compréhension des facteurs influents sur les monilioses des fleurs et rameaux d'abricotier <b>Titre anglais</b> : Evaluation of new crop protection methods and improvement of current agronomic levers through the identification and understanding of factors influencing apricot blossom and twig blight	
<u>Résumé</u> <b>Contexte</b> : Les monilioses sur fleur et rameau sont le principal verrou à la production d'abricot sous bas-intrants phytosanitaires. Répondre à cette problématique nécessite le développement de nouvelles méthodes de protection et l'amélioration des leviers agronomiques actuels, pour lesquels l'identification et la compréhension des facteurs climatiques et agronomiques agissant sur le développement de <i>Monilinia</i> sont requises. <b>Objectifs</b> : Cette étude visait à (i) tester l'efficacité de deux techniques de lutte alternatives contre les monilioses et (ii) étudier l'influence de plusieurs facteurs sur <i>Monilinia</i> afin de valider un modèle de risque de contamination phéno-climatique et d'améliorer l'évaluation de sensibilité variétale. <b>Résultats</b> : L'éclaircissage à la fleur a permis de réduire de façon importante l'incidence des monilioses sur rameau. Cette réduction était plus modérée et dépendante de la variété pour la technique de chute provoquée des pétales. L'étude a mis en évidence l'influence de la sensibilité variétale, du risque phéno-climatique et de la floribondité sur les monilioses des rameaux. Le modèle phéno-climatique est validé sur une large gamme variétale. La prise en compte de l'interaction entre le risque et la floribondité a permis de caractériser plus précisément les sensibilités variétales. <b>Conclusion</b> : Cette étude met en avant deux pratiques de lutte particulièrement intéressantes contre les monilioses sur fleur et rameau, et propose une meilleure évaluation des sensibilités variétales afin d'identifier des variétés adaptées à des systèmes de production sous bas-intrants ou potentiellement intéressantes dans des programmes d'amélioration variétale.	
<u>Abstract</u> <b>Context</b> : Blossom and twig blight are the main obstacles to the production of apricots with low phytosanitary inputs. Addressing this problem requires the development of new protection methods and the improvement of current agronomic levers, for which the identification and understanding of climatic and agronomic factors acting on the development of <i>Monilinia</i> are required. <b>Objectives</b> : This study aimed at (i) testing the effectiveness of two alternative control techniques against twig blight and (ii) studying the influence of several factors on <i>Monilinia</i> in order to validate a pheno-climatic contamination risk model and to improve the evaluation of varietal sensitivity. <b>Results</b> : Thinning at flowering significantly reduced the incidence of twig blight. This reduction was more moderate and variety-dependent on the induced petal fall technique. The study highlighted the influence of varietal susceptibility, pheno-climatic risk and floridity on twig blight. The pheno-climatic model was validated on a wide range of varieties. Taking into account the interaction between risk and floridity made it possible to characterise varietal sensitivities more precisely. <b>Conclusion</b> : This study highlights two particularly interesting control practices against blossom and twig blight, and proposes a better evaluation of varietal susceptibility in order to identify varieties adapted to low-input production systems or potentially interesting in varietal improvement programmes.	
<b>Mots-clés</b> : abricotier, monilioses, fleurs, rameaux, protection culturale, facteurs épidémiologiques, sensibilité variétale <b>Key Words</b> : apricot, blossom blight, twig blight, crop protection, epidemiological factors, varietal susceptibility	