



HAL
open science

L'évaluation variétale de pêchers conduits en agriculture biologique: étude de la tolérance aux bioagresseurs et création d'indices aidant le choix variétal des producteurs en fonction de leur commercialisation de type courte ou longue

Camille Devineau

► To cite this version:

Camille Devineau. L'évaluation variétale de pêchers conduits en agriculture biologique: étude de la tolérance aux bioagresseurs et création d'indices aidant le choix variétal des producteurs en fonction de leur commercialisation de type courte ou longue. Amélioration des plantes. 2020. dumas-03641632

HAL Id: dumas-03641632

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03641632v1>

Submitted on 14 Apr 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.

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Production Végétale Durable dans le cadre d'un contrat
d'apprentissage

L'évaluation variétale de pêchers conduits en agriculture biologique :

Etude de la tolérance aux bioagresseurs et création d'indices
aidant le choix variétal des producteurs en fonction de leur
commercialisation de type courte ou longue.



Présenté par **Camille DEVINEAU**

Année de soutenance : 2020

Organisme d'accueil :

SudExpé St Gilles

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Production Végétale Durable

L'évaluation variétale de pêchers conduits en agriculture biologique :

Etude de la tolérance aux bioagresseurs et création d'indices aidant le choix variétal des producteurs en fonction de leur commercialisation de type courte ou longue.



Présenté par Camille DEVINEAU

Année de soutenance : 2020

Mémoire préparé sous la direction de :

Jean-Jacques Kelner

Organisme d'accueil :

SudExpé St Gilles

Sous le jury :

Jean-Jacques Kelner, Tuteur

Raphaël Metral, Rapporteur

Aurélie Metay, Président

Maître d'apprentissage :

Valérie Gallia

Résumé

En France, la production de pêches se concentre principalement en Occitanie et plus précisément dans les Pyrénées orientales. Elle rencontre plusieurs difficultés d'un point de vue social, économique, réglementaire, environnemental et phytosanitaire. Ces difficultés sont encore plus présentes en agriculture biologique. La demande de fruits biologiques se faisant croissante, la recherche de solutions se fait grandissante. La sélection variétale adaptée à l'agriculture biologique est l'un des principaux leviers agronomiques pour répondre aux problèmes liés aux sensibilités aux bioagresseurs. Les bioagresseurs les plus problématiques en verger de pêchers sont les maladies de conservation notamment les monilioses (*Monilinia laxa*, *M. fructigena*), la cloque (*Taphrina deformans*) et le puceron farineux (*Hyalopterus pruni*). Ils peuvent être responsables de 80% de pertes de récolte. Dans le cadre du projet régional Fan de Bio à SudExpé St Gilles, onze variétés de pêches et nectarines blanches et jaunes ont été évaluées afin de caractériser leur potentiel agronomique et leur sensibilité aux bioagresseurs. Les résultats montrent des influences variétales pour la cloque et le monilia corrélées en parallèle avec d'autres facteurs tels que les conditions climatiques, le type de la variété, le calibre...etc. Les attaques de pucerons auraient cependant plutôt tendance à attaquer par foyer que par variété. Des coefficients d'importances ont été créés dans un tableau de synthèse variétal afin d'harmoniser les résultats et d'obtenir une note finale de recommandation des variétés en fonction des schémas de commercialisation : long ou court. Ce tableau montre qu'il y a peu de différence entre ceux-ci, qu'il n'y a pas d'idéotype et que le choix est à spécialiser en fonction de chaque besoin des producteurs. Ces sensibilités sont complexes à appréhender car elles dépendent de plusieurs facteurs inter corrélés.

Abstract

In France, peaches production is located especially in Occitanie and more precisely in Oriental Pyrénées. It faces several difficulties from a social, economic, regulatory, environmental and phytosanitary point of view. These difficulties are even more present in organic farming. As the demand for organic fruit is increasing, the search for solutions is growing. Varietal selection adapted to organic farming is one of the main agronomic levers to respond to problems related to sensitivities to pests and diseases. The most problematic peach orchard pests are conservation diseases such as moniliosis (*Monilinia laxa*, *M. fructigena*), blister (*Taphrina deformans*) and the mealy aphid (*Hyalopterus pruni*). They can be responsible for 80% of crop losses. Within the framework of the regional project Fan de Bio at SudExpé St Gilles, eleven varieties of white and yellow peaches and nectarines have been evaluated in order to characterize their agronomic potential and their sensitivity to pests. The results show varietal influences for blistering and monilia correlated in parallel with other factors such as climatic conditions, type of variety, size, etc. Aphid attacks, however, were more likely to attack by location than by variety. Importance coefficients have been created in a variety summary table in order to harmonize the results and to obtain a final grade for recommending varieties according to marketing schemes: long or short. This table shows that there is little difference between them, that there is no ideotype and that the choice should be specialized according to each producer's needs. These sensitivities are complex to grasp because they depend on several interrelated factors.

Remerciements

Après trois saisons passées aux côtés de l'équipe de SudExpé St Gilles, il est presque impossible de synthétiser des remerciements en seulement un page d'écriture. Or à SudExpé, le leitmotiv aura été « Rien n'est impossible ! ». C'est donc avec beaucoup de gratitude que je remercie toute l'équipe qui m'a accompagnée depuis avril 2018.

Un grand merci à Valérie, une maître d'apprentissage juste, honnête et pleine de savoirs. Merci d'avoir été mon pilier, mon point de repère. Merci d'avoir aussi été là dans les coups durs. Merci d'avoir été patiente et d'avoir su m'apprendre le métier à travers l'expérimentation et la gestion d'une équipe. Toujours à ta place, j'ai aussi beaucoup apprécié les moments de détente avec toi.

Je remercie également toute l'équipe de SupAgro de m'avoir permis de réaliser cet apprentissage et ainsi qu'à l'équipe de l'option Production Végétal Durable m'ayant apportée les connaissances dont j'avais besoin. Merci à Jean-Jacques Kelner, mon tuteur, de m'avoir suivi tout au long de ces années ainsi qu'à Aurélie Metay pour son soutien et son aide lors de la rédaction de ce mémoire.

Remerciement également à Maëlle et Alex d'avoir été présents à chaque moment. Merci d'avoir formé une belle équipe phyto et variété. Merci d'avoir été efficaces, directs, droits aux moments opportuns. Je me souviendrai : des tours maturité en panique, des longs moments passés en salle conservation à s'émerveiller devant les pourritures des fruits, des notes « non négociables » de la cloque, du comptage des pucerons infinis, des thrips « méridien non com », de la prophylaxie cloque, des problèmes de calibreuse, des dégustations abricots à s'en faire mal au ventre, des traitements en jaune canard... Merci à vous deux !

Merci à Marie, nouvelle recrue et colocataire d'avoir été patiente et d'avoir su gérer le stress de la pleine saison tout en découvrant le métier. Merci pour ta patience et tes encouragements lors de l'écriture de ce mémoire. Tu as aussi été à ta place et je t'en suis reconnaissante.

Merci à Muriel et ces moments passés à table à m'écouter parler colocation et Aveyron. Merci d'avoir apprécié la crème de marron et les œufs bio. Toujours un plaisir de partager ces moments « déconnexion du travail » avec toi. Un grand merci également à Patrick, un chef d'exploitation toujours en action mais calme, serein et patient. Qu'est-ce qu'on ferait si tu partais ? : « Et si jamais je m'en vais... »

Je remercie également Ophélie, Hélène et Laetitia de m'avoir formée et permise d'avancer dans le projet Fan de Bio. Merci aussi à Noémie et à toute l'équipe de SudExpé !

SudExpé, c'étaient aussi des moments détentes, des barbecues, des fous rires avec les stagiaires, des « regarde-moi bien », du café un peu trop fort, « choper Cheikh », des gâteaux (qu'est-ce qu'on se régale à SudExpé !), un marcassin, et bien d'autres ... !

Enfin je remercie toutes les personnes qui m'ont accompagnées lors de ces trois ans que ce soit sur le plan moral, social ou professionnel : Phillipe Blanc, Yassine, Mireille et toute l'équipe en station, Sirella et tous les autres apprentis et bien d'autres.

Mille merci !

Table des matières

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introduction..... | 1 |
| 2 | Contexte | 2 |
| 2.1 | Production en AB de fruits à noyaux en France dans le Gard | 2 |
| 2.2 | La conduite en AB : Plusieurs difficultés rencontrées | 3 |
| 2.2.1 | Difficultés liées à l'absence de données et des moyens de lutte en constante diminution | 3 |
| 2.2.2 | Evaluation variétale non adaptée à la conduite en AB | 3 |
| 2.2.3 | Difficultés liées aux différents types de commercialisation | 4 |
| 2.3 | L'innovant projet Fan de Bio, aux différents volets d'actions..... | 5 |
| 2.3.1 | Projet régional regroupant de nombreux acteurs..... | 5 |
| 2.3.2 | Projet à l'échelle de SudExpé | 5 |
| 2.3.3 | Projet à l'échelle de l'étude : Identifier les nouvelles variétés de pêches adaptées à la conduite AB5 | |
| 2.4 | Le projet « bioagresseurs » : un projet complémentaire avec une nouvelle façon d'évaluer les variétés..... | 6 |
| 3 | Etat de l'art..... | 8 |
| 3.1 | Principaux bioagresseurs des pêcheurs..... | 8 |
| 3.1.1 | Les monilioses, le principal fléau..... | 8 |
| 3.1.2 | La cloque, une maladie en recrudescence | 10 |
| 3.2 | Autres bioagresseurs causant des dégâts en conduite AB..... | 11 |
| 3.3 | Caractéristiques physiologiques, autres causes de perte de récolte | 11 |
| 3.4 | Problématique | 12 |
| 4 | Matériels et méthodes | 13 |
| 4.1 | Contexte pédoclimatique de SudExpé | 13 |
| 4.1.1 | Contexte de la station | 13 |
| 4.1.2 | Caractéristiques des costières de Nîmes..... | 13 |
| 4.1.3 | Conditions météorologiques et de productions liées à l'année..... | 14 |
| 4.2 | Traitements réalisés | 14 |
| 4.3 | Evaluation variétale 2019/2020 | 15 |
| 4.3.1 | Description de la parcelle et présentation du matériel végétal..... | 15 |
| 4.3.2 | Protocole de l'évaluation variétale | 17 |
| 4.3.3 | Sensibilité aux maladies de conservation..... | 18 |
| 4.3.4 | Synthèse de l'évaluation variétale | 20 |
| 4.3.5 | Analyse statistique des données | 23 |
| 5 | Résultats | 24 |
| 5.1 | Etude comportementale | 24 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.1.1 | Potentiel agronomique..... | 24 |
| 5.1.2 | Sensibilité à la cloque | 28 |
| 5.1.3 | Sensibilité aux maladies de conservation..... | 31 |
| 5.1.4 | Sensibilité aux pucerons farineux..... | 33 |
| 5.2 | Coefficients d'importances « à dire d'expert » pour chaque indicateur considéré..... | 34 |
| 5.3 | Tableau de synthèse..... | 35 |
| 6 | Discussions et pistes d'amélioration du projet | 38 |
| 6.1 | Discussions des résultats | 38 |
| 6.1.1 | Interactions non prises en compte par les coefficients..... | 38 |
| 6.2 | Discussions des méthodes..... | 38 |
| 6.2.1 | Identification des défauts en station..... | 38 |
| 6.2.2 | Dispositif expérimental à revoir | 39 |
| 6.2.3 | Analyse des données des maladies de conservation | 40 |
| 6.2.4 | Estimation visuelle de la cloque | 40 |
| 6.3 | Discussions des perspectives..... | 40 |
| 6.3.1 | Notation cloque | 40 |
| 6.4 | L'évaluation variétale, adaptée à l'agriculture biologique ? | 41 |
| 7 | Conclusion | 42 |
| 8 | Références bibliographiques | 43 |
| 9 | Annexes | 46 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Tableau représentant les maladies et ravageurs du pêcher, leur nuisibilité, les dégâts qu'ils causent et leur intégration dans l'évaluation variétale (Source : personnelle et J.Ruech, CTIFL 2017)..... | 11 |
| Tableau 2 : Liste des traitements réalisés sur la parcelle de pêchers de 0.28 hectares en AB à SudExpé. Chaque intervention est datée, ciblée, quantifiée et l'IFT est calculé. En vert est indiqué les « IFT verts : les biocontrôles, en rouge : « les IFT chimique ». IFT : Indice de Fréquence de Traitement..... | 14 |
| Tableau 3 : Tableau descriptif présentant les variétés étudiées à SudExpé, leur type (pêche blanche, pêche jaune, nectarine blanche, nectarine jaune) et leur date de plantation ou de greffage. | 16 |
| Tableau 4 : Description détaillée de la parcelle conduite en AB à SudExpé St Gilles..... | 16 |
| Tableau 5 : Observations, indicateurs, types de notation réalisés et stratégie d'échantillonnage pour chaque critère observé pour l'évaluation variétale. Var : variété..... | 20 |
| Tableau 6 : Notes attribuées en fonction de l'observation en verger du nombre de foyers attaqués par les pucerons et du nombre de pousses attaquées par la tordeuse orientale du pêcher..... | 22 |
| Tableau 7 : Tableau d'échelle permettant de transformer les notes des bioagresseurs de 0 à 5 en note de 0 à 9. | 23 |
| Tableau 8 : Pourcentages de déchets observés en station après calibrage par variété. Ces pourcentages sont exprimés sur le total du poids récolté. Les variétés sont triées par type de variété : NB : Nectarines Blanches, NJ : Nectarines Jaunes, PB : Pêches blanches, PJ : Pêches jaunes car ces facteurs influencent les sensibilités de chaque variété de l'année 2019 et 2020. Les lettres a, b, c retranscrivent la différence significative de chaque déchets pour la variété et le type..... | 26 |
| Tableau 9 Fréquence d'arbres atteints par la cloque et l'intensité de contamination. Cette dernière est estimée visuellement selon une échelle de 0 à 9 (0 : pas d'attaque et 9 : très attaquées). Freq : Fréquence. Les lettres a,b,c,d,e,f sont le résultats du test de Tukey qui présentent les groupes homogènes selon leur intensité. Test non paramétrique Kruskal Wallis -p_value=8.44 ^E -11)..... | 30 |
| Tableau 10 : Sensibilités des variétés AB à SudExpé 2020 aux maladies de conservation (monilia principalement) en fonction du type de la variété (PJ : Pêches Jaunes, PB : pêches Blanches, NJ : Nectarines Jaunes, NB : Nectarines Blanches),, de l'indice de pourriture du 1 ^{er} fruit pourri (I1FP), de l'indice de pourriture de 50% des fruits pourris (I50%FP) et de la vitesse de pourriture (I1FP-I50%FP). Ces moyennes sont comparées après vérification de la normalité de l'échantillon (test Shapiro Wilk p-value = 0.5865). L'Anova nous justifie que la variété est un facteur influençant l'indice de pourriture (p-value = 0.0003). Puissance = 95%. Les lettres a,b,c,d,e,f représentent les groupes homogènes selon Tukey des indice des pourriture. Les couleurs représentent la sensibilité selon la grille du Ctifl. | 31 |
| Tableau 11 : répartition des attaques de pucerons farineux (notes de 0 à 9) selon les arbres et la zone d'attaque (1, 2 et 3). A gauche les notes sont présentées en fonction du total des notes tandis qu'à droite elles sont en fonction du total des arbres. Les couleurs indiquent la sensibilité au puceron (vert = 0 non sensible, et 9=rouge, très sensible)..... | 34 |
| Tableau 12 : tableau de synthèse présentant les variétés selon leur type et leur année de plantation en fonction des critères de choix variétal (potentiel agronomique et sensibilité aux bioagresseurs). L'intérêt de la variété en schéma de commercialisation long et court est calculé en fonction de toutes les notes corrigées par un coefficient différent selon le mode de | |

| | |
|---|----|
| vente. PB : Pêches Blanches, PJ : Pêches Jaunes, NB : Nectarines Blanches, NJ : Nectarines Jaunes..... | 36 |
| Tableau 13 : Niveau de correction appliqué aux notes de sensibilité aux bioagresseurs des variétés selon si elle sont exposées aux périodes de risque. | 41 |

Table des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Carte et graphique représentant la réparation des exploitations et surfaces fruitières biologiques par département en Occitanie, source : Agence Bio / OC 2018..... | 2 |
| Figure 2 : Organigramme organisationnel présentant les actions et sous-actions du projet Fan de Bio et les acteurs impliqués pour chaque action. | 7 |
| Figure 3 : Photo représentant les dégâts causés par <i>Monilia laxa</i> . Pour <i>M. laxa</i> , les tâches sont placées de manière aléatoire et de couleur plutôt grise. La photo de gauche représente un fruit momifié après avoir été contaminé par le monilia sur l'arbre. Source : personnelle ... | 8 |
| Figure 4 : Schéma simplifié du cycle biologique des monilioses (<i>M. laxa</i> , <i>M. fructicola</i> , <i>M. fructigena</i>). Source : V. Mercier, INRA Gotheron..... | 9 |
| Figure 5 : Photos représentant les possibilités de confusion entre les différents boisage. De gauche à droite : 1 : Eclatement, 2 : gastéropodes, 3 : <i>thrips méridionalis</i> , 4 : frottements. Source personnelle..... | 12 |
| Figure 6 : Carte du département le Gard indiquant les villes principales et en gris foncé les costières de Nîmes où se situe SudExpé St Gilles (à gauche) source : inao.gouv.fr..... | 13 |
| Figure 7 : Conditions météorologiques 2020 : Humectation en heures, Pluie en mm, Température en °C, HR : Humidité relative en %. Les périodes de récolte et de floraison des variétés sont représentés par les cadres roses..... | 14 |
| Figure 8 : Plan de la parcelle de pêches AB de l'ilot 22 à SudExpé. Chaque ligne est un rang accompagné du nom de la variété dessous chacune d'elle. La légende indique si l'arbre est mort (en noir), la date du surgreffage (2016 en blanc avec un losange noir et vert en 2018), si l'arbre est faible (en jaune), et si la greffe n'a pas démarré (en rouge). Rg : Rang..... | 16 |
| Figure 9 : Indices de sensibilité variétale aux maladies de conservation élaborée par Ruesch au Ctifl en 2013..... | 20 |
| Figure 10 : Graphique représentant la moyenne des rendements bruts et commercialisables de la saison 2019 et 2020 pour les variétés plantées en 2009 et les rendements bruts et commercialisables en T/ha de 2020 pour les variétés sur-greffées en 2017. Les poids moyens d'un fruit en g sont aussi représentés : la moyenne des deux années pour les anciennes plantation (2009) et seulement l'année 2020 pour les jeunes arbres (2017). Rdt brut = Rendement brut, Rdt comm. = Rendement commercialisable, T/ha = tonnes/hectares, PM=Poids Moyen, g=gramme. Les lettres a, b, ab correspondent aux résultats statistiques : test de Tukey et anova - value = 0.0033..... | 24 |
| Figure 11 Pression des bioagresseurs et de la sensibilité des variétés des années 2019 et 2020..... | 25 |
| Figure 12 : Graphique représentant la régression linéaire entre le taux de boisage (en %) et la vitesse du vent (en m/s). vitvent : vitesse du vent. $R^2=0.58$ | 27 |
| Figure 13 : Radars représentant de gauche à droite et de haut en bas : la qualité des variétés de pêches blanches, de pêches jaunes, de nectarines blanches et de nectarines jaunes. | 28 |
| Figure 16 : Position des précipitations et des périodes de maturité des variétés de pêches AB à SudExpé en 2020 selon leur type et leur calibre. Les couleurs indiquent les sensibilités aux maladies de conservation selon la grille d'évaluation du Ctifl indiquant les moyennes des indices de pourriture. Ces indices sont statistiquement vérifiés grâce au test de Shapiro Wilk pour la normalité (p-value = 0.5965) et au test de Tukey pour les groupes homogènes représentés par les lettres a, b, c, d, e, f, g Les précipitations sont également indiquées en mm. NJ : Nectarines Jaunes, PB : Pêches Blanches, NB : Nectarines Blanches, PJ : Pêches Jaunes. Les calibres sont représentés par les lettres B, A, AA, AAA (B étant le plus petit calibre). | 32 |

Figure 17 : Graphique représentant la dynamique de l'évolution des fruits pourris ne salle conservation. Les courbes sont exprimés en μ de fruits pourris en fonction du nombre de jour après récolte. Sur les graphiques sont indiqués les indices importants à prendre en compte pour l'évaluation de la sensibilité aux maladies de conservation. 47

Table des annexes

Annexe 1 : Plan général de la station SudExpé St Gilles 2020

Annexe 2 : Stade phénologiques BBCH

Annexe 3 : Fiche de notation des maladies de conservation

Annexe 4 : Arguments et réponses abordés pendant le débat

Annexe 5 : Dynamique de l'évolution des maladies de conservation

Annexe 6 : Analyses statistiques des rendements et poids moyens

Annexe 7 : Analyses statistiques des déchets

Annexe 8 : Analyses statistiques des résultats de la cloque

Annexe 9 : Analyses statistiques des maladies de conservation

Annexe 10 : Protocole essai « Bioagresseurs »

Glossaire

AB : Agriculture biologique

PFI : Production Fruitière Intégrée

Biocontrôle : L'article L.253-6 du CRPM définit le biocontrôle comme le recours à « des agents et produits utilisant des mécanismes naturels dans le cadre de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures, qui comprennent en particulier d'une part les macro-organismes et d'autre part les produits phytopharmaceutiques comprenant des micro-organismes, des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones et des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PPP : Produit Phytopharmaceutique

FP : Fruits Pourris compris dans le calcul de l'indice de pourriture

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

ha : Hectares

g : grammes

kg : kilogrammes

L : litre

T : Tonnes

mm : millimètre

CEB : Commission des Essais Biologiques

1 Introduction

En France le développement de l'agriculture biologique (AB) que ce soit en nombre de surface agricole ou en nombre d'exploitation ne cesse d'augmenter. Les dynamiques territoriales sont variées selon les régions : l'Occitanie est la région leader en AB. Au sein de cette région, la production de fruits d'été AB se concentre principalement dans l'ancienne région Languedoc Roussillon et dans les Pyrénées Orientales. Le verger AB de fruits à noyaux (pêches et abricots) connaît une forte dynamique mais semble être limité par plusieurs contraintes : réglementation, demande du consommateur d'absence de résidu, économique et phytosanitaire. En effet, les techniques de production de pêches AB n'arrivent toujours pas à faire face aux différents bioagresseurs rencontrés entraînant de fortes pertes de récolte : les monilioses (*Monilinia laxa*, *M. fructigena*), la cloque (*Taphrina deformans*) et le puceron farineux (*Hyalopterus pruni*) sont les principaux bioagresseurs du pêcher freinant fortement les nouvelles plantations de pêcher en France. Les monilioses étant le principal fléau empêchent également les producteurs de vendre leurs fruits correctement notamment en schéma de commercialisation long car les fruits peuvent pourrir en moins de deux jours.

Un projet régional Occitanie regroupant plusieurs acteurs de la filière a été mis en place en 2017 afin de creuser les pistes techniques de production AB en fruits à noyaux. La station expérimentale de SudExpé St Gilles où s'est déroulée cette étude fait partie de ce réseau. Le projet nommé Fan de Bio a plusieurs axes d'amélioration : recherche de produits alternatifs tels que les biocontrôles, recherche approfondie de l'épidémiologie et des cycles biologiques des monilioses, enfin l'évaluation variétale adaptée à l'AB. Cette dernière piste, similaire à l'évaluation variétale classique, ne se base pas simplement sur le potentiel agronomique de la variété mais se focalise également sur la sensibilité aux bioagresseurs. Cette évaluation constitue l'intégralité de cette étude afin de répondre à la problématique suivante :

Accompagner la filière de production des pêches dans un contexte d'agriculture biologique : 1. Quelles variétés de la collection variétale de pêchers à SudExpé ont les meilleurs potentiels agronomiques et quelles sont les plus sensibles aux bioagresseurs ? 2. Comment créer des synthèses variétales adaptées à la conduite en AB à chaque schéma de commercialisation (court et long) ?

Pour cela, une présentation du contexte de production de fruits à noyaux AB en général, du projet Fan de Bio et du contexte de production à SudExpé St Gilles sera présentée. Nous nous focaliserons ensuite sur le cycle biologique des monilioses et de la cloque et les conditions de contamination. Le matériel et méthode sera également présenté puis les résultats. Ces derniers seront exposés au travers du potentiel agronomique des onze variétés présentes à SudExpé St Gilles, de leur qualité gustative et de leur sensibilité aux bioagresseurs. Un tableau de synthèse permettra de condenser et harmoniser les résultats grâce à des indices d'importances de chaque critère et ainsi indiquer le potentiel de chaque variété au travers d'une note moyenne auxquelles le producteur pourra se référer.

2 Contexte

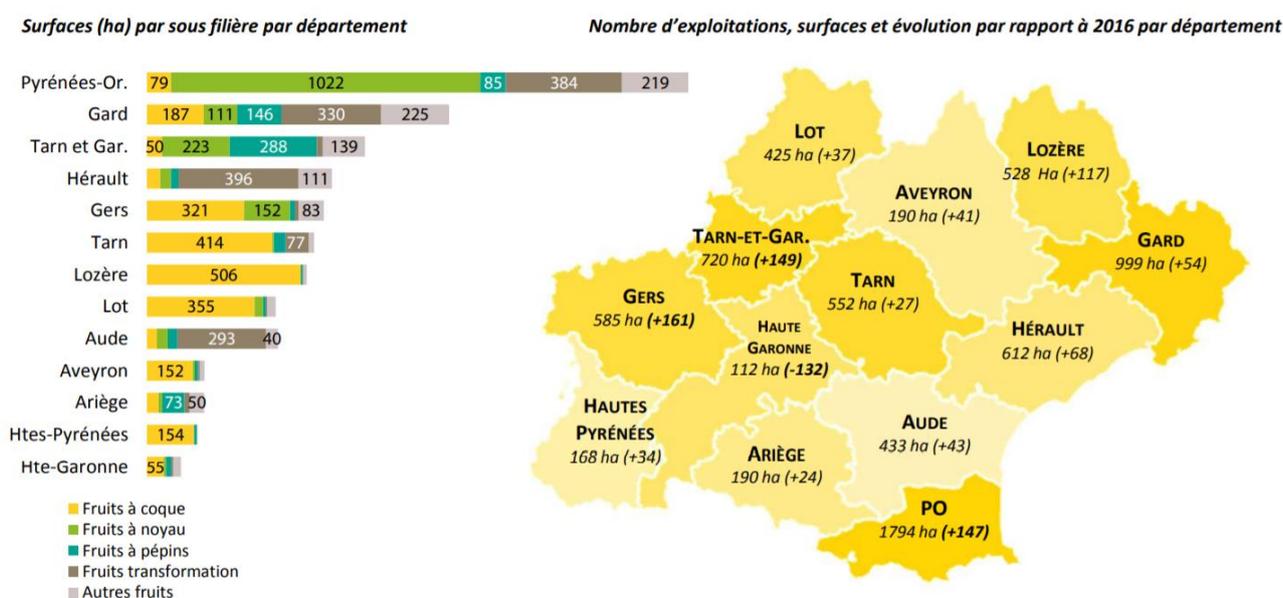
2.1 Production en AB de fruits à noyaux en France dans le Gard

En France, la filière fruitière biologique est actuellement en plein développement et fait partie des secteurs les plus dynamiques de l'agriculture biologique (Millan, 2017). Pourtant, parmi l'ensemble des fruits, la conversion à l'AB des fruits à noyau fait face à des difficultés vis-à-vis de la protection phytosanitaire et ne jouit pas de la même dynamique positive que certains autres fruits tels que les pommes ou les poires.

En France, le verger de fruits à noyau en AB est de 4 759 ha pour 2 524 producteurs (Agence Bio, 2015). La pêche et l'abricot sont les deux espèces emblématiques des fruits d'été, elles représentent un poids économique important dans le bassin méditerranéen notamment en Occitanie, première région de production ; cependant en AB, leurs surfaces ne pèsent que 7,9 % des surfaces totales en 2015 (soit 682 ha de pêches et 1 026 ha d'abricots AB) (Agence Bio, 2015).

Des disparités territoriales sont observées au sein de la production de pêches et abricots en AB. En effet, la production de pêches AB française se concentre en région Occitanie notamment dans les Pyrénées-Orientales avec 1022 ha, département où les conditions climatiques sont les plus favorables à leur production (Fig.1). En effet, les différences climatiques en France peuvent, par exemple, par de fortes différences d'humidité, favoriser certains bioagresseurs comme les maladies de conservation telles que le *Rhizopus sp.*, le *Botrytus sp.*, le *Penicilium sp.* et l'*Alternaria sp.*, plus particulièrement les monilioses. Les moyens de lutte peu efficaces en AB contre ces champignons rendent en effet la production de pêche difficile dans les autres départements d'Occitanie et régions françaises. Les pertes liées à cette maladie peuvent atteindre jusqu'à 70 % de la récolte sur pêche AB et 40 % en conventionnel (Renaud 1967, Lichou et al., 2002).

Figure 1 : Carte et graphique représentant la répartition des exploitations et surfaces fruitières biologiques par département en



Occitanie, source : Agence Bio / OC 2018

2.2 La conduite en AB : Plusieurs difficultés rencontrées

2.2.1 Difficultés liées à l'absence de données et des moyens de lutte en constante diminution

L'usage des produits phytopharmaceutiques (PPP) est aujourd'hui controversé. Premièrement par le consommateur qui souhaite consommer des produits sans résidu de pesticide : en 2018, 49% des Français ont déclaré être très inquiets vis à vis des résidus de pesticide sur les fruits et légumes frais (Lecocq, 2019).

De plus, l'OMS réalise de plus en plus de recherches sur la toxicité de l'utilisation de ces substances. La manière d'évaluer la dangerosité des produits a changé : les produits ne sont plus évalués vis-à-vis de leur dangerosité mais par leur risque (Risque = Danger * Exposition). Cette évaluation engendre des retraits et interdictions d'utilisation de plus en plus importants de substances actives de PPP. Le plan Ecophyto participe également à la réduction de ces produits. Cela engendre des controverses importantes au sein même des agriculteurs : sur le plan éthique, plusieurs agriculteurs prennent conscience de certaines utilisations nocives de PPP sur leur exploitation et se convertissent à l'AB : La surface agricole en AB a doublé en 5 ans (de 2015 à 2020), (Agence Bio/OC, Agreste, 2020) . Par ailleurs, plusieurs agriculteurs se plaignent de ne pas avoir de solutions alternatives à cette diminution : par exemple, Philippe Pinta, président d'ORAMA (union fédérant les associations spécialisées des producteurs de blé, de maïs et d'oléagineux et protéagineux de la Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles [FNSEA]), écrit en 2015 (Pinta, 2015) : « [...] 50 % de baisse des phytos d'ici 2025 s'il n'y a pas de solution de remplacement, c'est de l'incantation, de la démagogie. »

Cette réduction de PPP entraîne des pertes de production générées par les maladies qui ne posaient pas de soucis avant l'interdiction de la molécule efficace contre celle-ci (par exemple l'interdiction de l'Ordoval contre la cloque du pêcher). Le cuivre, le soufre et l'argile constituent aujourd'hui les seules matières actives à effet fongicide fort homologuées en AB (Andrivon *et al.*, 2018). Or l'utilisation du cuivre est aussi très controversée pour son effet nocif sur l'environnement. En effet, d'après Andrivon *et al.*, 2018, des concentrations excédentaires en cuivre ont des effets négatifs reconnus sur la croissance et le développement des systèmes aériens et racinaires de la plupart des plantes. Son interdiction ou sa réduction est donc bien plus problématique qu'en agriculture conventionnelle, système qui dispose le plus souvent de solutions alternatives sous forme de produits de synthèse, au moins contre les maladies majeures.

La réduction de l'utilisation des PPP nécessite d'engager des actions allant bien au-delà de l'optimisation « classique » des pratiques agricoles pour favoriser l'efficacité des intrants utilisés (Jacquet *et al.*, 2011), c'est-à-dire de reconcevoir les systèmes pour créer des conditions défavorables au développement des bioagresseurs des cultures (Hill et McRae, 1995). Les limites du modèle de production AB ainsi rencontrées conduisent à s'interroger sur d'autres alternatives : la connaissance de la biologie des bioagresseurs ainsi que la recherche de variétés tolérantes sont devenues indispensables pour les chercheurs et agronomes. Or nous sommes au début de cette recherche et le manque de données est fulgurant.

2.2.2 Evaluation variétale non adaptée à la conduite en AB

En arboriculture, le choix variétal est un choix technique et stratégique défini pour plus d'une dizaine d'années : c'est, de fait, un élément déterminant dans la constitution et la résilience du verger. Les variétés retenues doivent posséder un ensemble de caractères (le phénotype) répondant aux exigences des acteurs de la filière, du producteur (productivité,

calibre, facilité de production, ...) jusqu'au consommateur (qualité gustative, présentation du fruit...).

La sélection variétale offre une grande diversité de variétés de fruits à noyau qui répondent aux besoins techniques et commerciaux actuels de l'agriculture conventionnelle. Depuis une quinzaine d'années, les programmes de création, s'inscrivent dans un dispositif d'évaluation intitulé « Charte nationale de caractérisation et de comportement des variétés fruitières » (Hilaire & Giaucque, 2003 ; Loquet & Jay, 2012). Après l'inscription des variétés au catalogue officiel, l'objectif des stations d'expérimentation est de fournir des références techniques sur le matériel végétal sélectionné afin d'étoffer les données techniques sur les performances des vergers et sécuriser les choix des producteurs. La majorité des programmes de création variétale de fruits à noyau, notamment en pêche durant de nombreuses années, s'est intéressée prioritairement aux critères tels que la productivité, le calibre et la présentation du fruit ; laissant au second plan d'autres critères telle que la tolérance aux bioagresseurs. Or ces variétés, à rendement élevé dans des systèmes conventionnels, sont souvent mal adaptées à un système sans intrants chimiques (Warlop *et al.*, 2014). En effet, plantées dans un verger AB où les moyens de lutte sont réduits et moins efficaces, ces variétés peuvent se révéler très sensibles à certains bioagresseurs et, lorsqu'elles sont alimentées par une fertilisation organique, moins productives. Le choix du matériel végétal apparaît donc comme un élément majeur dans la réussite d'une parcelle de fruit à noyau AB et notamment dans la lutte contre le *Monilia* et d'autres bioagresseurs problématiques en AB (cloque *Taphrina deformans*, pucerons farineux...).

En 2009, le premier verger d'évaluation de nouvelles variétés de pêches AB a été planté sur la station SudExpé Saint Gilles, avec onze variétés. Les premiers résultats montrent des comportements agronomiques contrastés notamment sur la sensibilité au monilia sur fruits de certaines variétés (Gallia *et al.*, 2013). Ce résultat nécessite donc d'être conforté dans d'autres environnements pédoclimatiques. De plus, face à ce faible nombre de références dédiées aux conduites AB et, compte tenu de la demande professionnelle (Millan *et al.*, 2014), deux nouveaux sites ont été plantés en 2014 et 2015 à la Sefra dans la Drôme et au Ctifl, Centre de Balandran dans le Gard en pêche et abricot.

2.2.3 Difficultés liées aux différents types de commercialisation

L'évaluation variétale en AB doit se confronter également aux problèmes liés à la commercialisation des fruits. Chaque variété présente des caractéristiques agronomiques, de qualité gustative et de tolérance aux bioagresseurs différentes les unes des autres. L'idéotype de variété de pêches en AB ou en conventionnel n'a aujourd'hui pas encore été trouvé. Le choix variétal des producteurs se réalise donc grâce à des compromis. Chaque producteur du fait de ses besoins personnels, a ses propres critères de choix de variétés. Ils sont d'autant plus différents entre eux si le producteur souhaite commercialiser ses fruits via le circuit court ou via le circuit long. Par exemple, un producteur vendant ses pêches en circuit court sera plus exigeant sur la qualité gustative de ses variétés alors qu'un producteur suivant un schéma de commercialisation long sera plus exigeant sur la capacité d'une variété à supporter la cueillette en sous-maturité (Gallia, 2020). Ces facteurs de choix ne sont plus négligeables lorsque l'on étudie de nouvelles variétés et que l'on souhaite aider les producteurs dans leur choix. Aujourd'hui, peu de calendriers de variété de fruits à noyaux en AB ont été créés en prenant en compte ce facteur subjectif de choix variétal.

2.3 L'innovant projet Fan de Bio, aux différents volets d'actions

2.3.1 Projet régional regroupant de nombreux acteurs

Le projet FAN de Bio vise à développer et pérenniser la production de fruits à noyau en AB dans la région Occitanie, en apportant des références techniques et scientifiques et des pratiques culturelles utilisables par les producteurs. Les solutions apportées, variétés adaptées et meilleure gestion du monilia, s'inscrivent dans la durabilité du point de vue environnemental et économique, et pourront servir à la production de fruits à noyau AB mais aussi en conventionnel en contribuant à la réduction d'utilisation de fongicides de synthèse et en réduisant les résidus de produits phytosanitaires dans les fruits. Ce projet régional implique de nombreux acteurs : la région Occitanie qui est le premier financeur, les centres de recherches tels que l'INRA de Gotheron et le centre technique Ctifl ainsi que plusieurs sites expérimentaux (Sica Centrex, SudExpé St Gilles). Deux agriculteurs sont également impliqués pour certains suivis sur abricotiers. Les partenaires du projet sont : le Ctifl, SudExpé St Gilles, la CA66, le Civambio 66, l'INRA Gotheron et la Centrex.

Ce projet est une opportunité pour la région de développer son offre en fruits à noyau biologiques. De plus, il peut répondre à la demande croissante de l'aval de la filière AB très présente en région ainsi que des consommateurs. L'abricot et la pêche sont les espèces modèles travaillées dans ce projet. Il répond à trois objectifs que l'on peut voir dans l'organigramme suivant (figure 2) : **1. évaluer, décrire et identifier** des variétés de fruits à noyau adaptées à la conduite en AB et correspondant aux attentes commerciales de la filière, **2. explorer des nouveaux aspects de l'épidémiologie des monilioses par le biais de la modélisation et proposer des itinéraires techniques innovants** (produits alternatifs, protection physique, modification du climat de la parcelle) **3. favoriser le transfert de ces nouvelles connaissances et outils techniques aux acteurs de la filière** (de la production jusqu'à la commercialisation) notamment grâce à l'implication des techniciens de développement et à des actions de communication auprès de la filière fruits AB.

2.3.2 Projet à l'échelle de SudExpé

A SudExpé, les objectifs du projet Fan de Bio comportent différentes actions et sous actions (Figure 2) :

- Comprise dans l'action 1 : identifier les variétés en AB :
 - o Enquêtes auprès des producteurs (sous-action 1.1)
 - o **Réseau national d'évaluation variétale AB (sous-action 1.2)**
- Comprise dans l'action 2 : Etude des monilioses :
 - o Réseaux de parcelles AB : évaluation des conditions favorisantes au monilia sur fleurs (sous-actions 2.2)
 - o Etude de techniques innovantes et produits alternatifs (sous-actions 2.3)

Dans cette étude, la sous-action 1.2 du réseau d'évaluation variétale AB de SudExpé St Gilles sera présentée.

2.3.3 Projet à l'échelle de l'étude : Identifier les nouvelles variétés de pêches adaptées à la conduite AB

L'objectif de cette sous-action est d'identifier de nouvelles variétés via l'étude comportementale, la tolérance aux bioagresseurs et les performances agronomiques de celles-ci. L'évaluation en station expérimentale à SudExpé St Gilles permet d'évaluer ces critères. Pour cela, un travail d'évaluation variétale en verger de pêches AB est réalisé et

permet d'avoir des données précises sur le comportement des variétés (rusticité, qualité gustative...) sur quatre ans. Cette action, au-delà des informations variétales qu'elle produit permet de construire, structurer et coordonner pour la première fois en France, un réseau AB en région Occitanie complémentaire au réseau national d'évaluation variétale. Ce levier d'action est le premier permettant la lutte contre certaines maladies telles que les monilioses.

2.4 Le projet « bioagresseurs » : un projet complémentaire avec une nouvelle façon d'évaluer les variétés

La tolérance des variétés aux bioagresseurs est un levier d'actions de plus en plus étudié à cause du contexte de diminution des intrants, de réglementation ...etc. (Cf. partie 2.2.1 Les difficultés liées à l'absence de données et des moyens de lutte en constante diminution). Or, le dispositif actuel de caractérisation du comportement des variétés fruitières n'est pas adapté pour mesurer le degré de sensibilité aux bioagresseurs des variétés qui le composent. En effet, pour pouvoir mesurer le potentiel de ces variétés, la protection phytosanitaire se caractérise par une absence de prise de risques. D'autre part, l'absence de répétitions du dispositif empêcherait de conclure quant à une sensibilité particulière ou à un effet de proximité avec un foyer par exemple.

Un projet nommé « Bioagresseurs » a été mis en place au sein des stations expérimentales des différents bassins de productions de pêches en 2012. Son objectif est d'évaluer les sensibilités relatives de variétés de pêches et nectarines d'avenir commercial pour différents bioagresseurs. Les essais mis en place sur le site de SudExpé St Gilles ont pour but d'évaluer la sensibilité des variétés de pêches et nectarines à la cloque du pêcher (*Taphrinia deformans*), au thrips du pêcher (*Thrips meridionalis*), à la tordeuse orientale du pêcher (*Cydia molesta*) et au thrips californien (*Frankliniella occidentalis*).

Les premiers résultats montrent une réelle tolérance pour certaines variétés à la cloque tandis que les autres bioagresseurs concernés ont des différences moins prononcées. Par exemple, la variété Bénédicte est une référence concernant la tolérance à la cloque.

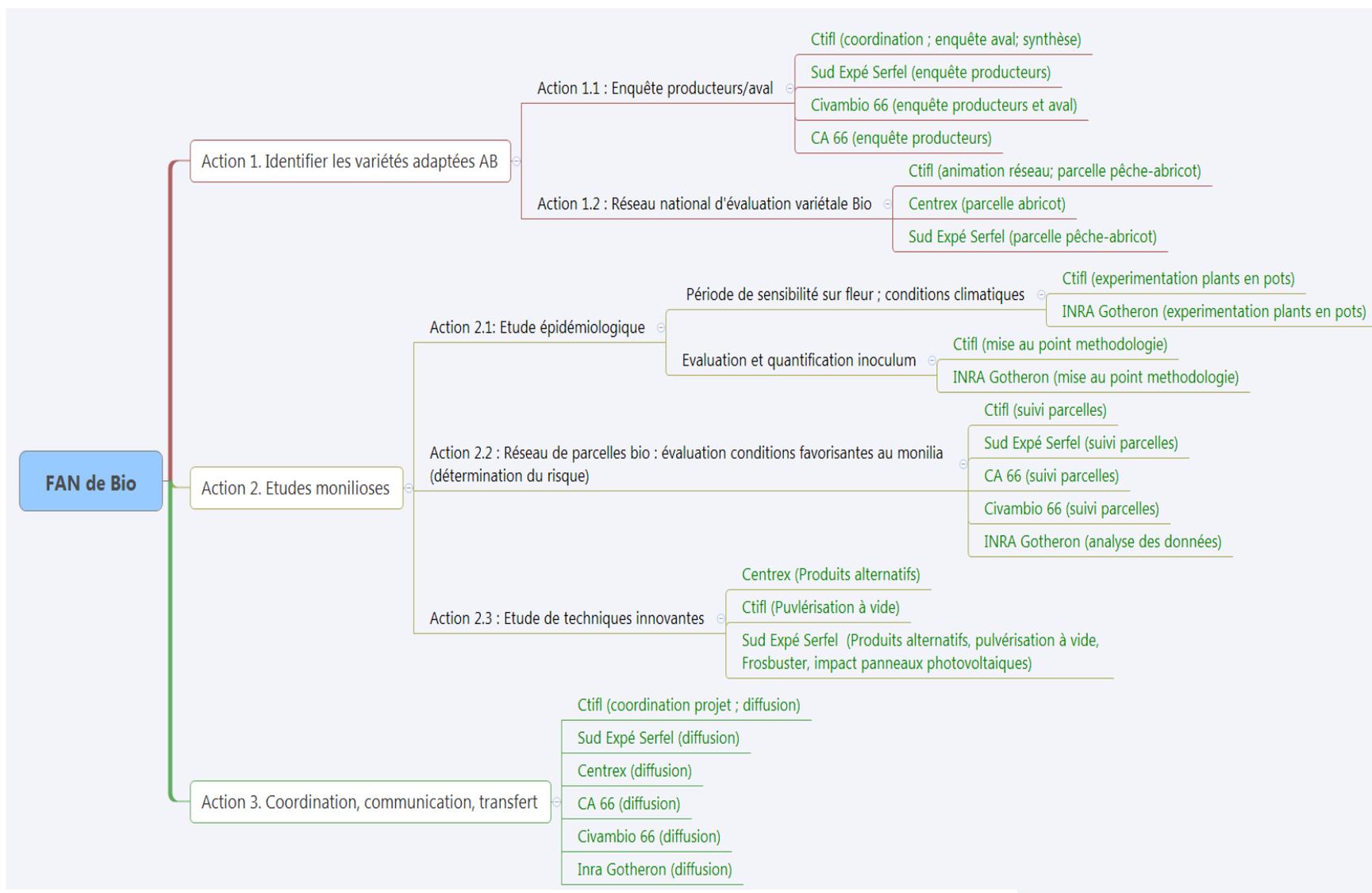


Figure 2 : Organigramme organisationnel présentant les actions et sous-actions du projet Fan de Bio et les acteurs impliqués pour chaque action.

3 Etat de l'art

3.1 Principaux bioagresseurs des pêchers

Nous avons indiqué précédemment que la pression des bioagresseurs était supérieure en AB qu'en conventionnelle liée à plusieurs facteurs et difficultés rencontrées (moyens de lutte moins diversifié, réglementation... etc.). Cependant certains bioagresseurs sont plus problématiques que d'autres. En effet, les monilioses et la cloque sont les principales causes de pertes en verger AB : il n'est pas rare d'avoir 30% de pertes liées aux monilioses (BASF, 2015). Pour l'évaluation variétale, tous les bioagresseurs sont pris en compte. Or, il m'a semblé pertinent de présenter en détail seulement les deux cités précédemment. Les bioagresseurs, plus secondaires, seront synthétisés dans le tableau final.

3.1.1 Les monilioses, le principal fléau

3.1.1.1 Cycle biologique et conditions de contamination

Les monilioses sont des champignons que l'on peut retrouver dans les productions de fruits à pépins mais aussi de fruits à noyaux. Leurs dégâts peuvent causer de grosses pertes de rendements lorsque les conditions à leur développement sont favorables au verger et pendant la conservation. Elles sont responsables de 95 % des pourritures observées en verger et au minimum de 80 % en chambre froide. En France, trois espèces de monilioses sont actuellement reconnues : *Monilinia laxa*, *M. fructigena* et *M. fructicola* qui ont été détectées en France en 2001 (Lichou *et al.*, 2002) et se sont rapidement étendues à l'ensemble des régions productrices de pêches. *Monilia fructigena* est un parasite des fruits, il est peu présent sur fruits à noyau en France (Mandrin & Weydert, 2013). En revanche les deux autres espèces peuvent s'attaquer à la fois aux fruits et aux fleurs, *Monilia laxa* est la plus fréquente, elle est généralement responsable des attaques sur fleurs et rameaux (Parveaud *et al.*, 2011).

Ces monilioses provoquent une coloration brune de l'épiderme des fruits autour du point d'infection jusqu'à pourrissement de la chair. Si le fruit est assez mûr, le mycélium pourra atteindre le noyau et les pépins. Des « chancres à monilia » peuvent aussi apparaître sur les rameaux portant des brindilles ou des petits rameaux détruits par le champignon. Sur tous ces organes se forment, par la suite, des coussinets conidifères duveteux. (Figure 3) Au verger, le cycle des monilioses se déroule en plusieurs phases (Agris, 2005). Le champignon hiverne dans les fruits atteints l'année précédente restant accrochés à l'arbre sous forme de « momies », mais aussi sur des pédoncules et des petits chancres (Figure 3). Il y a donc différentes formes de conservation sur l'arbre. Le champignon se remet en activité l'année suivante lorsque les conditions climatiques sont favorables. Des conidies se forment alors et vont assurer la dispersion du pathogène dans le verger grâce au vent, à la pluie ou aux insectes, il s'agit de la contamination primaire. Le mycélium du champignon va se développer et avancer rapidement dans les pétioles, les fruits et les rameaux floraux, entraînant le dessèchement des fleurs, la formation de chancres et la pourriture sur les fruits.



Figure 3 : Photo représentant les dégâts causés par *Monilia laxa*. Pour *M. laxa*, les tâches sont placées de manière aléatoire et de couleur plutôt grise. La photo de gauche représente un fruit momifié après avoir été contaminé par le monilia sur l'arbre. Source : *personnelle*

De nouvelles conidies vont se développer sur les organes atteints et à leur tour se disséminer, il s'agit de la contamination secondaire. (Figure 4).

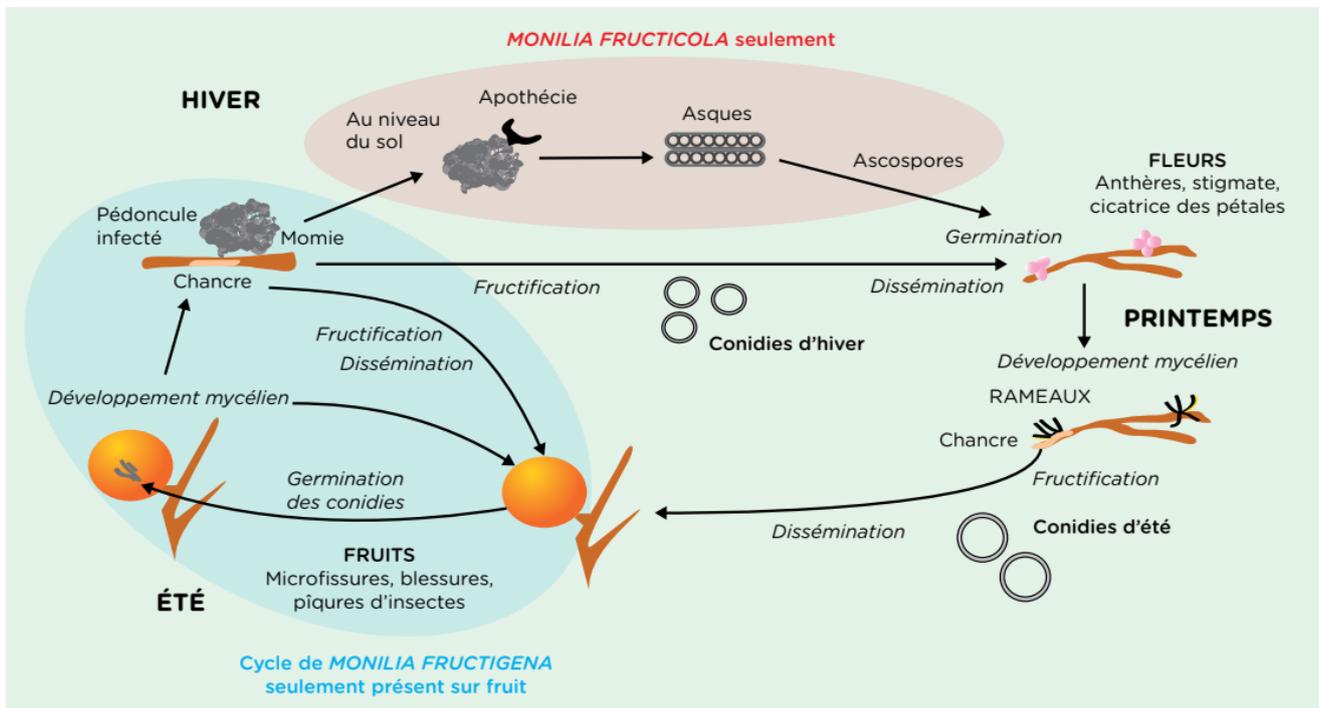


Figure 4 : Schéma simplifié du cycle biologique des monilioses (*M. laxa*, *M. fructicola*, *M. fructigena*). Source : V. Mercier, INRA Gotheron

3.1.1.2 Conditions de développement du champignon et pratiques de protection

La quantité d'inoculum déjà présent dans le verger constitue l'un des facteurs de contaminations les plus importants. Des résultats de l'INRA de Gotheron (Mercier *et al.*, 2003) montrent une réduction de 57 % des attaques sur les arbres où les momies et les chancre ont été supprimés par rapport aux arbres avec inoculum. L'arrachage manuel permet de diminuer très fortement les attaques de monilioses (77 %) par rapport à la taille classique (Mercier *et al.*, 2003). En revanche aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre l'irrigation et les contaminations (Mercier *et al.*, 2003). Toutefois, ces spores peuvent aussi être propagées par des insectes. Donc initialement si la quantité d'inoculum est importante, la dispersion et les contaminations seront grandes.

D'autre part, le champignon a besoin de certaines conditions pour pouvoir franchir l'épiderme du fruit. En effet, les spores ont besoin de présence d'eau ou d'humidité pour fructifier. Le climat est donc un facteur important dans la prise en compte de la contamination du verger. Sur pêche, Biggs et Northover (1988) précisent que la température optimale de développement est de 22,5-25 °C. On atteint 70 % d'infection après 12 heures d'humectation à toutes les températures comprises entre 15 et 27 °C. Mais l'étude montre 20 à 50 % de fruits infestés dès 3 heures d'humectation à partir de 22,5 °C et 6 à 9 heures au-dessus de 15 °C. Une fois la conidie germée, la pénétration du filament mycélien ne peut se faire que si l'épiderme est altéré (morsures ou piqûres d'insectes, fentes ou microfissures...).

A noter que la formation des microfissures peut être fortement influencée par l'intensité de la croissance du fruit qui varie avec la charge des arbres et les régimes d'alimentation hydrique (Mandrin *et al.*, 2013). La conduite du verger et les pratiques culturales influencent donc également le développement des monilioses : densité d'arbres, manque d'aération,

excès d'eau et d'azote, déficit en potassium, sols nus, sont des facteurs favorisant les monilioses sur fleurs (Lichou & Jay, 2012 ; Gomez & Mercier, 2008).

3.1.1.3 Moyens de lutte : traditionnels

La lutte chimique contre les monilioses en agriculture conventionnelle, se réalise grâce à des fongicides de synthèses tels que le Switch de chez Syngenta, le Luna Expérience de Bayer ou le Signum de Basf. Le mode d'action de ces produits est un blocage de la germination des spores ou de l'élongation du mycélium. Cette lutte est généralement satisfaisante mais pas suffisante en cas de forte pression de la maladie. De plus, des résistances ont été mises en évidence chez *M. fructicola* (Mercier *et al.*, 2008). En AB, aucune solution alternative n'a montré une efficacité suffisante dans les situations de pression moyenne à forte. La prophylaxie à l'approche de la récolte aggrave le risque par dissémination du champignon (Gallia, 2016) mais en hiver elle permet une diminution de l'inoculum. Chaque année de nouveaux produits biologiques pour lutter contre les monilioses sont testés mais rares sont ceux qui présentent une efficacité même partielle...

3.1.2 La cloque, une maladie en recrudescence

3.1.2.1 Cycle biologique et conditions de contamination

Les recherches bibliographiques sur la cloque sont particulièrement difficiles car beaucoup d'informations et de recherches se contredisent. Afin de ne pas rentrer trop dans les contradictions, les données ci-dessous sont principalement de deux sources : INRA (Institut National de Recherche Agronomique) et l'Institut de l'Entomologie et des pathologies des plantes.

Taphrina deformans est un champignon parasite qui se développe essentiellement sur pêcher (*Prunus persica*). Ce champignon se conserve en hiver sous forme d'ascospores dans l'écorce et les écailles des bourgeons. Un hiver doux et humide favorise la survie des spores (Chamont, 2013). Selon, la même source, les premières contaminations sont celles qui entraînent le plus de dégâts. Elles ont lieu au niveau des bourgeons, au début du printemps lors du débourrement. Les attaques sur les feuilles des pêchers se produisent préférentiellement à des températures comprises entre 8 et 17°C, et à une humectation de 24h avec des pauses maximales de 4 heures (Rossi *et al.*, 2007). A partir du débourrement des bourgeons et de l'apparition des premières feuilles, le développement de la maladie est favorisé par l'eau libre qui entraîne les spores vers les bourgeons (Gil, 2013). Les symptômes apparaissent après un temps d'incubation d'environ trois semaines (Rossi *et al.*, 2007).

Les dégâts observés sont la déformation et la décoloration des organes attaqués : couleur des feuilles variant du blanc jaunâtre au rose rouge, plus épaisses et déformées, fruits boursoufflés. La présence du mycélium dans le parenchyme du limbe des jeunes feuilles altère la chlorophylle, d'où leur couleur jaune ou blanchâtre, et provoque une désorganisation profonde des tissus. Le champignon induit une division cellulaire accélérée et anarchique ainsi qu'un accroissement de la taille des cellules. Il en résulte un épaississement et une crispation du limbe qui provoque un rabougrissement et un enroulement de la feuille. (Chamon *et al.*, 2013) Occasionnellement, les rameaux et fruits peuvent être touchés. Les symptômes sont similaires à ceux observés sur feuilles.

3.1.2.2 Moyens de lutte traditionnels

La lutte contre la cloque du pêcher est indispensable dès le débourrement des bourgeons. Elle se fait principalement grâce à des produits phytosanitaires à base de Cuivre tel que la Bouillie bordelaise en AB. En agriculture conventionnelle, l'interdiction récente ou à

venir des PPP classiquement utilisés (substances active : Thirame, Zirame...) oblige à revoir les stratégies et trouver des solutions alternatives de lutte.

3.2 Autres bioagresseurs causant des dégâts en conduite AB

Tableau 1 : Tableau représentant les maladies et ravageurs du pêcher, leur nuisibilité, les dégâts qu'ils causent et leur intégration dans l'évaluation variétale (Source : personnelle et J.Ruech, CTIFL 2017).

| | | Fréquence | Nuisibilité | Organes touchés | Remarques/observations | Evaluation de la sensibilité variétale |
|-----------|---|-----------|-------------|-------------------------|---|--|
| Maladies | <i>Xanthomonas arboricola</i> / <i>Pseudomonas syringae</i> | Moyenne | Forte | Feuilles + fruits | Dégâts sur feuilles et sur fruits pouvant entraîner un déclassement | Non |
| | Cloque (<i>Taphrina deformans</i>) | Forte | Forte | Feuilles + fruits | Perte de vigueur des arbres/perte de calibre des fruits et de production | Oui |
| | Monilioses (<i>Monilia laxa, fructigena</i>) | Forte | Forte | Fruits | Perte de récolte au verger et en post récolte | Oui |
| | Monilioses (<i>Monilia fructicola</i>) | Faible | Moyenne | Rameaux et Fruits | Perte de récolte au verger et en post récolte | Non |
| | Oïdium (<i>Podosphaera pannosa</i>) | Moyenne | Moyenne | Feuilles | Perte de vigueur des arbres/taches sur fruits pouvant entraîner un déclassement | Oui |
| | Sharka (Virus) vecteur : pucerons | Faible | Forte | Feuilles + fruits | Mort de l'arbre | Non |
| | Tavelure (<i>Ventruria carpophila</i>) | Faible | Faible | Fruits | Déclassement des fruits | Non |
| | Chancres à fusicoccum (<i>Fusicoccum amygdali</i>) | Faible | Moyenne | Rameaux | Perte de vigueur des arbres/perte de calibre des fruits et de production | Non |
| Ravageurs | Tordeuse orientale du pêcher (<i>Grapholita molesta</i>) | Forte | Forte | Jeunes-pousses + fruits | Pénalise la pousse des arbres/creuse des galeries dans les fruits | Oui |
| | Pucerons verts du pêcher (<i>Myzus persicae</i>) | Forte | Forte | Feuilles | Pénalise la pousse des arbres | Oui |
| | Pucerons cigarier du pêcher (<i>Myzus varians</i>) | Moyenne | Moyenne | Feuilles | Pénalise la pousse des arbres | Oui |
| | Pucerons noirs du pêcher (<i>Brachycaudus persicae</i>) | Moyenne | Moyenne | Feuilles | Pénalise la pousse des arbres | Oui |
| | Pucerons farineux (<i>Hyalopterus pruni</i>) | Moyenne | Forte | Feuilles | Pénalise la pousse des arbres | Oui |
| | Petite mineuse du pêcher (<i>Anarsia lineatella</i>) | Moyenne | Moyenne | Jeunes-pousses + fruits | Pénalise la pousse des arbres/creuse des galeries dans les fruits | Oui |
| | Thrips du pêcher (<i>Thrips meridionalis</i>) | Moyenne | Moyenne | Fruits | Défaut d'aspect sur les fruits | Oui |
| | Thrips californien (<i>Thrips occidentalis</i>) | Moyenne | Faible | Fruits | Défaut d'aspect sur les fruits | Non |

Les monilioses et la cloque ne sont pas les seuls à causer des dégâts sur pêches en conduite AB. En effet, selon la pression de chaque bioagresseur qui diffère d'année en année,

la cloque, les pucerons, les *thrips meridionalis* et l'oïdium peuvent augmenter les pertes de récolte (J. Ruech, 2017). Le tableau 1 résume les maladies et ravageurs du pêcher observables en verger, ce qu'ils causent comme dégâts et problèmes pour la commercialisation et leur nuisibilité en AB. Enfin, une colonne est dédiée pour indiquer si leur évaluation est prise en compte dans l'étude à SudExpé.

3.3 Caractéristiques physiologiques, autres causes de perte de récolte

Les caractéristiques physiologiques de chaque variété lors des évaluations variétales, sont aussi prises en compte. Ces caractéristiques sur pêches sont la résistance à l'éclatement (noyau fendu, éclatement de la chair du fruit) et la sensibilité au boisage. La figure 5 montre les principaux boisages observés et causés par soit des causes physiologiques soit des causes phytopathologiques. En plus d'être liées à la variété, d'après plusieurs études à la Serfel (Etude comparative de système de conduite AB et PFI, 2010) une irrigation et une fertilisation trop importantes, et une sous charge des arbres jouent en faveur de ces défauts physiologiques.



Figure 5 : Photos représentant les possibilités de confusion entre les différents boisage. De gauche à droite : 1 : Eclatement, 2 : gastéropodes, 3 : *thrips meridionalis*, 4 : frottements. Source personnelle

Ce mémoire propose donc d'évaluer les capacités agronomiques et les tolérances aux bioagresseurs de variété de pêches conduite en agriculture biologique à SudExpé St Gilles depuis deux ans.

3.4 Problématique

Le manque de données sur les tolérances aux bioagresseurs des variétés de pêches conduites en agriculture biologique ainsi que les maladies de conservation telles que le monilia permet de formuler à la problématique suivante :

Accompagner la filière de production des pêches dans un contexte d'agriculture biologique : 1. Quelles variétés de la collection variétale de pêcheurs à SudExpé ont les meilleurs potentiels agronomiques et quelles sont les plus sensibles aux bioagresseurs ? 2. Comment créer des synthèses variétales adaptées à la conduite en AB à chaque schéma de commercialisation (court et long) ?

4 Matériels et méthodes

4.1 Contexte pédoclimatique de SudExpé

4.1.1 Contexte de la station

La station expérimentale SERFEL (Station d'Intérêt Agricole (SICA) d'Expérimentation Régionale pour les fruits et Légumes) créée en 1979 a depuis 2017 fusionné avec la station expérimentale CEHM (Centre d'Expérimentation Horticole et Maraîchère) pour former respectivement SudExpé St Gilles et SudExpé Marsillargues. Lors de ce rapport, pour simplifier la lecture nous parleront essentiellement de SudExpé St Gilles en utilisant simplement la nomination SudExpé. Le domaine d'activité de cette station est axé sur la production de fruits à noyaux : pêche, abricot, cerise et olive. Elle se situe en Occitanie, dans le département du Gard à Saint Gilles dans les costières de Nîmes (figure 6).

Répartie sur 30 hectares, la station se divise en plusieurs îlots conduits de façon différentes selon les expérimentations eux-mêmes divisés en plusieurs parcelles (Cf. Annexe 1 Plan général de la station). La plupart des parcelles sont irriguées en micro-aspersion, fertilisées par des engrais minéraux solides avec des arbres conduits en gobelets. Cependant, sur la station, certaines parcelles sont irriguées via un système de gouttes à gouttes et fertilisées par un système de ferti-irrigation (engrais minéraux liquide injecté directement dans l'eau d'irrigation).

4.1.2 Caractéristiques des costières de Nîmes

Les costières de Nîmes se caractérisent par une pédologie constituée d'alluvions caillouteux provenant du Rhône et de la Durance, de sols filtrants, de type limono-sablo-argileux avec 50% de terre fine et 50% de galets. Le climat est de type méditerranéen avec des étés chauds et secs (température moyenne de 23.4°C) et des hivers doux (température moyenne de 6.7°C). Les gelées sont rares, les précipitations réparties de manière irrégulière sur l'année (600 à 800 mm d'eau par an) et les vents viennent principalement de la Tramontane, du Mistral, et du vent du Midi (des vents plutôt forts).



Figure 6 : Carte du département le Gard indiquant les villes principales et en gris foncé les costières de Nîmes où se situe SudExpé St Gilles (à gauche) source : inao.gouv.fr

4.1.3 Conditions météorologiques et de productions liées à l'année

Pour l'analyse des résultats, les données climatiques sont présentées. L'humidité relative en %, la température moyenne en °C, les précipitations en mm sont relevées chaque minute par une station météo Cimel située à SudExpé. Ces données sont exprimées en jour sur les périodes considérées.

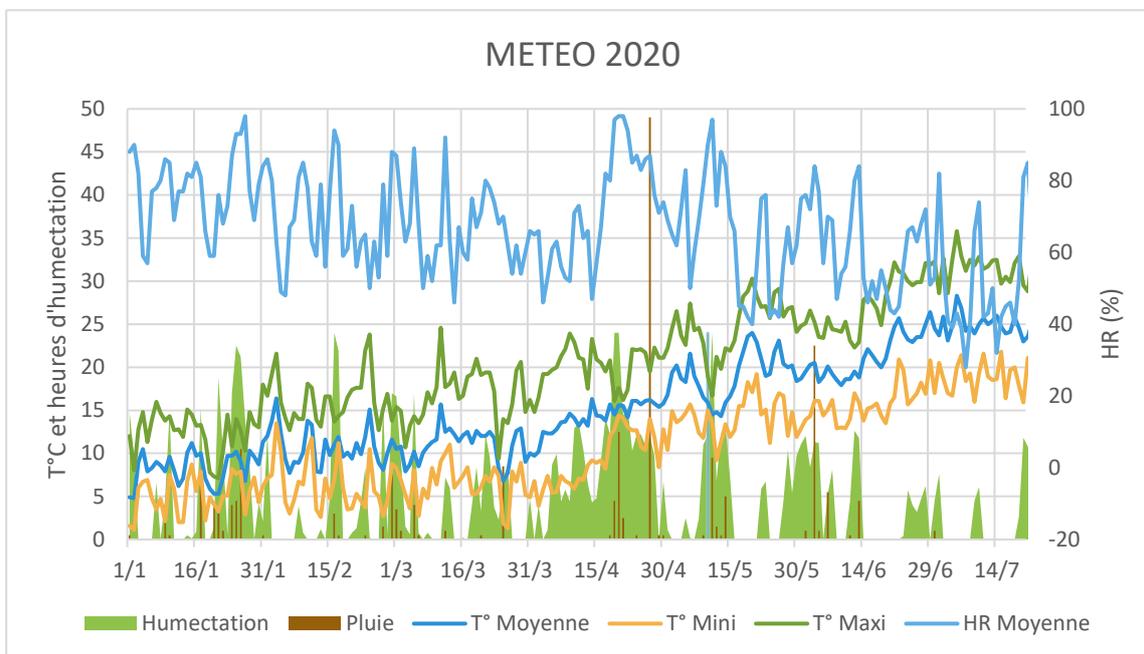


Figure 7 : Conditions météorologiques 2020 : Humectation en heures, Pluie en mm, Température en °C, HR : Humidité relative en %. Les périodes de récolte et de floraison des variétés sont représentés par les cadres roses.

Le début de l'année 2019 s'est caractérisé par des besoins en froid satisfaits de manière assez précoce pour les variétés et une fin d'hiver relativement douce et peu pluvieuse, ce qui a permis d'assurer un débourrement précoce. Les floraisons se sont déroulées dans de bonnes conditions et de façon plus groupée que l'année 2018. Le printemps a été plutôt froid, pluvieux et venteux mais sans épisode de gel marqué, assurant une bonne nouaison. A l'image de ces deux dernières années, l'été 2019 a été particulièrement chaud et sec, avec deux épisodes de canicule survenus fin juin et fin juillet, ce qui a ralenti la maturation des fruits à ce moment-là.

L'année 2020 (Figure 7) a été particulièrement douce avec un hiver durant lequel les températures ne sont pas descendues en dessous de 2°C. En comparaison avec l'année 2019, les débournements ont été précoces. Les précipitations ont été moyennes durant le printemps. L'été a été chaud et sec mais les températures sont moyennes pour la saison (environ 25°C). Cela a permis aux variétés d'avoir 10 jours d'avance sur la récolte de 2019.

4.2 Traitements réalisés

Tableau 2 : Liste des traitements réalisés sur la parcelle de pêchers de 0.28 hectares en AB à SudExpé. Chaque intervention est datée, ciblée, quantifiée et l'IFT est calculé. En vert est indiqué les « IFT verts : les biocontrôles, en rouge : « les IFT chimique ». IFT : Indice de Fréquence de Traitement

| Date | Intervention | Cible | Produit | Matières actives | Quantité par ha | IFT |
|----------|--------------|--------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|------|
| 23/01/20 | Fongicides | Cloque | Bouillie bordelaise | Cuivre | 6.25 kg | 0.33 |
| 30/01/20 | Fongicides | Cloque | Bouillie bordelaise | Cuivre | 6.25 kg | 0.33 |
| 15/02/20 | Insecticides | Stade hivernant pucerons | CATANE | Huile de paraffine | 20 L | 0.53 |

| | | | | | | |
|-----------|--------------|------------------------------|-------------------------|---|----------|------|
| 17/02/20 | Fongicides | Cloque | CURATIO | Polysulfure de calcium | 16 L | 0.41 |
| 20/02/20 | Fongicides | Cloque | Bouillie bordelaise | Cuivre | 3.125 kg | 0.33 |
| 05/03/20 | Fongicides | Cloque | Bouillie bordelaise | Cuivre | 3.125 kg | 0.33 |
| 05/03/20 | Fongicides | Cloque | CURATIO | Polysulfure de calcium | 16 L | 0.41 |
| 19/03/20 | Fongicides | Cloque | CURATIO | Polysulfure de calcium | 16L | 0.41 |
| 20/03/230 | Insecticides | Pucerons | CATANE | Huile de paraffine | 20 L | 0.80 |
| 03/04/20 | Insecticides | Pucerons | CATANE | Huile de paraffine | 15 L | 0.60 |
| 16/04/20 | Insecticides | Tordeuse orientale du pêcher | CARPOVIRUSINE EVO 2 | <i>Cydia pomonella granulosis virus</i> | 1 L | 1 |
| 17/04/20 | Fongicides | Oïdium | THIOVIT JET MICROBILLES | Soufre | 5 kg | 0.67 |
| 25/04/20 | Fongicides | Oïdium | THIOVIT JET MICROBILLES | Soufre | 5 kg | 0.67 |
| 25/04/20 | Insecticides | Tordeuse orientale du pêcher | CARPOVIRUSINE EVO 2 | <i>Cydia pomonella granulosis virus</i> | 1 L | 1 |
| 04/05/20 | Fongicides | Oïdium | THIOVIT JET MICROBILLES | Soufre | 5 kg | 0.67 |
| 15/05/20 | Fongicides | Oïdium | THIOVIT JET MICROBILLES | Soufre | 5 kg | 0.67 |
| 22/05/20 | Insecticides | Thrips californien | SUCCES 4 | Spinosad | 0.2 L | 1 |
| 06/06/20 | Insecticides | Tordeuse orientale du pêcher | CARPOVIRUSINE EVO 2 | <i>Cydia pomonella granulosis virus</i> | 1 L | 1 |
| TOTAL IFT | | | | | | 11 |

Le tableau 2 présente les différents traitements réalisés sur la parcelle de pêchers AB à SudExpé. La plupart des traitements autorisés en AB ont été appliqués à de faibles doses. L'IFT (Indice de Fréquence de Traitement) est un indicateur de la pression de traitement décliné par filière et par culture. L'IFT total des traitements sur la parcelle est de 11. Les IFT « verts » comprenant les biocontrôles représentent 74% du total de IFT. Ce chiffre est relativement élevé en comparaison aux IFT « chimiques » de producteurs dans la région Occitanie qui est de 15 en moyenne sur les pêchers (DRAAF, 2018). Seuls le Carpovirusine Evo 2 et le Succès 4 ont été appliqués à une pleine dose. C'est à dire que la dose homologuée pour ce bioagresseur a été appliquée à 100%. Les traitements ne diffèrent pas pour chacune des variétés. Elles ont toutes donc eu le même itinéraire technique et donc peuvent être comparées entre elles. Il est tout de même important de relever que les variétés ayant des périodes de floraison et maturité différentes, ont reçu le traitement au moment approprié ou non. Nous reviendrons sur cette partie dans la partie des discussions.

4.3 Evaluation variétale 2019/2020

4.3.1 Description de la parcelle et présentation du matériel végétal

Pour ce suivi, SudExpé dispose de 11 variétés dont 6 surgreffées de l'année 2017 qui sont depuis la saison 2019 en production. L'étude sera donc réalisée sur les 11 variétés, en tenant compte que six d'entre elles sont en quatrième feuille (tableau 3). Ces variétés ont été choisies comme étant « prometteuses en AB ». Situé au fond de la station expérimentale, l'îlot conduit en AB où sont situées les variétés étudiées du projet Fan de Bio fait 0.28ha. Entourés

de haies diversifiées (aulne glutineux, charme houblonné, viorne, arbre de Judée), les rangs d'arbres sont orientés Nord-Sud (Figure 8).

Tableau 3 : Tableau descriptif présentant les variétés étudiées à SudExpé, leur type (pêche blanche, pêche jaune, nectarine blanche, nectarine jaune) et leur date de plantation ou de surgreffage.

| TYPE | PLANTATIONS 2009 | SURGREFFAGES 2017 (4 ^{ÈME} FEUILLE) |
|--------------------------|------------------|--|
| PECHES BLANCHES (PB) | Patty | Monange |
| PB | Surprise | - |
| PB | Bellerime | - |
| PECHES JAUNES (PJ) | Coraline | Conquise |
| NECTARINES BLANCHES (NB) | Magique | Nectarlove |
| NB | - | Nectarboom |
| NECTARINES JAUNES (NJ) | - | Carène |

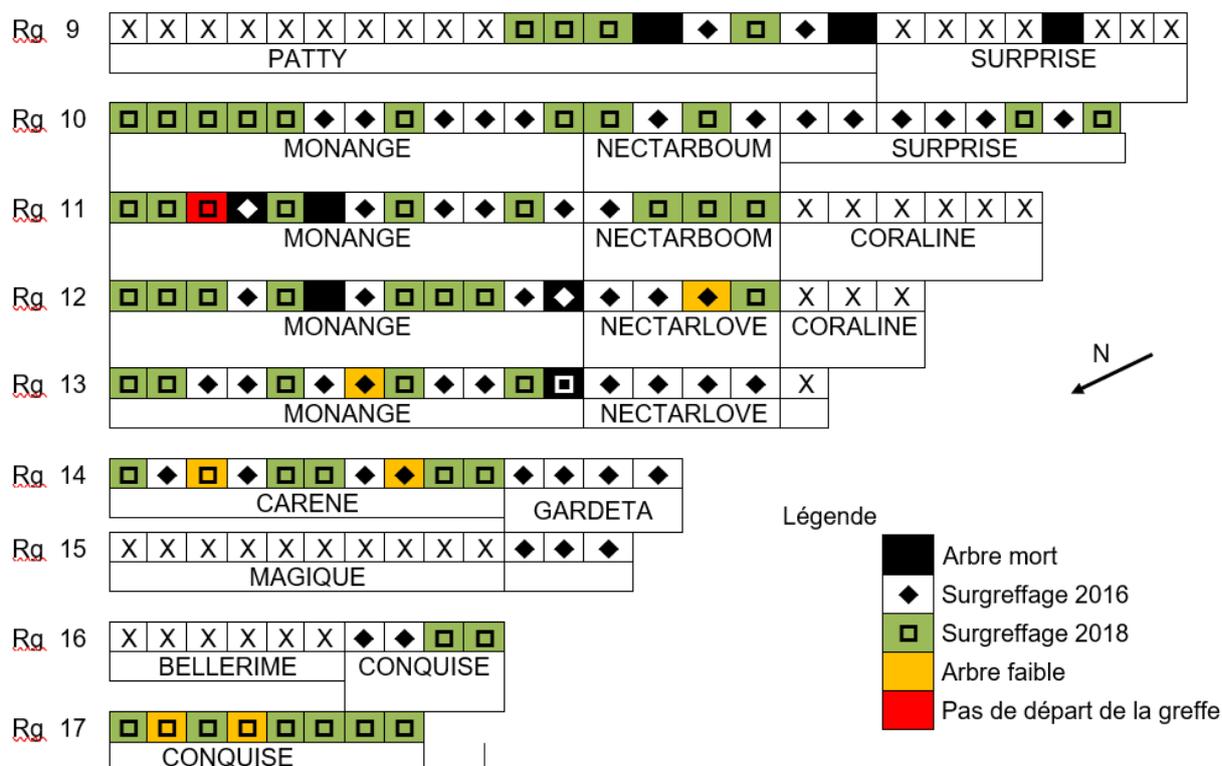


Figure 8 : Plan de la parcelle de pêches AB de l'ilot 22 à SudExpé. Chaque ligne est un rang accompagné du nom de la variété dessous chacune d'elle. La légende indique si l'arbre est mort (en noir), la date du surgreffage (2016 en blanc avec un losange noir et vert en 2018), si l'arbre est faible (en jaune), et si la greffe n'a pas démarré (en rouge). Rg : Rang

Le tableau 4 décrit la parcelle AB de SudExpé : la surface exacte, les portes greffes utilisés, le mode de conduite, la densité de plantation...etc. :

Tableau 4 : Description détaillée de la parcelle conduite en AB à SudExpé St Gilles

| | |
|---------------------------|---|
| Surface (m ²) | 2754 |
| Age du verger | 2009 + surgreffages 2017 |
| Variétés | Confère tableau ci-dessus |
| Porte-greffe | GF 677 (Patty, Surprise, Magique, Bellerime, Gardeta) /GF 305 (Conquise) /Cadaman (Coraline, Carène, Monange, Nectarboom, Nectarlove) |
| Mode de conduite | Gobelet |
| Densité de plantation | 6 x 3 m, 556 arbres/ha |
| Orientations des rangs | Nord/Sud |
| Vigueur des arbres | Moyenne à forte |

| | |
|--|--|
| <i>Irrigation</i> | Micro-aspersion suspendue |
| <i>Fertilisation</i> | Adaptée au mode de production AB et au potentiel de production du verger 3 apports de Fertilval 6.3.10 (60UN + 50 UN + 50 UN) |
| <i>Taille</i> | Tailles d'hiver et en vert |
| <i>Type de sol</i> | Costières : sablonneux-argileux |
| <i>Enherbement inter-rang</i> | Oui |
| <i>Enherbement sur le rang</i> | Dés herbé mécaniquement |
| <i>Mise en place de structures agroécologiques</i> | Oui (cyprès, haies composites) nord, sud, est et ouest |

4.3.2 Protocole de l'évaluation variétale

4.3.2.1 Description de l'arbre

Les premières notations de la saison font partie de la description de l'arbre dans sa globalité. Une observation de la vigueur de l'arbre est faite à la récolte. La date de débourrement et de floraison est également relevée. La densité de floribondité, la nouaison et l'intensité de l'éclaircissage est évaluée. Les notations se font grâce à une grille d'évaluation allant de 0 à 9.

- **Caractérisation de la vigueur**

La vigueur de l'arbre est définie par la mesure du diamètre de tronc en hiver (de novembre à janvier). La vigueur de l'arbre est analysée pour prédire la production future. Si la vigueur est estimée « forte » alors la production sera moins importante cependant l'arbre aura une meilleure résistance face aux aléas (climatiques et/ou ravageurs).

- **Débourrement et floraison**

Dès la fin du repos végétatif, l'avancement des stades phénologiques est suivi sur chaque variété. Les dates des stades clés suivants sont notées : (Cf. Annexe 2 Charte BBCH)

- Débourrement
- Stade pointe verte
- Stade F10 (10 % de fleurs ouvertes) : début floraison
- Stade F80 (80 % de fleurs ouvertes) : pleine floraison
- Stade H : Début de la chute des collerettes
- Stade I : Fruits noués / Fin de la chute des collerettes
- Date à la première feuille étalée

Ces données sont indispensables afin d'être confrontées aux données météorologiques afin de déterminer les concordances entre période de sensibilité du végétal et conditions favorables au bioagresseur considéré.

- **Sensibilités**

Un suivi phytosanitaire est réalisé une fois par semaine au cours de la saison pour chacune des variétés afin de caractériser la sensibilité aux bioagresseurs. L'oïdium, la cloque, la tordeuse orientale du pêcher, *Thrips meridionalis*, rouille, pucerons (verts, bruns, farineux), monilia fruits, autres.

Une notation est faite systématiquement une fois dans la saison sur l'ensemble des variétés : pour la cloque (début avril). Une notation est faite si les dégâts dus aux pucerons, à la rouille et autres bioagresseurs sont importants selon une échelle de 0 à 9.

4.3.2.2 Potentiel agronomique

La récolte est déclenchée lorsque les premiers fruits souples sont observés. Cette observation visuelle est réalisée lors de tours de déclenchement de maturité. La période de maturité des fruits est notée pour chaque variété : la date de début (1^{ère} récolte) et de fin de maturité (= date de dernière récolte), correspondant à la période de récolte.

A chaque passage de récolte, les mesures suivantes sont réalisées :

- Notation des différents types de déchets (par évaluation visuelle en pourcentage) au verger et à chaque passage, une notation phytosanitaire est réalisée. Nous avons donc évalué la cause phytosanitaire de chaque déchets (oiseaux, guêpes, monilia, forficules, TOP (Tordeuse Orientale du Pêcher), Anarsia, thrips, oïdium, fumagine, noyau fendu...).
- Poids total récolté
- Répartition des différents calibres (3A, 2A, A, B, C et D)

En station, nous avons déterminé le poids des déchets après calibrage. Les fruits sont classés par catégorie de déchets (Cf. schéma en annexe).

L'évaluation se réalise sur 5 caisses de pêches. A partir de ces données seront calculés :

- Rendement total exprimé en T/ha
- Rendement commercialisable exprimé en T/ha
- Poids moyen par fruit exprimé en g

4.3.2.3 Description du fruit après affinage

Une description et dégustation du fruit est réalisée après affinage des fruits. Le jour de la récolte, une dizaine de fruits sont prélevés, mis à 6°C (+/- 1°C) pendant 2 à 3 jours et 24 à 48 heures à température ambiante (24°C). La durée optimale d'affinage pour la consommation (à 24°C t° ambiante) est déterminée en fonction du nombre de fruits pourris le jour de la dégustation. La qualité gustative est ensuite décrite (acidité ressentie, sucre ressenti, jutosité, arôme, fermeté et texture) sur une note de 0 à 9 pour chaque critère.

4.3.2.4 Analyse physico chimique

Une analyse physico chimique du fruit est réalisée grâce à une machine nommée Pimprenelle. 20 fruits sont prélevés sur le passage dominant et le calibre dominant en station après calibrage. Le taux de sucre, d'acidité et la fermeté sont analysés : IR (%Brix), Acidité (en meq/100ml), Fermeté. Toutes ces notations serviront enfin à étudier le facteur variété et son influence sur toutes les variables énoncées ci-dessus.

4.3.3 Sensibilité aux maladies de conservation

4.3.3.1 Dispositif expérimental

Ce suivi a pour but d'observer l'évolution et le type des pourritures après récolte. Il se base selon la méthode CEB (Commission des Essais Biologiques, cf. Annexe Méthodes CEB Maladies de conservation) décrite ci-après. Cette méthode permet de quantifier le nombre de fruits atteints par ces maladies de conservation (notamment le Monilia). Les observations portent sans distinction sur les trois types de Monilia (*M. laxa*, *M. fructicola* et *M. fructigena*). Les observations sont réalisées tous les deux jours (lundi, mercredi, vendredi), après l'entrée des plateaux en chambre climatisée. Pour chaque variété, quatre plateaux de 15 fruits du calibre dominant est gardés. Le prélèvement des fruits est réalisé sur le 2^{ème} passage de récolte avant le passage en calibreuse.

4.3.3.2 Préparation des lots et stockage : l'échantillonnage

- 60 fruits sur le calibre dominant du passage le plus conséquent sont prélevés. Les fruits ne doivent pas avoir de défaut d'aspect et doivent être prélevés avant le passage à la calibreuse, pour éviter tout choc éventuel en sortie de celle-ci.
- Les fruits doivent être indemnes de toute potentielle ouverture à une maladie puis sont disposés en plateaux alvéolés : 4 plateaux de 15 fruits
- Lorsque tous les fruits ont été conditionnés, les plateaux sont placés en chambre froide à 6°C (+/- 1°C) pendant 2 jours.
- Les plateaux sont ensuite placés dans une chambre climatisée à 21°C (+/- 1°C) et à une hygrométrie relative de 80% pendant 14 jours (la durée maximale du comptage des pourritures). Le jour où les fruits sont entreposés à 21°C correspond au jour 0.

Certaines précautions sont prises pour éviter les contaminations croisées : utilisation de plateaux et alvéoles neuves, lavage des mains entre chaque lot (alcool ou eau savonneuse) et traitement de la chambre climatisée s'il y a présence de drosophiles ou de fourmis.

4.3.3.3 Observations et mesures réalisées

Pendant deux semaines, nous avons dénombré et éliminé tous les 2 à 3 jours (le lundi, mercredi et vendredi) les fruits pourris en identifiant la maladie : distinction des fruits moniliés et des fruits atteints par les autres maladies de conservation (*Rhizopus sp*, *Botrytis*, *Penicilium*...). Si un fruit est contaminé par *Rhizopus sp*. Par un fruit voisin, il est exclu des observations et n'est pas comptabilisé.

Les feuilles d'observation (Cf. Annexe 3 Fiches d'observations) permettent lors du comptage de fruits contaminés d'indiquer les fruits dits « reports ». Ces fruits sont contaminés mais la reconnaissance du champignon est impossible par l'absence de sporulation par exemple. Ils sont alors disposés à l'endroit sur le plateau permettant ainsi de les reconnaître par rapport aux autres fruits qui sont eux tournés à l'envers. Cela permet de noter la date à laquelle le fruit a été contaminé et d'y revenir plusieurs jours après afin d'identifier le champignon. Cette notation est donc judicieuse mais demande une certaine rigueur lors des observations.

Une fois les observations terminées pour les 4 plateaux, la moyenne des ces plateaux est réalisée pour les 2 indicateurs : I1FP et I50FP. L'indice de pourriture (IP) est un indice créé par le CTIFL pour illustrer la conservation plus ou moins longue des différentes variétés. Il est exprimé en nombre de jour après la récolte. Le but est de déterminer la vitesse de pourriture des fruits par variété. Les résultats sont exprimés sous forme de pourcentage de fruit pourris en fonction des jours passés. Pour chaque variété, les informations suivantes sont fournies :

- Nombre moyen de jours entre la récolte et l'observation du 1^{er} fruit pourri (I1FP)
- Nombre moyen de jours entre la récolte et l'observation de 50% de fruits pourris (I50%FP)

Calcul du 1^{er} fruit pourri :

$$\text{indice } 1FP = \frac{(i \text{ } 1FP \text{ plat. } 1 + i \text{ } 1FP \text{ plat. } 2 + i \text{ } 1FP \text{ plat. } 3 + i \text{ } 1FP \text{ plat. } 4)}{4}$$

Où i1FP = intervalle en jour entre la récolte et l'observation du premier fruit pourri.

Calcul des 50% de fruits pourris :

$$\text{indice } 50FP = \frac{(i \text{ } 50FP \text{ plat. } 1 + i \text{ } 50FP \text{ plat. } 2 + i \text{ } 50FP \text{ plat. } 3 + i \text{ } 50FP \text{ plat. } 4)}{4}$$

Où i50FP = intervalle en jour entre la récolte et l'observation de 50 % de fruits pourris.

La moyenne de l'indice moyen permet de caractériser la sensibilité de la variété (il s'agit de la moyenne des indices I1FP et I50%FP). Plus la moyenne de l'indice moyen est élevée, moins la variété est sensible aux maladies de conservation). La vitesse de pourriture est égale à la différence entre l'intervalle 50% de fruits pourris (50% FP) et l'intervalle premier fruit pourri (1FP. Plus cette différence est faible, plus la variété a exprimé une forte sensibilité. Ce paramètre correspond en réalité à « un nombre de jour », autrement dit, il traduit une « durée » d'apparition de fruit pourri. Plus ce temps est long, plus la variété étudiée est tolérante aux maladies de conservation.

L'échelle créée par le Ctifl ci-après (figure 9) permet de caractériser la sensibilité finale de la variété aux maladies de conservation grâce aux indices du 1^{er} fruit pourri et 50% de fruits pourris et à l'indice moyen. (Rapport 2013 J. Ruesch : Classe de sensibilité des variétés aux maladies de conservation en post-récolte (établie en fonction de la valeur moyenne des deux valeurs : I1FP et I50%FP)

| Obs. 1er fruit pourri | obs. de 50 % de fruits pourris | Synth sensibilité post-récolte |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| < 3 jours | < 8 jours | Très sensible |
| 3 - 4 jours | 8 - 9 jours | Sensible |
| 5 - 6 jours | 10 - 11 jours | |
| 7 - 8 jours | 12 - 13 jours | Moyennement sensible |
| > 8 jours | > 13 jours | |
| | | Peu sensible |
| | | |
| | | Très peu sensible |

Figure 9 : Indices de sensibilité variétale aux maladies de conservation élaborée par Ruesch au Ctifl en 2013.

4.3.4 Synthèse de l'évaluation variétale

Le tableau 5 répertorie toutes les observations réalisées pour l'analyse variétale, les indicateurs de performances utilisés et le type de notation et de mesures qui en découlent.

Tableau 5 : Observations, indicateurs, types de notation réalisés et stratégie d'échantillonnage pour chaque critère observé pour l'évaluation variétale. Var : variété.

| OBSERVATIONS | INDICATEURS MESURES/OBSERVES | TYPE DE NOTATION/MESURES | STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Phénologie | Vigueur | Diamètre du tronc en cm | 5 arbres/var |
| | Débourrement | Date | 1/var |
| | Floraison | Date à différent stade | 1/var |
| | Floribondité | 0 à 9 | 1/var |
| | 1 ^{ère} feuille étalée | Date | 1/var |
| | Nouaison | 0 à 9 | 1/var |
| | Eclaircissage | 0 à 9 | 1/var |

| | | | |
|--|--|---|-------------------------------|
| Sensibilités | Eclatement, noyaux fendu, chute physiologique | Estimation visuelle en % | 5 arbres/var |
| | Bioagresseurs en verger | 0 à 9 | 7 à 10 arbres/var |
| Potentiel agronomique | Période de maturité | Date (nb de jour) | 1/var |
| | Rendement total | Mesures en station et calcul puis note de 0 à 5 | Maximum 5 caisses/passage/var |
| | Rendement commercialisable | Mesures en station et calcul puis note de 0 à 5 | Maximum 5 caisses/passage/var |
| | Poids moyen | Poids de 50 fruits et calcul | 50 fruits/passage/var |
| | Calibre | Calibrage et peser des chaque calibre (kg) | Maximum 5 caisses/passage/var |
| | Déchets en station | Poids des déchets après calibrage | Maximum 5 caisses/passage/var |
| | Type de déchets | Observation du type de déchets, note de 0 à 9 pour déchets important puis de 0 à 5 pour la synthèse | Maximum 5 caisses/passage/var |
| Description du fruit | Analyses physico chimique | Taux de sucre (Brix), fermeté, acidité | 20 fruits/var |
| | Présentation | Note de 0 à 9 puis de 0 à 5 pour la synthèse | 8 fruits/var |
| | Fermeté | 0 à 9 | 20 fruits/var |
| | Acidité | 0 à 9 | 20 fruits/var |
| | Sucre ressenti | 0 à 9 | 20 fruits/var |
| | Arôme | 0 à 9 | 20 fruits/var |
| | Qualité gustative | 0 à 9 puis de 0 à 5 pour la synthèse | 20 fruits/var |
| Sensibilité aux maladies de conservation | Nombre de fruits pourris observés dans le temps | Indice de pourriture IF1 et IF5 et indice moyen, vitesse de pourriture, | 4 plateaux de 15 fruits/var |
| Sensibilité au monilia en verger | Nombre de fruits pourris sur chaque variété | Pourcentage visuelle et note de 0 à 9 d'intensité puis de 0 à 5 pour la synthèse | 7 à 10 arbres/var |
| Sensibilité aux pucerons (farineux, verts et bruns) | Présence/absence de pucerons et identification du type | Observation de pousses en verger, note de 0 à 9 d'intensité puis de 0 à 5 pour la synthèse | 7 à 10 arbres/var |
| Sensibilité a l'oïdium | Présence/absence | Observation de pousses en verger, note de 0 à 9 d'intensité puis de 0 à 5 pour la synthèse | 7 à 10 arbres/var |
| Sensibilité a la cloque | Fréquence et intensité des dégâts | Note de 0 à 9 pour l'intensité, puis de 0 à 5 pour la synthèse | 7 à 10 arbres/var |
| Sensibilité a la tordeuse orientale du pêcher (TOP) | Présence/absence sur la variété | Note de 0 à 5 pour la synthèse | 1/var |

Grâce à tous les indicateurs de performances, nous allons chercher à présenter le potentiel agronomique et la description du fruit des variétés conduites en AB en prenant en

compte leur date de plantation et de surgreffage, leur type (Pêches blanches ou jaunes, nectarines blanches ou jaunes) et leur précocité. La phénologie et les conditions climatiques de la période comprise entre le débourrement et la récolte seront analysés avec les résultats obtenus afin d'essayer d'explorer des corrélations. Chaque donnée ainsi obtenue sera transformée en note de 0 à 5 afin de caractériser le potentiel de la variété dans un tableau de synthèse. La tableau 6 présente un exemple des notations de 0 à 9 réalisées sur les bioagresseurs.

Tableau 6 : Notes attribuées en fonction de l'observation en verger du nombre de foyers attaqués par les pucerons et du nombre de pousses attaquées par la tordeuse orientale du pêcher.

| PUCERONS | TORDEUSE/POUSSE |
|--|--|
| 0- Pas de foyer | 0- Pas de pousse minée |
| 1-Très faible : 1-2 foyers/arbre | 1-Très faible : 0-5% (1-3 pousses minées/arbre) |
| 2-Très faible à faible : 3 foyers/arbre | 2-Très faible à faible : 5-15% (4-10 pousses minées/arbre) |
| 3-Faible : 4-6 foyers/arbre | 3-Faible : 16-29% |
| 4-Faible à moyenne : 7-10 foyers/arbre | 4-Faible à moyenne : 30-49% |
| 5-Moyenne : 10 foyers/arbre | 5-Moyenne : 50% des pousses |
| 6-Moyenne à forte : >10 foyers/arbre | 6-Moyenne à forte : 51-69% |
| 7-Forte : atteint le haut de l'arbre | 7-Forte : 70-80% |
| 8-Forte à très forte : fumagine | 8-Forte à très forte : >80% |
| 9-Très forte : arbre atteint dans sa vigueur | 9-Très forte : toutes les pousses touchées |

4.3.4.1 Coefficients finaux pour le tableau de synthèse

Un tableau de synthèse permettant de comparer les variétés (avec des codes couleurs) est créé afin de faciliter l'usage pour les producteurs. Il est harmonisé grâce à des indices (coefficients) d'importance pour chaque critère de sélection de variété. Ces indices de poids ont été créés « à dire d'expert » via une réunion que j'ai organisée avec les experts de la pêche en AB. Ces experts ont été choisis pour leur compétences reconnues nationalement sur la production de pêches et l'agriculture biologique : P. Blanc (conseiller au CETA du Vidourle spécialisé en fruits à pépins et noyau), V. Gallia (Chargée du pôle fruits à noyau à SudExpé St Gilles depuis 20 ans), M. Millan (ingénieure expert filière fruit et agroécologie au Ctifl de Balandran), Y. Montrognon (responsable du programme « Pêchers » à la Sefra) et C. Mouiren (Conseiller au CETA de Cavailon spécialisé en fruits à noyau et pépins). Grâce à toutes ces personnes nous avons appliqué des coefficients d'importance au tableau de synthèse afin de pouvoir noter convenablement les variétés. Ce tableau se divise en deux parties afin de séparer les deux types de commercialisations : circuits court et long qui font différer les critères de choix des producteurs.

Pendant ce débat, nous nous sommes demandé si le rendement était plus important dans le choix variétal que la « tolérance » aux maladies de conservation, si la « tolérance » à la cloque était plus importante que la qualité gustative...etc. Chaque élément de réponse apporté est cité par un ou plusieurs experts afin de justifier ce choix. (Cf. Annexe 4 : Points abordés lors du débat)

4.3.4.2 Harmonisation des notes du tableau de synthèse

Pour la réalisation du tableau de synthèse et pour faciliter sa lecture, toutes les notes ont été harmonisées et reportées de 0 à 5 avec 0 le meilleur pour la variété et 5 la pire note. Pour les bioagresseurs l'échelle suivante fait office de référence pour la transformation des notes :

Tableau 7 : Tableau d'échelle permettant de transformer les notes des bioagresseurs de 0 à 5 en note de 0 à 9.

| Note de 0 à 9 | 0 à 0.5 | 0 à 1.8 | 1.9 à 3.7 | 3.8 à 5.6 | 5.7 à 7.5 | < 7.5 |
|---------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Note de 0 à 5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

4.3.5 Analyse statistique des données

Toutes les données ne peuvent pas être statistiquement évaluées à cause de manque de répétitions voire l'inexistence de celles-ci.

Les rendements, sont exprimés pour chaque variété de plantation de 2009 sur une moyenne de l'année 2019 et 2020. Nous avons décidé de ne pas faire la moyenne sur les jeunes surgreffés car les rendements augmentent les premières années jusqu'à atteindre un potentiel de rendement optimal en 5^{ème} feuille pour l'AB. Les déchets observés en station sont également analysés en faisant une moyenne entre l'année 2019 et 2020 et évalués statistiquement grâce à une régression multiple.

Dans la synthèse finale, certains bioagresseurs ont été notés sur l'année 2019, d'autres sur une moyenne des années 2019 et 2020 et d'autres seulement sur 2020. Ces choix ont été fait au cas par cas afin de se rapprocher au mieux de la pression de l'année de chaque bioagresseur. Par exemple, la pression tordeuse orientale du pêcher a été trop faible en 2020 pour déclencher une notation. Les notes sont donc seulement sur 2019.

Afin d'exprimer la sensibilité aux maladies de conservation, la vitesse de pourriture, l'indice du premier fruit pourri et des 50% de fruits pourris ont été calculés pour chaque plateau et chaque variété. Une comparaison de moyenne est ainsi calculée et analysée statistiquement via une Anova à un facteur.

Les intensités d'attaque des pucerons et de la cloque seront également évaluées statistiquement via une Anova à un facteur.

Ces données seront analysées à l'aide du logiciel statistique Rstudio, avec un seuil d'erreur à $\alpha=5\%$ (à chaque test pratiqué, les conditions de validités sont vérifiées au préalable grâce au test de normalité).

5 Résultats

5.1 Etude comportementale

5.1.1 Potentiel agronomique

5.1.1.1 Rendement et poids moyen

La figure 10 représente la moyenne de 2019 et 2020 des rendements bruts et commercialisables et le poids moyens d'un fruit pour chaque variété plantée en 2009. Ces résultats sont conformes aux résultats des années précédentes (années antérieures). La moyenne des deux années est donc représentative de ces plantations. Pour les variétés surgreffées en 2017, les rendement et poids moyen de l'année 2020 ont seulement été pris en compte car, en troisième feuille en 2019, leur potentiel de rendement est trop faible et non comparable aux variétés plantées en 2009.

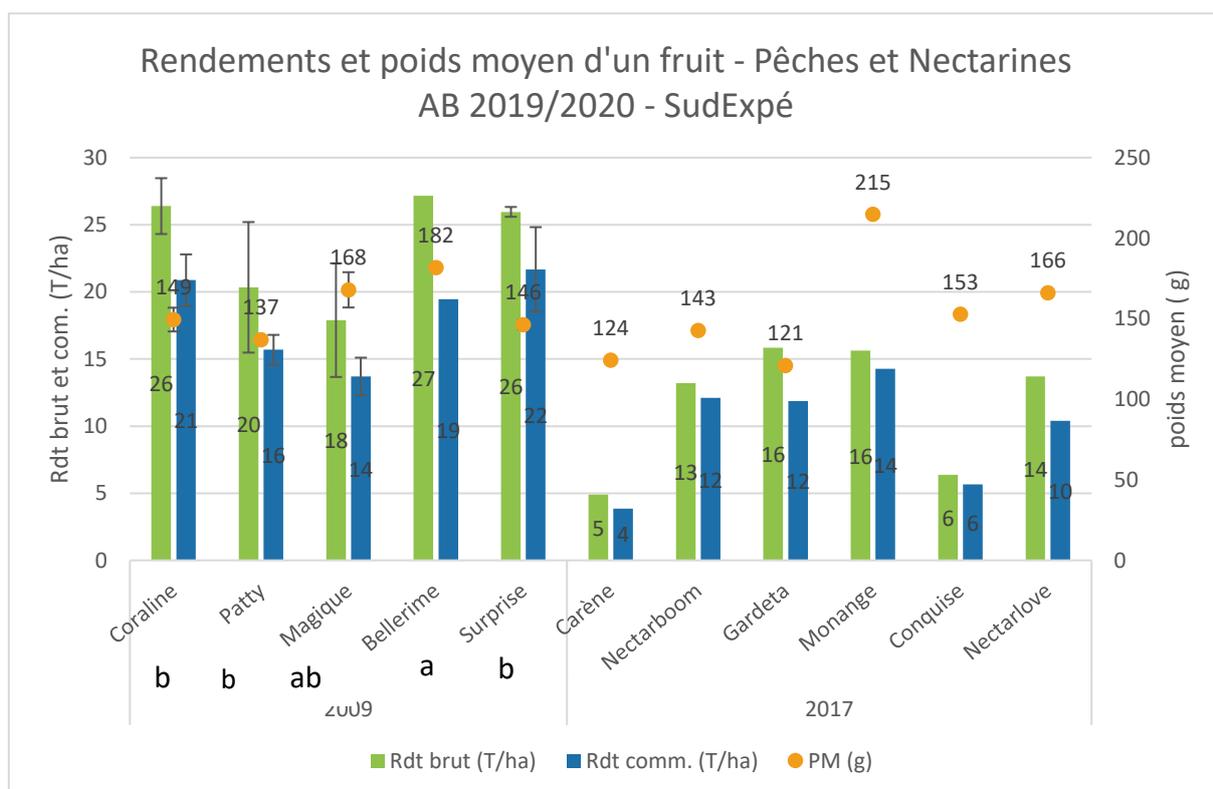


Figure 10 : Graphique représentant la moyenne des rendements bruts et commercialisables de la saison 2019 et 2020 pour les variétés plantées en 2009 et les rendements bruts et commercialisables en T/ha de 2020 pour les variétés sur-greffées en 2017. Les poids moyens d'un fruit en g sont aussi représentés : la moyenne des deux années pour les anciennes plantation (2009) et seulement l'année 2020 pour les jeunes arbres (2017). Rdt brut = Rendement brut, Rdt comm. = Rendement commercialisable, T/ha = tonnes/hectares, PM=Poids Moyen, g=gramme. Les lettres a, b, ab correspondent aux résultats statistiques : test de Tukey et anova - value = 0.0033

On observe une tendance pour les **jeunes arbres surgreffés à avoir un rendement moins élevé que la plantation plus âgée** notamment pour les variétés Carène et Conquise qui ont des rendements commercialisables très faibles : de 4 à 6 T/ha. Ces données peuvent être expliquées par le développement des arbres moins importants pour ces variétés. On a observé que les variétés surgreffées en AB ont un retard de développement important contrairement aux variétés non surgreffées de même âge. Peu réalisé en AB pour les raisons suivantes, le surgreffage a engendré des mortalités de greffons qui ont été remplacés l'année suivante en 2018. Certains arbres sont donc en réalité en 3^{ème} feuille en 2020. Cela explique l'hétérogénéité des arbres au sein de la parcelle.

On observe tout de même que Gardeta et Monange présentent un potentiel de rendement intéressant pour les producteurs AB autour de 15 T/ha. Ces variétés pourraient donc présenter un rendement potentiel maximal élevé l’an prochain.

Pour des variétés en pleine production, un rendement commercialisable autour de 20 T/ha en AB est considéré comme très correct. Toutes les variétés plantées en 2009 ont un potentiel de rendement commercialisable correct entre 14 T/ha pour Magique et 22 T/ha pour Surprise. Aucune différence significative n’est statistiquement prouvée (p-value = 0.22).

Enfin, les poids moyens des fruits mesurés ont un grand intervalle selon les variétés : de 121 g pour Gardeta à 215 g pour Monange. **Des différences de calibres importantes ont pu être observées entre chaque variété** ce qui fait varier le poids moyen. Cela a pu être vérifié statistiquement grâce au test Anova (p-value=0.001) qui confirme que la variété est un facteur explicatif du poids moyen. Le test de Tukey confirme que le poids moyen d’un fruit de variétés Patty, Coraline et Surprise sont statistiquement différents de celui de Bellerime. Nous nous demanderons par la suite si un poids moyen et un calibre de fruit élevés sont aussi recherchés en AB qu’en conventionnel.

5.1.1.2 Sensibilités variétales observées via les déchets en station

Un autre indicateur très important dans une étude variétale en AB est l’analyse des déchets en station après calibrage. La figure 11 et le tableau 8 présentent la pression des bioagresseurs chaque année, corrélée avec le taux de déchets et leur type observés pour chaque variété en station.

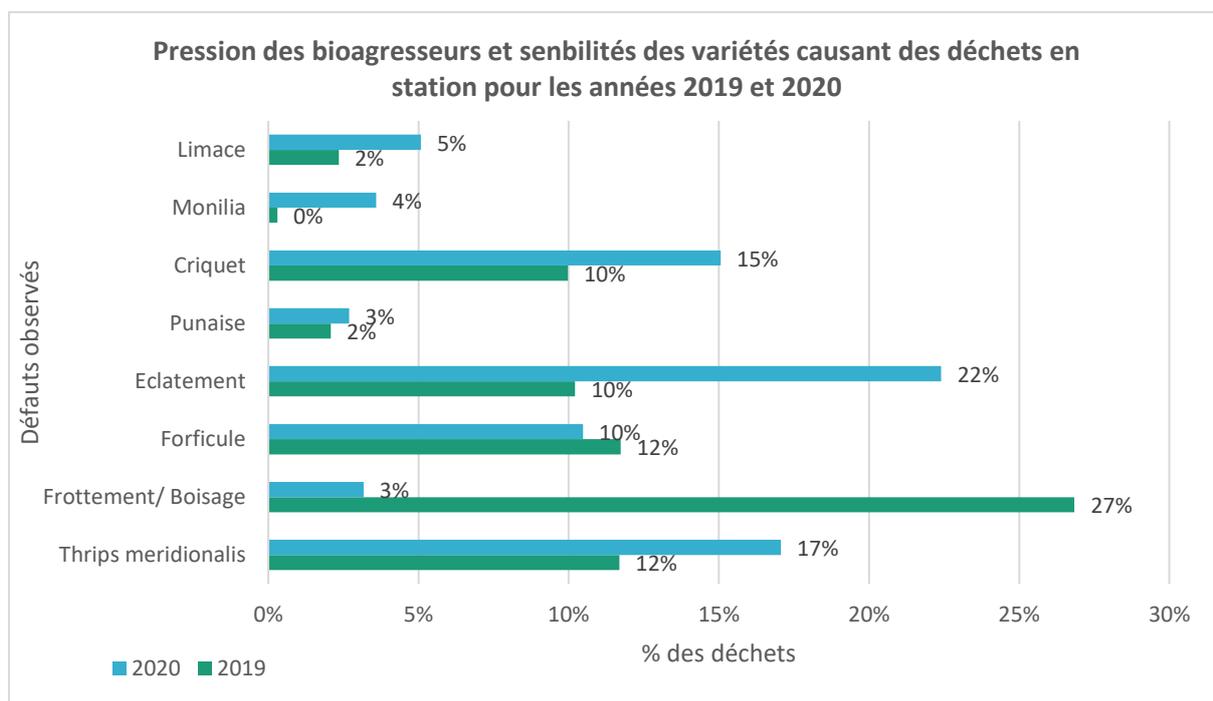


Figure 11 Pression des bioagresseurs et de la sensibilité des variétés des années 2019 et 2020.

Le figure 11 présente donc les pourcentages d’attaque de bioagresseurs observés sur les fruits après calibrage en station et les sensibilités particulières des variétés. Toutes les variétés sont ici confondues. Cela permet d’observer les différences de pressions chaque année.

Tout d’abord on observe des bioagresseurs fréquents chaque année. C’est à dire que certains bioagresseurs ont une pression équivalente tous les ans. Par exemple, les forficules ont attaqué 10% des fruits de toutes les variétés confondues en 2020 et 12% en 2019.

Entre les années, nous observons aussi de fortes différences de causes de fruits jetés. Par exemple, 27% des fruits étaient touchés en 2019 tandis que 3% pour 2020 à cause des frottements et du boisage. Ces chiffres pourraient être expliqués par les données climatiques et notamment l’intensité du vent. En effet, le vent pourrait causer des frottements importants sur les fruits qui du fait de leur sensibilité épidermique pourraient présenter du boisage à la surface des fruits et donc être déclassés voire jetés. Les frottements seraient également d’autant plus importants que la variété est en surcharge sur l’arbre. **Il est donc intéressant de regarder quel facteur influence le plus ces déchets : la variété ou l’effet année.**

Tableau 8 : Pourcentages de déchets observés en station après calibrage par variété. Ces pourcentages sont exprimés sur le total du poids récolté. Les variétés sont triées par type de variété : NB : Nectarines Blanches, NJ : Nectarines Jaunes, PB : Pêches blanches, PJ : Pêches jaunes car ces facteurs influencent les sensibilités de chaque variété de l’année 2019 et 2020. Les lettres a, b, c retranscrivent la différence significative de chaque déchets pour la variété et le type.

| | <i>Thrips meridionalis</i> | Frottement/ Boisage | Forficule | Eclatement | Punaise | Criquet | Monilia | Limace | Autres |
|-------------------|----------------------------|------------------------|-----------|------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| NB | a | | | | | | | | |
| Magique | 5% ab | 5% | 1% | 7% | 1% | 1% | 1% | 1% | 3% |
| Nectarboom | 7% a | 2% | 4% | 2% | 0% | 1% | 0% | 1% | 4% |
| Nectarlove | 15% a | 3% | 4% | 8% | 1% | 6% | 1% | 5% | 4% |
| NJ | a | | | | | | | | |
| Carène | 8% a | 3% | 2% | 2% | 0% | 1% | 0% | 1% | 3% |
| Gardeta | 11% a | 4% | 4% | 1% | 1% | 2% | 0% | 4% | 4% |
| PB | b | | | | | | | | |
| Bellerime | 0% b | 7% | 2% | 3% | 0% | 4% | 2% | 1% | 2% |
| Monange | 0% b | 4% | 3% | 0% | 0% | 4% | 0% | 0% | 5% |
| Patty | 0% b | 5% | 4% | 2% | 0% | 2% | 0% | 0% | 9% |
| Surprise | 0% b | 3% | 2% | 2% | 1% | 5% | 0% | 0% | 4% |
| PJ | b | | | | | | | | |
| Conquise | 0% b | 6% | 2% | 6% | 1% | 5% | 0% | 0% | 0% |
| Coraline | 0% b | 2% | 3% | 6% | 0% | 1% | 0% | 0% | 9% |

Pour cela nous allons nous focaliser sur la répartition de chaque défaut observé en station selon chaque variété. Le tableau 8 présente les pourcentages de fruits jetés pour chaque catégorie entre 2019 et 2020 en fonction du nombre total des fruits récoltés. Visuellement, les causes de rejet diffèrent selon les variétés et leur type. Or cela est nuancé par les statistiques qui nous indiquent que **certains déchets ne sont pas significativement dus à la variété.**

D’après le test de Kruskal Wallis, le **thrips meridionalis est significativement influencé par la variété et le type.** En effet, d’après les résultats, le type est le premier facteur influençant l’attaque du thrips suivi par la variété. Les nectarines sont significativement plus attaquées que les pêches (p-value=0.001). Les lettres du tableau montrent, grâce au test de Tukey, ces différences sur le type et la variété : Carène et Gardeta sont très différentes de Surprise, Conquise, Coraline, Monange et Patty qui sont des pêches.

Ensuite, pour les déchets des autres ravageurs (forficule, punaise, criquet et limace) aucune influence significative de la variété n’a pu être prouvée (résultat de l’Anova avec des p-value>0.05). **La variété n’influencerait donc pas l’attaque des ravageurs.**

De plus, **l'influence de la variété sur le monilia en verger et l'éclatement** a statistiquement été non significative ($p\text{-value} > 0.05$).

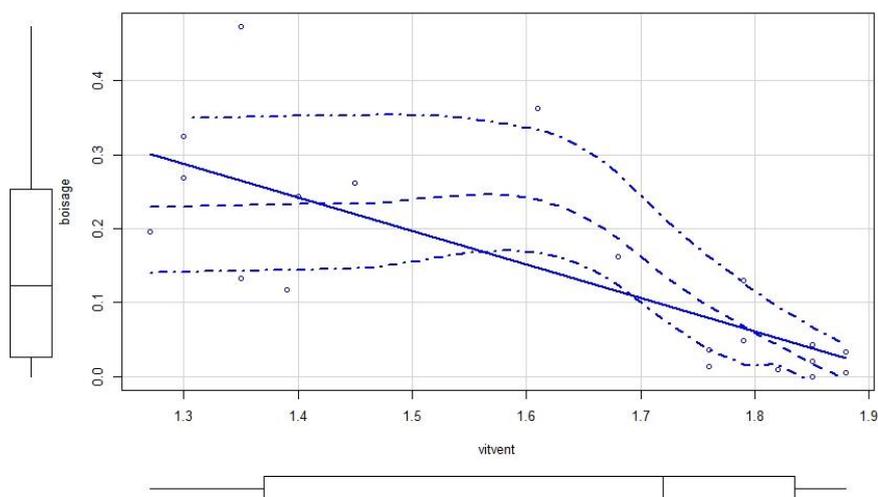


Figure 12 : Graphique représentant la régression linéaire entre le taux de boisage (en %) et la vitesse du vent (en m/s). vitvent : vitesse du vent. $R^2=0.58$

Finalement, nous avons vérifié si les frottements et boisage étaient principalement influencés par la variété (la sensibilité épidermique) ou par le vent ou l'interaction en ces deux. Premièrement, **aucune corrélation significative n'a été trouvée entre le vent et la variété** ($p\text{-value} = 0.83$). **La variété n'influence pas non plus ce taux** ($p\text{-value} = 0.98$). On observe grâce à la courbe de régression (figure 12) qu'il pourrait y avoir visuellement une corrélation entre la moyenne de la vitesse du vent et le taux de boisage. En effet, **58% de la variabilité du boisage serait expliquée par la vitesse du vent**. Ce résultat est une tendance car la normalité de la régression n'a pas pu être vérifiée. Cependant, la corrélation est négative. Or nous avons émis l'hypothèse que plus il y avait de vent plus le boisage était important. Ici le résultat est contraire. Cela pourrait être dû à la notation surévaluée en station. Nous reviendrons sur ce point en discussion.

Par ailleurs, on observe des pourcentages plus ou moins importants en catégorie « Autres ». Cette catégorie représente tous les défauts non classables car soit trop peu représentés ou non causés par des sensibilités de la variété ni par des bioagresseurs. Par exemple, les fruits trop mûrs partent à la poubelle et donc sont comptabilisés dans les déchets. Or, la récolte de fruits trop mûrs est en partie due à la personne déclenchant les récoltes. Elle peut également être causée par la difficulté de déclenchement de récolte de la variété mais cela reste marginal sur les pêches. De plus, Bellerime, variété tardive, est la seule attaquée par les chenilles mineuses telles que la tordeuse orientale du pêcher et l'anarsia.

5.1.1.3 Qualité gustative

La qualité gustative et la présentation des fruits sont également des points importants à prendre en compte lors de l'évaluation variétale. Les graphiques en radar de la figure 13 représentent les différents facteurs observés pour chaque variété en fonction de leur type (PJ, NB...).

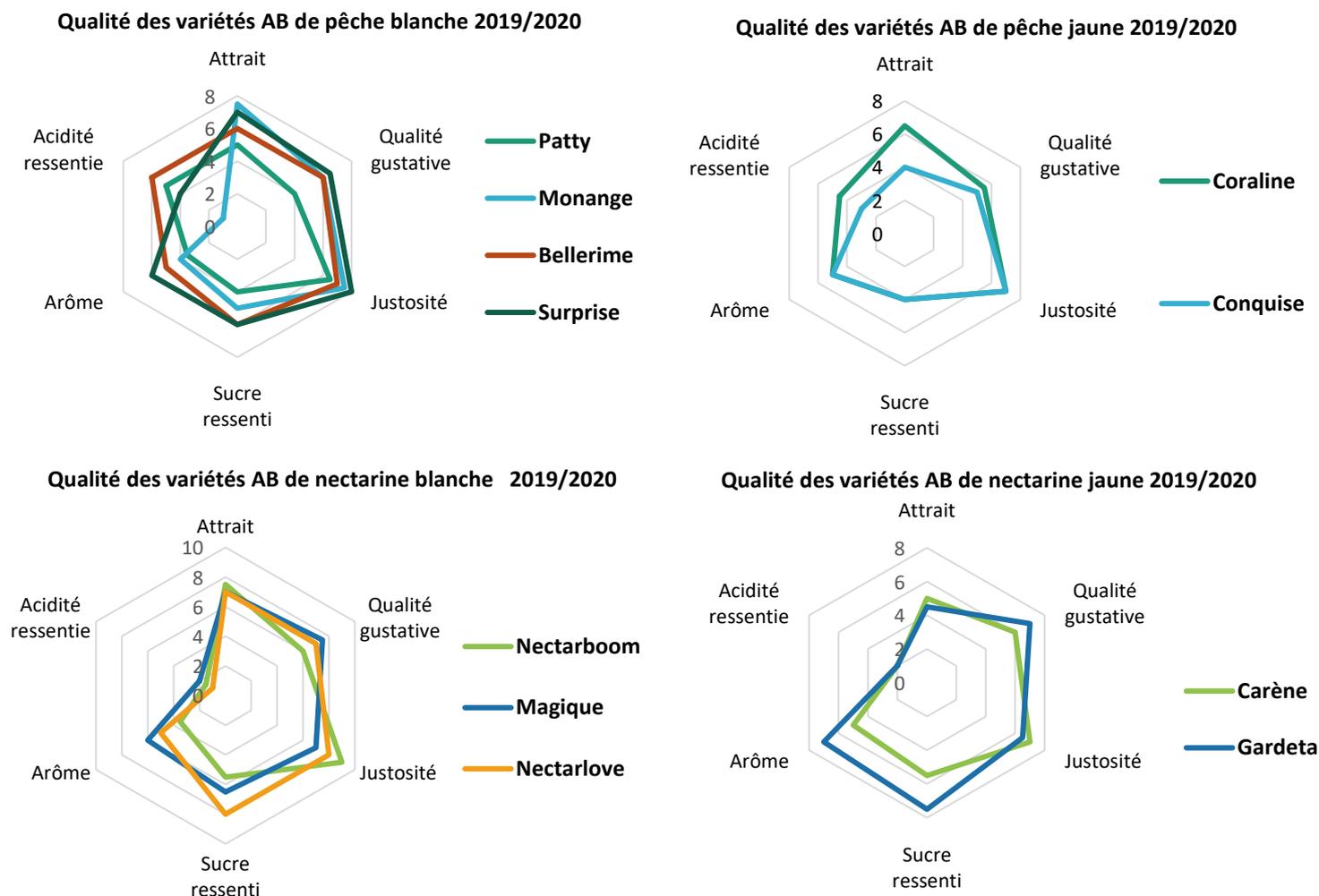


Figure 13 : Radars représentant de gauche à droite et de haut en bas : la qualité des variétés de pêches blanches, de pêches jaunes, de nectarines blanches et de nectarines jaunes.

D'après les représentations de la figure 13, on remarque que toutes les variétés ont des notes de justosité importante (de 7 à 9). L'arôme et l'attrait diffèrent très peu d'une variété à une autre tandis que l'acidité est plus présente pour les pêches en général et notamment blanches : autour de 5 d'acidité pour les pêches blanches mise à part Monange qui est à 0. De façon générale, **la qualité gustative des pêches et nectarines de n'importe quel type est bien notée avec un minimum de 6/9**. Ces données sont des tendances.

5.1.2 Sensibilité à la cloque

Un des critères observés sur la tolérance des bioagresseurs est la tolérance à la cloque (*Taphrina deformans*). Les résultats obtenus pour ce critère sont présentés sur les graphiques 14, 15 et le tableau 9. Seules les données de 2020 ont été prises en compte car la pression en cloque de l'année 2019 était trop faible pour permettre de développer les symptômes de la maladie. Le graphique 13 présente les conditions de contaminations favorables à la cloque indiquées dans le chapitre 3 : au-dessus de 8°C (indiqué par la ligne horizontale noire) couplé à environ 12 heures ou plus d'humectation. Le graphique 14 matérialise les périodes

d'exposition des variétés à ces périodes de risque de contamination. Enfin le tableau 9 présente les notes d'attaques de cloque observées qui permettront de conclure sur la sensibilité variétale à cette maladie.

- **Périodes à haut risque**

Les périodes de haut risque de contaminations (cadres verts sur le graphique 13) sont présentées en fonction des conditions climatiques de la saison. Elles ne sont pas caractérisées selon leur intensité (forte, moyenne ou faible) car ce n'est pas une modélisation mais une tendance observée. Les périodes de risques relevées sont :

- 1^{ère} période : du 26/01 au 30/01
- 2^{ème} période : du 14/02 au 17/02
- 3^{ème} période : du 26/02 au 07/03
- 4^{ème} période : du 12/03 au 14/03
- 5^{ème} période : du 18/03 au 26/03
- 6^{ème} période : du 10/04 au 30/04

- **Périodes d'exposition des variétés**

Si l'on juxtapose les graphiques des périodes de conditions favorables au développement de la maladie avec le stade de sensibilité des variétés à la cloque (du début du débourrement à la 1^{ère} feuille étalée), on s'aperçoit premièrement que seulement les 5 premières périodes sont critiques et peuvent être impliquées dans les contaminations. En effet, la dernière variété à être sensible à la cloque finit sa période de sensibilité le 30 mars. Après cette période, ce sont les contaminations secondaires qui sont prises en compte dans l'observation. Ici nous nous intéresserons seulement aux premières contaminations qui sont très importantes à maîtriser car les secondes contaminations sont d'autant plus virulentes qu'il y a eu de grosses attaques de cloque à la première contamination.

Si l'on observe les deux graphiques 14 et 15, des groupes d'exposition peuvent se former. **Sur la 1^{ère} période favorable à la cloque, une seule variété est concernée : Monange qui représente le groupe 1. Le groupe 2 correspondant aux débournements dans la 2^{ème} période de contamination est constitué de six variétés : Monange, Gardeta, Carène, Patty, Magique et Surprise. Enfin le groupe 3 (exposé à partir de la 3^{ème} période de risque) est constitué des autres variétés.** Les traitements réalisés sur la parcelle sont identiques pour toutes les variétés et lorsqu'on observe le calendrier de traitement, toute la plage de sensibilité à la cloque a été protégée. Donc nous pouvons considérer que le traitement ne joue pas en faveur ou défaveur des résultats. Nous pouvons émettre l'hypothèse que plus une variété est exposée aux périodes à haut risque (plus son numéro de groupe est faible, par exemple Monange), plus celle-ci présentera de dégât.

- **Notes d'intensité de dégâts**

Le tableau 9 présente les notes d'intensité et fréquence de dégât attribuées le 27 avril 2020 pour chaque variété. Les lettres associées à chaque note de sensibilité représentent les groupes homogènes validé statistiquement par le test de Tukey (p -value=8.44^{E-11} Kruskal Wallis). A partir de cette analyse, **trois groupes ont été distingués en fonction d'une combinaison de fréquence de dégâts et d'un seuil de sensibilité** : le groupe A contenant « a » est composé des variétés Monange, Carène et Magique qui sont les variétés les plus touchées d'un point de vue intensité et fréquence. Elles ont toutes 100% des pousses observées touchées par la cloque et la note d'intensité varie entre 7.2 et 9. Un autre groupe B contenant « b, c et d » est composé de Patty, Surprise, Nectarboom, Gardeta et Bellerime variant de

fréquence entre 93 et 100% et 6 d'intensité à 3.9. Enfin le groupe C contenant « e, f et g » serait le moins touché par la cloque et est composé de Nectarlove, Coraline et Conquise avec des fréquences entre 42 et 86% et des intensités de dégâts entre 1.2 et 2.8.

Conditions météorologiques 2020 et périodes de conditions favorables au développement de la cloque (*Taphrina deformans*) - SudExpé

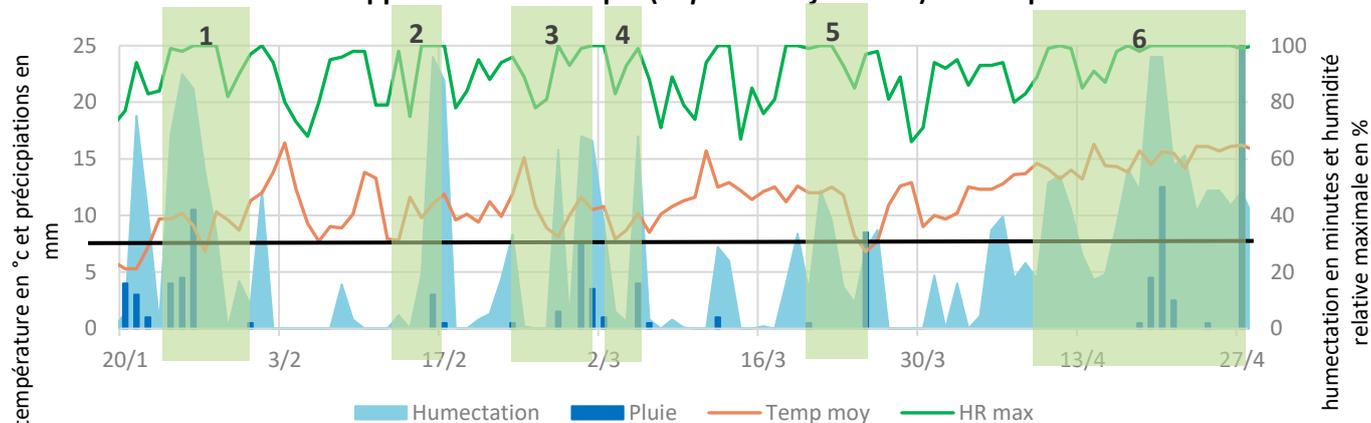


Figure 14 : Graphique représentant les conditions météorologiques 2020 et les périodes de conditions favorables au développement de la cloque à SudExpé. Ces périodes représentées par les cadres vert clair sont numérotées de 1 à 7. Les précipitations en mm, les températures en 0°C, l'humectation en heures et l'humidité relative en % sont extraites de la station météorologique Cimel.

Périodes de potentielle sensibilité à la cloque : du débourrement à la 1ère feuille étalée- Pêches AB SudExpé

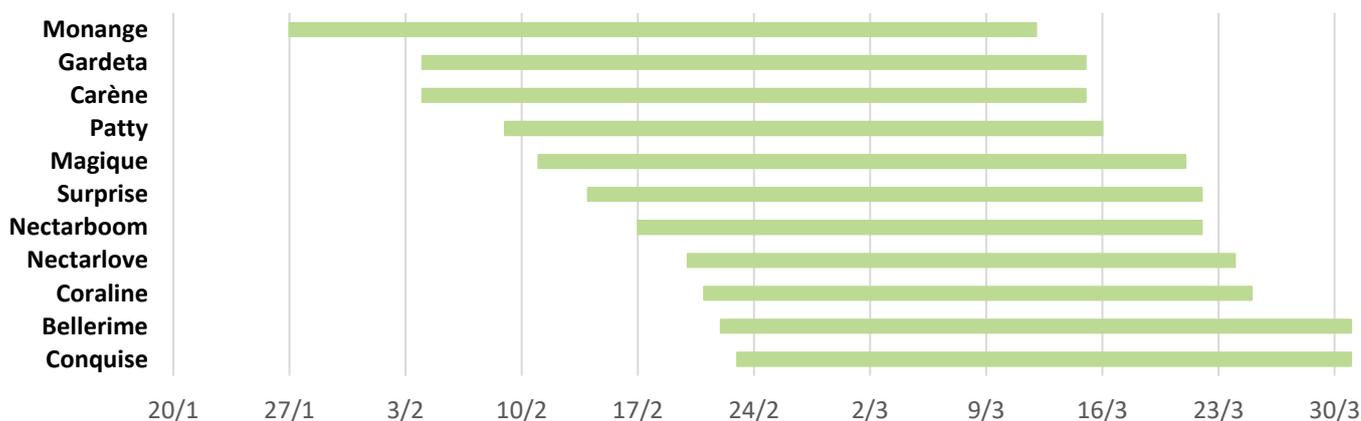


Figure 15 : Graphique représentant les périodes sensibles à la cloque des variétés (date du débourrement au stade 1ère feuille étalée).

Tableau 9 Fréquence d'arbres atteints par la cloque et l'intensité de contamination. Cette dernière est estimée visuellement selon une échelle de 0 à 9 (0 : pas d'attaque et 9 : très attaquées). Freq : Fréquence. Les lettres a,b,c,d,e,f sont le résultats du test de Tukey qui présentent les groupes homogènes selon leur intensité. Test non paramétrique Kruskal Wallis -p_value=8.44E-11)

| Variété | Fréq (%) | Intensité (0 à 9) |
|------------|----------|-------------------|
| Conquise | 42 | 1.2 g |
| Coraline | 60 | 1.8 fg |
| Nectarlove | 86 | 2.8 efg |
| Surprise | 93 | 3.9 def |
| Nectarboom | 100 | 4.5 cdef |
| Gardeta | 100 | 5.1 cde |
| Bellerime | 100 | 5.8 bcde |
| Patty | 100 | 6.0 bcd |
| Carène | 100 | 7.2 abc |
| Magique | 100 | 8.6 ab |
| Monange | 100 | 9.0 a |

En prenant en compte les groupes de 1 à 3 et de A à C, il est ici difficile de conclure sur le facteur influençant la sensibilité de la cloque. Si l'on compare les groupes selon leur note d'intensité et de fréquence d'attaque et les groupes d'exposition, ceux-ci correspondent trop peu. Par exemple, Bellerime faisant partie du groupe B a pourtant été moins exposée aux périodes favorables à la cloque que les autres

variétés (groupe 3). Il y aurait donc une influence variétale forte corrélée à une influence des conditions climatiques sur les contaminations de cloque. Il serait intéressant de quantifier ces corrélations afin d'évaluer la sensibilité variétale plus simplement.

5.1.3 Sensibilité aux maladies de conservation

Les sensibilités aux maladies de conservation est l'un des principaux freins à la production en AB de pêche.

En observant les données du tableau 10, nous pouvons remarquer que la plupart des variétés sont moyennement sensibles au monilia : cinq variétés. Deux variétés sont sensibles et une variété est peu sensible. Selon le test de Tukey, des groupes homogènes ont pu être mis en évidence sur les extrêmes. Dans les extrêmes se situent deux variétés : Nectarlove qui est très peu sensible et Magique qui est très sensible. Leur indice du 1^{er} fruit pourri (I1FP) et de 50% de fruits pourris (I50FP) et la vitesse de pourriture confirment statistiquement leur différence.

Nous pouvons également observer qu'il y a peu de différence significative entre la variété Magique, Monange et Conquise qui ont des I1FP et I50FP significativement semblables.

Tableau 10 : Sensibilités des variétés AB à SudExpé 2020 aux maladies de conservation (monilia principalement) en fonction du type de la variété (PJ : Pêches Jaunes, PB : pêches Blanches, NJ : Nectarines Jaunes, NB : Nectarines Blanches), de l'indice de pourriture du 1^{er} fruit pourri (I1FP), de l'indice de pourriture de 50% des fruits pourris (I50FP) et de la vitesse de pourriture (I1FP-I50FP). Ces moyennes sont comparées après vérification de la normalité de l'échantillon (test Shapiro Wilk p-value = 0.5865). L'Anova nous justifie que la variété est un facteur influençant l'indice de pourriture (p-value = 0.0003). Puissance = 95%. Les lettres a,b,c,d,e,f représentent les groupes homogènes selon Tukey des indice des pourriture. Les couleurs représentent la sensibilité selon la grille du Ctifl.

| TYPE | VARIETE | MOYENNE DE I 1 FP | MOYENNE DE I 50 % FP | VITESSE POURRITURE | SENSIBILITE |
|------|------------|-------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| PB | Patty | 5,36 bcd | 8,05 de | 2,69 bcd | Moyennement sensible |
| PB | Monange | 3,63 de | 5,77 e | 2,13 cd | Sensible |
| PB | Surprise | 7,92 ab | 9,72 cd | 1,79 d | Moyennement sensible |
| PB | Bellerime | 5.29 bcd | 10.20 bcd | 4.91 abc | Moyennement sensible |
| PJ | Coraline | 6,25 abcd | 10,41 bcd | 4,16 abcd | Moyennement sensible |
| PJ | Conquise | 4,18 de | 7,069 e | 2,88 bcd | Sensible |
| NB | Nectarboom | 7,69 abc | 11,31 bc | 3,61 abcd | Moyennement sensible |
| NB | Carène | 7,25 abc | 12,69 ab | 5,44 ab | Peu sensible |
| NB | Magique | 1,91 e | 5,73 e | 3,81 abcd | Très sensible |
| NB | Nectarlove | 8,875 a | 14,86 a | 5,98 a | Très peu sensible |
| NJ | Gardeta | 5,06 cd | 9,89 cd | 4,83 abcd | Moyennement sensible |

Par ailleurs, les périodes de maturité (de la date du premier au dernier passage de récolte) ont été assez courtes : de 2 à 3 jours pour Carène et Monange. Cette courte durée a pu influencer la période de sensibilité des maladies de conservation qui est d'autant plus grande lorsque les périodes de maturité sont grandes car la probabilité qu'une pluie se déclenche pendant ces périodes est plus élevée. Pour cela, il est judicieux d'expliquer les résultats d'indice de pourriture avec les périodes de maturité et quelques données météorologiques telle que les précipitations. La figure 15 indiquent donc les maturités 2020 des pêches avec les précipitations associées, leur calibre dominant pris pour la mise en conservation et leur sensibilité à la pourriture. Seule la moyenne des indices de pourritures 1FT et 50FT est prise en compte dans ce graphique. La couleur indique les différences de sensibilité en fonction de la grille du Ctifl et les lettres indiquent les groupes d'homogénéités selon Tukey sur l'indice moyen.

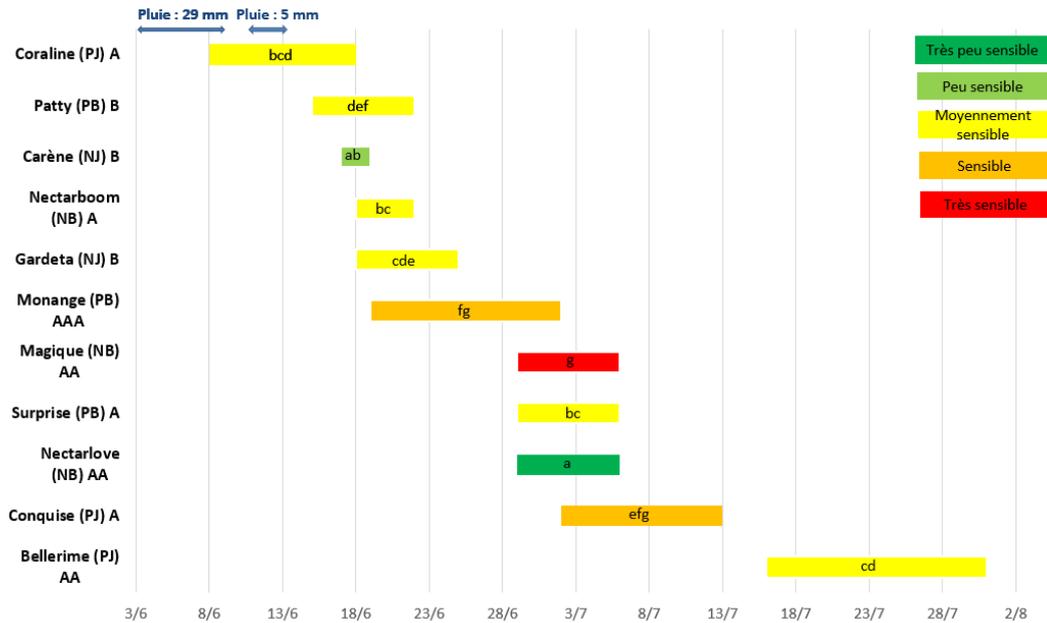


Figure 14 : Position des précipitations et des périodes de maturité des variétés de pêches AB à SudExp en 2020 selon leur type et leur calibre. Les couleurs indiquent les sensibilités aux maladies de conservation selon la grille d'évaluation du Ctif indiquant les moyennes des indices de pourriture. Ces indices sont statistiquement vérifiés grâce au test de Shapiro Wilk pour la normalité (p-value = 0.5965) et au test de Tukey pour les groupes homogènes représentés par les lettres a, b, c, d, e, f, g. Les précipitations sont également indiquées en mm. NJ : Nectarines Jaunes, PB : Pêches Blanches, NB : Nectarines Blanches, PJ : Pêches Jaunes. Les calibres sont représentés par les lettres B, A, AA, AAA (B étant le plus petit calibre).

On observe tout d'abord que les variétés ont eu des épisodes de pluie importants de 29 mm début juin et 13 mm mi-juin. Ces épisodes concordent avec la période de maturité de Coraline. On peut donc se demander si ces précipitations ont influencé le résultat sur la sensibilité des variétés.

Les couleurs générales de sensibilité indiquent une **tendance des variétés précoces et semi précoce** (de Coraline jusqu'à Gardeta) **à être moins sensibles que les variétés de saison** (de Monange à Conquise). En effet, quatre variétés semi précoces sur cinq ont une sensibilité moyenne tandis qu'une grande variabilité de sensibilités est observée pour les variétés de saison. Par exemple, Magique est très sensible et significativement très éloignée de Nectarlove qui est très peu sensible tandis que leurs périodes de maturité sont égales.

D'après le graphique 16, le cumul des pluies n'influencerait pas ou peu l'indice moyen de pourriture. La période de sensibilité des variétés à la pluie serait de 30 jours avant récolte. Donc la pluie a pu rendre sensible les variétés de Coraline jusqu'à Monange. Or ces variétés ne présentent pas de sensibilité forte. Ayant eu trop peu d'épisodes pluvieux pour analyser statistiquement les corrélations entre les précipitations et les périodes de sensibilité des variétés, **nous ne pouvons pas conclure sur un effet de la pluie sur les maladies de conservation.**

De plus, il est également important de prendre en compte le calibre dominant choisi pour chaque mise en conservation car celui-ci peut influencer la sensibilité. D'après le test de Tukey, des groupes statistiques de sensibilité en fonction des calibres peuvent être révélés : calibre A : groupe a, calibre B : groupe ab, calibre AA : groupe bc, calibre AAA : groupe c. D'après ces résultats il y aurait une influence significative du calibre sur la sensibilité aux maladies de conservation. Donc **plus un calibre est petit, moins il pourrit.**

Par ailleurs, on observe qu'une variété peu sensible aux maladies de conservation est donc d'autant plus « tolérante » si elle a un gros calibre : par exemple Nectarlove est très peu sensible tandis qu'elle a un calibre dominant de AA.

La sensibilité variétale ne serait donc pas le seul facteur explicatif de la sensibilité des maladies de conservation. **Le calibre, la précocité et les conditions climatiques seraient aussi des facteurs influençant cette sensibilité. Leurs interactions pourraient aussi expliquer ce critère.**

5.1.4 Sensibilité aux pucerons farineux

Le puceron farineux est un bioagresseur causant beaucoup de soucis aux producteurs de pêcheurs AB. Peu de bibliographie est disponible sur le sujet car c'est un bioagresseur secondaire voire inexistant en verger conventionnel. Ayant observé de grosses attaques de ce ravageur sur le verger AB depuis 3 ans, j'ai souhaité présenter quelques résultats qui me paraissent importants à prendre en compte lors de l'évaluation variétale de pêcheurs en AB.

- Représentation parcellaire de l'attaque par variété du puceron farineux



Figure 17 : Plan de la parcelle des pêches AB SudExpé 2020 représentant l'intensité d'attaque de 0 à 9 du puceron farineux selon les variétés et leur emplacement dans la parcelle. Les arbres notés d'un carré blanc n'ont pas été notés. Les cadres noirs représentent les zones de la parcelle 1, 2 et 3. Rg : Rang, N : Nord

Les résultats qui suivent sur la figure 17 présentent l'attaque du puceron farineux en 2020 selon les variétés et selon leur position dans la parcelle. La parcelle a été découpée en trois zones encadrées en noir sur le plan (Figure 17). La note de sensibilité est exprimée de 0 à 9 pour chaque arbre (7 à 10 arbres / variété) où 9 est la note de sensibilité maximale. Elle est présentée avec un code couleur sur le plan de l'ilot où plus la couleur s'approche du rouge, plus la note de sensibilité est élevée.

Le plan nous montre que certaines variétés telles que Bellerime, Conquise et Coraline ont été très touchées par le puceron farineux car leur note moyenne est supérieure à 8. Or Si l'on observe les notes de chaque arbre pour chaque variété, des zones peuvent se dessiner. En effet, **l'attaque des pucerons visuellement, ne s'arrête pas à une variété en particulier mais aurait plutôt un angle d'attaque par foyer.** Les variétés plus au centre de la parcelle ne

sont pas du tout touchées. Ces résultats nous amènent à nous questionner sur la réelle sensibilité variétale au puceron farineux. En effet, les méthodes CEB concernant la notation des pucerons indiquent de construire le plan des essais pucerons avec des blocs éclatés afin de prendre en compte ces disparités spatiales d'attaque du puceron. (Imbert et al. 2010).

- Représentation de l'attaque par zone

Le tableau 11 ci-après présentent les résultats des notes d'intensité par arbre et par variété en fonction de la zone d'attaque. Il indique la répartition des notes selon les zones en fonction soit de la note totale des arbres ayant la même note, soit en fonction de la note totale représentée par la zone. Nous pouvons voir que 32% des notes égale à 0% d'attaque sont en zone 1 contre 27% en zone 2 et 41% en zone 3. La différence est donc très faible. Cependant, 96 % des arbres de la zone 1 ont une note de zéro contre 73% en zone 2 et 75% en zone 3. Cette indication pourrait montrer **une tendance des zones 2 et 3 à être moins touchées par le puceron farineux**. Aucune différence significative n'est cependant observée sur les notes d'attaque forte entre la zone 2 et 3.

En combinant ces observations avec le plan de la figure17, nous pouvons ici conclure que **le puceron farineux aurait tendance à attaquer certaines zones du verger plus que d'autres**. Il est donc difficile de conclure sur la sensibilité variétale au puceron farineux. Les notes dans le tableau de synthèse final ne seront donc pas à considérer comme acquises.

Tableau 11 : répartition des attaques de pucerons farineux (notes de 0 à 9) selon les arbres et la zone d'attaque (1, 2 et 3). A gauche les notes sont présentées en fonction du total des notes tandis qu'à droite elles sont en fonction du total des arbres. Les couleurs indiquent la sensibilité au puceron (vert = 0 non sensible, et 9=rouge, très sensible).

| Note sensibilité | Zone parcelle | | | | Note sensibilité | Zone parcelle | | | |
|------------------|---------------|-----|-----|-------|------------------|---------------|-----|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | Total | | 1 | 2 | 3 | Total |
| 0 | 32 | 27 | 41 | 100 | 0 | 96 | 73 | 75 | 244 |
| 1 | 0 | 50 | 50 | 100 | 1 | 0 | 3 | 2 | 5 |
| 2 | 100 | 0 | 0 | 100 | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 |
| 3 | 0 | 100 | 0 | 100 | 3 | 0 | 7 | 0 | 6 |
| 4 | 0 | 33 | 67 | 100 | 4 | 0 | 3 | 5 | 7 |
| 5 | 0 | 25 | 75 | 100 | 5 | 0 | 3 | 7 | 10 |
| 6 | 0 | 67 | 33 | 100 | 6 | 0 | 7 | 2 | 8 |
| 7 | 0 | 0 | 100 | 100 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 8 | 0 | 50 | 50 | 100 | 8 | 0 | 3 | 2 | 5 |
| 9 | 0 | 0 | 100 | 100 | 9 | 0 | 0 | 5 | 4 |
| Total | 132 | 352 | 515 | | Total | 100 | 100 | 100 | |

5.2 Coefficients d'importances « à dire d'expert » pour chaque indicateur considéré

Tous les résultats précédents nous indiquent les particularités de chaque variété pour chaque facteur d'observation pour l'évaluation variétale. Afin de mettre en forme toutes ces données, un tableau a été créé pour synthétiser ces résultats et aider les producteurs dans leur choix variétal. Certains critères tels que la sensibilité à l'oïdium et à la tordeuse orientale du pêcher ont en plus été rajoutés à l'analyse.

Premièrement, les résultats précédents nous indiquent que certains critères sont expliqués par la variété : la sensibilité aux maladies de conservation. D'autres critères seraient plus liés à la répartition spatiale des variétés sur la parcelle : le puceron farineux. Et enfin, d'autres critères seraient dû à la variété et d'autres facteurs tels que les conditions climatiques : la cloque par exemple.

Grâce à toutes les informations requises lors du débat (Cf annexe 3) et les résultats précédents, les coefficients ont donc pu être créés afin de représenter au mieux la réalité pour les producteurs. Les coefficients sont les suivants :

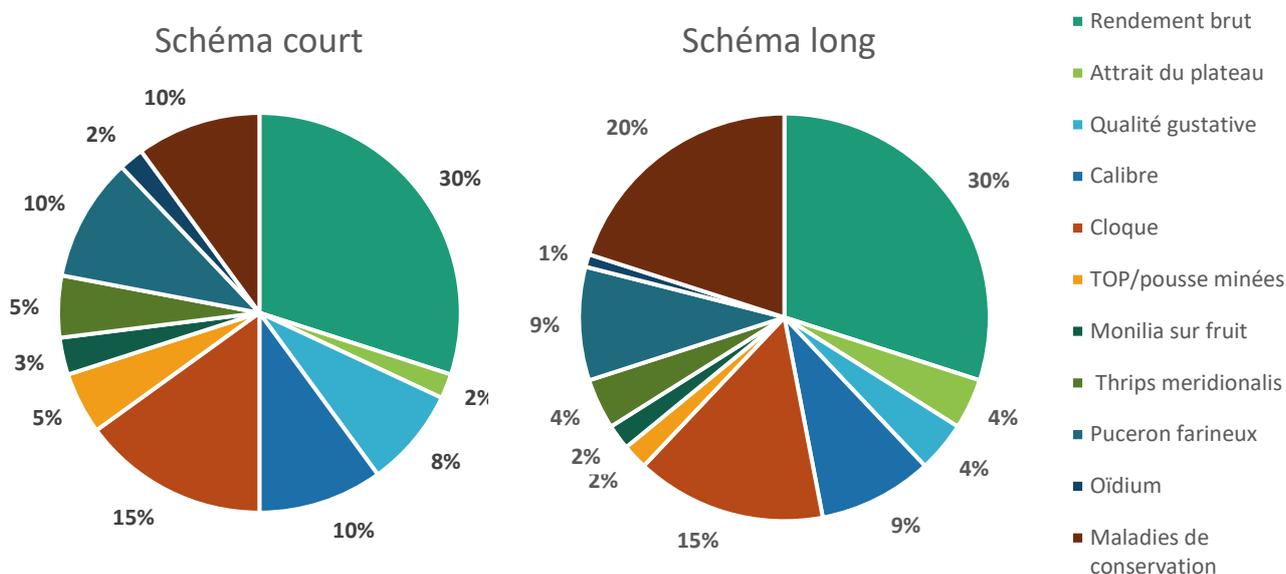


Figure 18 : Graphique en secteurs représentant les coefficients attribués à chaque critère pris en compte dans le choix variétal d'une variété de pêches en AB. A gauche, les coefficients d'importances pour un schéma de commercialisation de type court et à droite de type long.

La figure 18 présentent l'ordre d'importance des critères pour l'évaluation variétale triés selon le schéma de commercialisation long ou court. Les maladies de conservation, le rendement brut et la cloque sont les premiers critères choisis par les experts. Le puceron farineux a aussi un poids important de 10% dans la note finale. Leur poids dans la note représente 55% pour le schéma court et 65% pour le long.

Les autres critères, pas moins importants, ont eu des notes inférieures pour plusieurs raisons. Une des principales raisons est liée aux résultats précédents qui indiquent que certains critères ne peuvent pas être simplement résumés par une sensibilité variétale. Par exemple, l'attaque du puceron farineux serait plus influencée par la répartition spatiale des variétés dans la parcelle que par la sensibilité de la variété au puceron en elle-même. Il a donc été appliqué une note moins élevée pour ce critère que les autres.

Ensuite, la qualité gustative et la présentation du fruit ont un poids dans la note finale de 10% réparti différemment selon le schéma. Enfin, on observe une légère différence entre le schéma de commercialisation court et long pour les critères des maladies de conservation et qualité gustative.

5.3 Tableau de synthèse

Le tableau de synthèse suivant (Tableau 12) présente toutes les variétés et leurs notes pour chaque critère évalué. Les coefficients pour le schéma de commercialisation long et court ont été appliqués pour la note finale. Pour chaque critère soit la moyenne de l'année 2019 et 2020 a été calculée soit seulement la note de 2019 ou 2020 a été prise en compte.

Les premières notes dans le tableau décrivent le potentiel des variétés en fonction de la conduite en AB. En effet, une variété en AB ayant un rendement de plus de 25T/ha est très correct tandis qu'en conventionnel on recherche plus du 50 T/ha.

Tableau 12 : tableau de synthèse présentant les variétés selon leur type et leur année de plantation en fonction des critères de choix variétal (potentiel agronomique et sensibilité aux bioagresseurs). L'intérêt de la variété en schéma de commercialisation long et court est calculé en fonction de toutes les notes corrigées par un coefficient différent selon le mode de vente. PB : Pêches Blanches, PJ : Pêches Jaunes, NB : Nectarines Blanches, NJ : Nectarines Jaunes.

| Année plantation | Type | Variété | Rendement brut | Attrait du plateau | Qualité gustative | Calibre | "Tolérance" cloque | "Tolérance" TOP/pousse minées | "Tolérance" monilia sur fruit | "Tolérance" <i>Thrips meridionalis</i> | "Tolérance" puceron farineux | "Tolérance" à l'oïdium | "Tolérance" maladies de conservation | Intérêt de la variété court | Intérêt de la variété long | |
|--|------|------------|----------------|--------------------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| Coeff schéma long | | | 30 | 4 | 4 | 9 | 15 | 2 | 2 | 4 | 9 | 1 | 20 | | | |
| Coeff schéma court | | | 30 | 2 | 8 | 10 | 15 | 5 | 3 | 5 | 10 | 2 | 10 | | | |
| Années prises en compte pour la notation | | | 2019/2020 | 2019/2020 | 2019/2020 | 2019/2020 | 2020 | 2019/2020 | 2019/2020 | 2019/2020 | 2019/2020 | 2020 | 2020 | | | |
| | | | | | | | Pression BA | Forte | Faible | Faible | Moyenne | Très forte | Forte | Moyenne | | |
| 2009 | PB | Patty | 4 | 4,5 | 3,5 | 3 | 2 | 4,5 | 4,5 | 5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 3,6 | 3,5 | |
| | PB | Bellerime | 5 | 4,5 | 4 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 1,5 | 3,5 | 3 | 3,7 | 3,0 | |
| | PB | Surprise | 5 | 4,5 | 4,5 | 3 | 3,5 | 5 | 4 | 5 | 3,5 | 5 | 3 | 4,1 | 4,0 | |
| | PJ | Coraline | 5 | 4,5 | 4 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 3 | 4,2 | 4,1 | |
| | NB | Magique | 3 | 4 | 4,5 | 4 | 1 | 5 | 3,5 | 4,5 | 3,5 | 4 | 1 | 3,0 | 2,7 | |
| 2017 | PB | Monange | 3 | 4,5 | 4 | 2 | 1 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3,0 | 2,8 | |
| | PJ | Conquise | 1 | 3 | 3,5 | 4 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3,0 | 2,8 | |
| | NJ | Carène | 1 | 3,5 | 4 | 2 | 1,5 | 4,5 | 4,5 | 3,5 | 5 | 4 | 4 | 2,6 | 2,6 | |
| | NJ | Gardeta | 3 | 3,5 | 4,5 | 2 | 2,5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3,2 | 3,1 | |
| | NB | Nectarboom | 2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 3 | 3 | 3,4 | 3,2 | |
| | NB | Nectarlove | 2 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 1,5 | 4 | 3,5 | 5 | 3,5 | 3,5 | |

Les coefficients appliqués pour chaque critère servent à aider dans le choix variétal et affiner les notes par rapport aux réelles demandes de la variété. Par exemple, Monange est la variété qui a tendance à être la plus sensible à l'oïdium, or l'oïdium ne posant pas de soucis très graves en AB, influence peu le résultat final de l'intérêt de la variété car le coefficient de l'oïdium est de 2%

Remarque

- Rendement (T/ha) : 1 = [0 ;10[, 2=[10 ;15[, 3=[15 ;20[, 4=[20 ;25[, 5=[25 ;+]
- Note qualité gustative : de 1= très mauvais à 5=très bonne
- Note de « tolérance » aux bioagresseurs : de 1= très faible à 5 = très fort

- Variétés adaptées à chaque schéma de commercialisation

Tout d'abord, nous pouvons remarquer que **l'écart entre les notes finales attribuées à chaque variété pour le schéma de commercialisation long et court est faible**. Seules les variétés Magique et Bellerime ont un gros écart (de 0.3). Cela est dû notamment à leur sensibilité aux maladies de conservation. En effet Magique étant très sensible pour ce critère, elle serait moins adaptée pour le schéma de commercialisation long. Cependant, ayant une très bonne qualité gustative (de 4.5), **elle pourrait être récoltée en sous maturité afin de contrer les maladies de conservation** sans pour autant faire diminuer de beaucoup sa qualité. Cela permettrait de pouvoir la vendre en circuit long.

Parmi les autres variétés qui paraissent non adaptées au schéma de commercialisation long il y aurait Monange, Conquise et Carène avec des notes inférieures à 2.9. Conquise et Carène ont été surgreffées en 2017 ce qui pourrait expliquer leur faible rendement et donc leur note inférieure aux autres variétés. **Concernant Monange, sa forte sensibilité à la cloque ne lui permet pas de pouvoir être classée comme une variété adaptée en AB car la cloque fait partie des bioagresseurs les plus virulents en AB.**

Par ailleurs, les variétés se distinguant le plus de ce tableau sont **Surprise et Coraline qui seraient le plus adaptées d'après cette étude à la conduite en AB**. Leur note est principalement due à leur fort potentiel de rendement (note de 5) et à leur « tolérance » à la cloque et aux maladies de conservation. Ces variétés sont donc adaptées à tous les schémas de commercialisation.

- Le choix variétal : un compromis entre tous les critères

Nous observons en général qu'il n'existe pas de variétés tolérantes à toutes les maladies et ravageurs étudiés. La plupart du temps, les variétés présentent une moindre sensibilité à un ou plusieurs bioagresseurs mais rarement à tous. Il existe des différences de sensibilité entre variétés notamment pour les maladies de conservation et la cloque mais d'autres facteurs rentrent dans le système et influent sur les notes finales : les périodes d'exposition, la pression des années...etc. Ces niveaux de sensibilité sont complexes à appréhender et à mettre en évidence. Nous ne pouvons donc que conseiller des variétés en fonction des besoins des producteurs (précocité des variétés, schéma de commercialisation, type de variétés...etc.), de leurs itinéraires techniques. Par exemple, la variété Nectarlove paraît avoir un bon potentiel pour la conduite en AB car elle est peu sensible à la cloque (note de 4) et aux maladies de conservation (note de 5). Or, cette nectarine serait sensible au *thrips méridionalis* ce qui, pour certains producteurs, pose beaucoup de soucis en termes de commercialisation.

Le projet Fan de Bio étant un grand réseau de centre d'expérimentations, aboutira avec ces données à une synthèse finale regroupant toutes les variétés étudiées et ainsi permettre un évaluation systémique plus conséquente et significative.

6 Discussions et pistes d'amélioration du projet

6.1 Discussions des résultats

6.1.1 Interactions non prises en compte par les coefficients

Les résultats présentés précédemment confirment l'hypothèse que le choix variétal est un compromis entre tous les critères et que l'idéotype de la variété de pêche adaptée en AB n'existe pas.

De plus, les variétés nous ont montré des comportements différents selon les pressions de l'année. Beaucoup d'interactions entre les sensibilités variétales, les conditions climatiques et d'autres facteurs ont été perçus mais aucune n'a pu être prouvée statistiquement.

Les coefficients créés devaient permettre d'aider les producteurs dans leur choix et d'harmoniser les notes en prenant en compte les interactions entre les critères. Or les notes finales montrent une limite à ces coefficients qui ne différencient pas de beaucoup les différents types de commercialisation. Ils permettent de donner une indication sur le potentiel des variétés selon les niveaux d'importances des critères en conduite d'AB. Cependant, ils ne permettent pas de prendre en compte les résultats précédents sur les sensibilités aux bioagresseurs. Par exemple, Bellerime a une note finale moyenne de 3.7 en circuit court qui est expliquée principalement par sa très faible note à la « tolérance » au puceron farineux (de 1.5). Or nous avons démontré qu'il n'y aurait pas de réelle sensibilité variétale au puceron farineux mais plutôt une attaque de ce ravageur par foyer et par zone. Ces coefficients ne reflèteraient donc pas réellement le potentiel des variétés.

De plus, nous n'avons pas pu confirmer clairement avec les résultats les interactions entre les conditions de contamination des maladies et leur exposition car trop peu de précipitations sont tombées lors de la saison pour pouvoir conclure. Ces comportements nous montrent qu'il y a beaucoup d'interférences entre les facteurs et qu'il serait intéressant de pouvoir les chiffrer.

6.2 Discussions des méthodes

6.2.1 Identification des défauts en station

Lors de l'identification des défauts en station il est quelque fois difficile de déterminer la cause de la non-commercialisation du fruit. Un des défauts les plus difficile à identifier est le boisage. Le boisage peut être causé par différentes sources, physiologiques ou phytosanitaires. En effet, un boisage peut être lié aux dégâts du *Thrips meridionalis*, à un frottement dû au vent et aux gastéropodes. Ces identifications sont parfois compliquées et donc peuvent induire quelques erreurs. En général les gastéropodes sont bien identifiés tandis que le boisage dû aux frottements est confondu avec le *Thrips meridionalis*. Il est donc important de prendre en compte que sur l'identification de ces défauts, certains ont pu être confondus.

De plus, il n'y a pas de réel protocole afin d'identifier si le fruit est commercialisable ou non. En effet, le déclassement d'un fruit se fait grâce à une estimation visuelle. Pour certains bioagresseurs, des protocoles ont été mis en place (*Thrips californien*) mais essentiellement

adapté à la conduite conventionnelle (Cf. annexe 10 : Protocole essais « bioagresseurs »). Nous savons que les défauts acceptés en AB sont plus importants que ceux en conventionnel. Or aucune échelle n'a été mise en place. Il serait donc intéressant de créer une réelle échelle pour chaque type de défauts physiologiques ou phytosanitaires et donner des limites de commercialisation, pour chaque circuit (court, long).

6.2.2 Dispositif expérimental à revoir

6.2.2.1 Implantation du verger

L'implantation d'un verger expérimental est complexe car si celui-ci a été mal désigné, le retour en arrière ne peut se faire d'une année sur l'autre étant donnée la pérennité des arbres. Le verger AB de SudExpé pour être réellement efficient, aurait pu être pensé différemment. En effet, il aurait été intéressant de regrouper les variétés et leur précocité par rangs. Cette répartition aurait permis une meilleure gestion des traitements notamment. Certains traitements contre la cloque par exemple auraient pu être évités sur certaines variétés avec un débourement plus tardif et ainsi réduire l'IFT et mieux cibler les traitements sur les périodes de risque propre à chacune d'elles.

De plus, un nombre égal d'arbre aurait été plus judicieux pour l'analyse des résultats. Afin d'avoir un dispositif expérimental exploitable statistiquement, il aurait également été intéressant de cueillir et analyser chaque échantillon arbre par arbre afin d'avoir des répétitions. En effet, les résultats du projet Fan de Bio sont pour la plupart des tendances et non des données significatives d'un point de vue statistique. Cela permettrait de pouvoir chercher plus de corrélations entre chaque facteur influençant tel ou tel paramètre : par exemple, l'éclatement est-il relié à l'attaque du *Thrips meridionalis*, à la météo ou la variété ? La cloque a-t-elle influencé le calibre ? La contrainte principale à réaliser cela est le temps de travail que cela implique : pour l'expérimentateur et l'exploitation qui cueille les fruits. Cela est donc peut-être envisageable dans un contexte avec plus de salariés.

6.2.2.2 Notation des ravageurs

Un problème lié au dispositif du verger a été soulevé lors des notations des bioagresseurs. Ce problème concerne les pucerons. Il est en effet difficile de comparer des variétés entre elles sur leur sensibilité aux attaques de pucerons car ce ravageur a un système d'attaque très particulier (Gallia *et al.* Compte rendu non publié de SudExpé, Essais pucerons, 2020). D'après plusieurs observations et résultats d'essais sur les pucerons, les résultats montrent que les pucerons attaquent une parcelle par un ou plusieurs endroits mais rarement de façon homogène. C'est à dire qu'un témoin non traité (TNT) peut être non touché si celui-ci n'est pas dans la zone d'infestation du puceron. Il est donc indispensable de réaliser ces essais en bloc afin de déceler les influences de ce dernier. Le dispositif de Fan de Bio à SudExpé empêche de pouvoir réaliser des blocs. Les attaques des pucerons sur le verger peuvent donc difficilement être reliées à une sensibilité des variétés aux pucerons mais plutôt à un espace dans le verger par lequel ils attaquent. L'essai « bioagresseurs » serait dans ce cas très pertinent pour l'évaluation de la sensibilité variétale au puceron.

6.2.2.3 Analyse inter annuelles et inter sites

Un autre point important sur l'analyse des données est l'analyse d'année en année. Le projet Fan de bio a été lancé en 2017 pour finir en 2020. Or le temps de mettre en place le projet, les protocoles et le temps que les variétés soient toutes en production, il y a seulement les années 2019 et 2020 réellement exploitables pour les résultats. De plus, le manque de répétition dans le dispositif expérimental empêche de réellement comparer les années entres

elles. La pression des bioagresseurs diffère de façon importante au cours des années et ne permet pas de conclure en deux ans d'expérimentations si les variétés sont significativement sensibles différemment pour tels ou tels bioagresseurs. Ce ne sont encore que de tendances. Cependant, un point encourageant est le réseau auquel appartient le projet Fan de bio qui regroupe beaucoup d'acteurs et donc de données. L'objet final de ce projet est donc de comparer toutes ces données entre elles. Par ailleurs, l'un des points faibles de l'expérimentation en arboriculture est la faible durée de financement des essais en culture pérennes qui ne permet pas un suivi assez long pour pouvoir conclure convenablement.

6.2.3 Analyse des données des maladies de conservation

Les résultats sur l'essai de mise en conservation des fruits à amener à plusieurs questionnements : La sensibilité des variétés est-elle due seulement à celle des variétés ? Au cumul de précipitations ? Au calibre ? Au type ? Ou aux interactions entre ces paramètres ? Encore une fois, ces questions ne peuvent être résolues statistiquement car l'essai système n'a pas assez de répétition pour permettre d'avoir une puissance suffisante. Il serait donc très intéressant d'étudier ces variables et leurs interactions entre elles afin de savoir lesquelles influencent le plus la sensibilité.

De plus, nous avons observé que statistiquement, il n'y a peu de différence entre la variété Magique, Monange et Conquise. Or la grille d'évaluation du Ctifl marque cette différence car Conquise et Monange sont dans la catégorie sensible tandis que Magique est très sensible. La grille du Ctifl serait peut-être donc à revoir.

6.2.4 Estimation visuelle de la cloque

La notation de la cloque se fait par estimation visuelle (note de 0 à 9 d'intensité d'attaque). Or ce type de notation très répandu dans l'expérimentation est très subjectif. Plusieurs contraintes sont à prendre en compte lors de ces notations. La première est d'avoir un nombre relativement faible de notateurs. Il est vrai que plus une note est subjective, plus elle est influencée par l'œil du notateur. Pour effacer au plus cet effet, une ou deux personnes suffisent pour l'estimation. Enfin, un point très important à relever est que la notation a été réalisée après le passage des saisonniers pour la prophylaxie. L'estimation a dû se faire par rapport aux branches sans feuilles estimées être de la cloque. De plus, l'essai « Bioagresseurs » réalisé à SudExpé montre en 2020 que certaines variétés communes avec celles de l'essai Fan de Bio ont des sensibilités très différentes que celles observées. Ces contradictions indiquent sûrement une estimation visuelle biaisée. Il est donc judicieux de relativiser les notes sur la cloque pour le projet Fan de Bio.

6.3 Discussions des perspectives

6.3.1 Notation cloque

Un coefficient correcteur a été pensé afin d'harmoniser au mieux les notes de la cloque. En effet, nous avons observé que les facteurs de corrélation entre la période de risque de contamination, la période de sensibilité de la variété (= période d'exposition) et la sensibilité intrinsèque à la variété influence la note finale d'attaque. C'est à dire que plus une variété ayant une note de sensibilité élevée à la cloque (note proche de 9) a connu des conditions climatiques non favorables à la cloque, plus celle-ci est sensible à la cloque. Par exemple, Bellerime étant une des dernières variétés à avoir débouffée, elle a connu moins d'épisodes favorables à cloque que les autres variétés. Or cette variété a reçu une note de 6 sur 9 en sensibilité à la cloque. Cela indique donc que, en plus d'avoir eu les « meilleures » conditions pour elle, elle présente de forte sensibilité à la cloque. Cela peut engendrer une stratégie de

choix de la variété selon le milieu (parcelle exposée ou non, climat de la région, etc.) Afin d’harmoniser ces résultats, un coefficient pourrait être inventé afin de corriger ces données. Le tableau 13 est une suggestion de coefficients correcteurs en précisant seulement le niveau de correction (négatif, nul ou positif) :

Tableau 13 : Niveau de correction appliqué aux notes de sensibilité aux bioagresseurs des variétés selon si elle sont exposées aux périodes de risque.

| Degré d’exposition aux périodes favorables au bioagresseur | Note attribuée lors de la notation (de 0 à 9) | Coefficient correcteur |
|--|---|------------------------|
| Très Exposée | > 6 | Négatif |
| | Entre 4 et 6 | Nul |
| | <4 | Négatif |
| Moyennement exposée | | Nul |
| Faiblement exposée | >6 | Positif |
| | Entre 4 et 6 | Positif |
| | <4 | Nul |

Ces coefficients pourraient être utilisés pour tous les bioagresseurs.

6.4 L’évaluation variétale, adaptée à l’agriculture biologique ?

Le projet Fan de Bio a mis en place un protocole dans le but d’adapter au mieux l’évaluation variétale pour l’AB. Cependant, les éléments cités précédemment montrent les limites de ce système d’évaluation qui ne permet pas de conclure significativement aux sensibilités variétales. Il y aurait donc encore beaucoup de recherches à faire sur ce sujet notamment en s’appuyant davantage sur les essais « bioagresseurs » qui seraient les essais systèmes adaptés à la culture conventionnelle et/ou AB pour l’évaluation variétale. Pour ce faire, il faut d’une part accéder à la sensibilité aux bioagresseurs les plus préoccupants ce qui peut être abordé individuellement par des tests en serre ou en verger, et d’autre part les compléter par la recherche des combinaisons de caractères permettant la plus grande résilience en verger afin de minimiser les interventions phytosanitaires. A cet effet, le déploiement de dispositifs bas intrants permettrait de prendre en considération les interactions entre les conditions pédoclimatiques et les bioagresseurs concernés.

Enfin, les techniques permettant de réduire les attaques des bioagresseurs sont nombreuses : variétés résistantes, association d’espèces, structures agroécologiques favorisant les auxiliaires, désherbage mécanique, confusion sexuelle... Or la plupart de ces techniques, prises isolément, ne sont pas suffisantes pour contenir les attaques et éviter tout dégât, mais en les combinant, on peut souvent atteindre des efficacités comparables à celle des pesticides. Les essais systémiques Eco Phyto en pêches (Cf. Résultats de quatre années d’étude sur la variété de Nectarines Sandine à SudExpé) nous montrent bien que c’est un ensemble de technique qui permet la réduction des PPP et non seulement un facteur tel que le désherbage mécanique.

7 Conclusion

Cette étude permet d'apporter une aide dans le choix variétal aux producteurs. Grâce aux coefficients créés, nous pouvons les aiguiller en fonction de leur schéma de commercialisation vers des variétés adaptées à leurs besoins et leurs attentes.

Les variétés de pêches et nectarines étudiées ont toutes des potentiels agronomiques corrects pour la conduite en AB mais présentent des sensibilités très différentes selon les bioagresseurs. Seules quelques variétés surgreffées en 2017 n'ont pas encore développé tout leur potentiel agronomique.

Les résultats de l'étude montrent que peu d'entre elles présentent des différences selon si elles sont adaptées au schéma de commercialisation court ou long. Leur réelle différence est sur leur sensibilité aux bioagresseurs. Le choix variétal est donc un compromis car l'idéotype de la variété de pêche AB n'est pas encore atteint.

L'étude permet également de prendre conscience que chaque facteur étudié est en constante interaction avec l'environnement, les pratiques culturales et les conditions climatiques. L'apparition de la cloque paraît totalement corrélée avec l'exposition aux conditions de contaminations elle-même corrélée avec la sensibilité de la variété à cette maladie confirmant les résultats observés dans l'essai « bioagresseurs ». Les maladies de conservation paraissent interférer avec le calibre, le type et la précocité de la variété. Enfin, le puceron farineux semble plutôt attaquer par zone que par préférence pour telle ou telle variété. Enfin, tous les critères de choix variétal paraissent être en interaction ce qui complexifie l'appréhension et l'interprétation des résultats.

Peu exploitables à l'échelle de SudExpé, les nombreuses données générées par le projet Fan de Bio seront intéressantes à analyser sur les quatre années d'observations et sur tous les sites partenaires.

Afin de mieux appréhender ce type d'évaluation variétale, il serait intéressant de mettre en place des dispositifs d'évaluations systémiques tels que l'essai des « bioagresseurs » qui permet réellement d'évaluer la sensibilité des variétés aux bioagresseurs en prenant en compte l'exposition des variétés aux périodes de risques de contamination ou d'attaque.

Pour le choix final du producteur, il reste cependant indispensable de mettre en place une conduite du verger adaptée au niveau de la sensibilité de la variété plantée et aux conditions pédoclimatiques adaptées chez chaque exploitant.

8 Références bibliographiques

Andrivon D., Savini I., 2018 « Peut-on se passer du cuivre en protection des cultures biologiques ? » : 7-8 lien : <https://inra-dam-front-resources.cdn.brainsonic.com/ressources/afile/423215-51d65-resource-expertise-cuivre-en-ab-synthese-francais.pdf>

Agrios, G.N., 2005. Plant Pathology. Academic Press.

Agence Bio/AC, 2020. Agreste : 3/32 disponible sur : https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2020/07/DP-AGENCE-BIO-CHIFFRES-2019_def.pdf

Aubertot JN, Barbier JM, Carpentier A, Gril JJ, Guichard L, Lucas S, *et al.* 2005. Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. In : *Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*. France : INRA et Cemagref, 64 p. Disponible sur <http://www.inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/234150-6a298-resource-expertise-pesticides-synthese.html>. [Google Scholar]

Biggs, A. R., Northover, J. 1988. Early and late-season susceptibility of peach fruits to *Monilia fructicola*. Plant disease 72 : 1070-1074.

Blajeman JP. et Fokkema NJ. 1982 ; Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. Annu. Rev. Phytopathol. n°20, pp 167-192

Butault JP, Dedryver CA, Gary C, Guichard L, Jacquet F, Meynard JM, *et al.* 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? In : *Synthèse du rapport d'étude*. France : INRA, 90 p. Disponible sur <http://www.inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/224979-c9978-resource-ecophyto-r-d-synthese.html>. [Google Scholar]

Deguine JP, Gloanec C, Laurent JP. 2016. Protection agroécologique des cultures. Éditions Quae, 287 p.

DRAAF, DREAL Occitanie. Feuille de route EcoPhyto, 2018. P 12/36 Consultable sur : http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fdr_180315_cle0271ea.pdf page 12/36

El-Ghaouth A. *et al.* 2001. Control of decay of apple and citrus fruits in semi-commercial tests with *Candida saitoana* and 2-Deoxy-D-glucose. Biol. Control. n°20, pp 96-101.

Falconi CJ. *et Mendgen K.* 1994. Epiphytic fungi on apples leaves and their value for control of the postharvest pathogens *Botrytis cinerea*, *Monilia fructigena* and *Penicillium expansum*. Journal of Plant Pathology n°101, pp 38-47.

Ferreira B., 2020 Note de service DGAL/SDQSPV/2020-355 Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime. 14 p.

Gallia, V., Blanc P., Patouillard B., London S., 2013. Pêcher : comportement variétal en bio, 2013. Compte-rendu d'essai, Serfel, 9 p.

Gliessman SR. 2007. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture, 2nd ed. Lewis publisher (CRC Press): Boca Raton, 408 p.

Imbert JC, Allemoz P., Bernard T., Couillet JJ., Dhainaut T., Lichou J., Mandrin JF., Rouille B., Zaborowski A., 2010. Commission des Essais Biologiques « méthode d'essai d'efficacité au champ de préparations à action insecticide utilisables contre les pucerons en arboriculture fruitière », p-5.

Jacquet F, Butault JP, Guichard L. 2011. An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops. *Ecological economics* (70): 1638–1648.

Janisiewicz W. Et Korsten L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annu. Rev. Phytopathol.* n°40, pp 411-441.

Lamine C. Pluvinage J., Aubenas R., Faugier V., Simon S., Clauzel G., Lamberet M., Penvern S., Stévenin S., Buléon S., Garçon L., Bui S., Audergon J. Innovation variétale en Prunus, 1960-2013 : les enseignements d'une analyse socio-historique co-construite avec les acteurs. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n° 65, mars 2015

Lecocq R., 2019 « Résidus de pesticides : les consommateurs de plus en plus inquiets ». Disponibles sur <https://www.pleinchamp.com/fruits-legumes/actualites/residus-de-pesticides-les-consommateurs-de-plus-en-plus-inquiets>.

Lichou, J. Mandrin J.-F., Breniaux D., Mercier V., Giauque P., Desbrus D., Blanc P., Belluau E., 2002. Une nouvelle moniliose : *Monilia fructicola* s'attaque aux arbres à noyau. *Phytoma*. (547), 22-25.

Lichou, J., et Jay, M., 2012. Origine et multiplication. In Monographie abricot. Chap.2. Ed. : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris. pp.76-113.

Liu W.T. et al., 2002. Thymol and acetic acid vapors reduce post-harvest brown rot of apricots and plums. *HortScience* 37 (1) : 151-156.

Loyce C, Meynard JM, Bouchard C, Rolland B, Lonnet P, Bataillon P, *et al.* 2012. Growing winter wheat cultivars under different management intensities in France. A multicriteria assessment based on economic, energetic and environmental indicators. *Field Crops Research* 125 (1): 167–178.

Mandrin J-F. , Wedert C., 2013. Monilioses sur abricot et pêche – Les conditions favorables au développement, *Infos CTIFL* n°283, p 27-31

Mercier V., Gomez C., Warlop F., Clauzel G., Broquaire JM., 2008. Gamme variétale d'abricotiers : évaluation de la sensibilité au monilia. *L'Arboriculture Fruitière* N° 626-627, p.20-23.

Mercier V., Bussi C., Greil M.L., Ricavy I., Blanc P., Charreyron M., Montrognon Y., Guérin A., Alaphilippe, 2016. Évaluation de systèmes de cultures arboricoles à bas niveaux d'intrants et transfert aux arboriculteurs. *Innovations Agronomiques* 49 (2016), 49-58

Mercier, et al., 2013. « *Monilia laxa* sur fleurs d'abricotiers. Stades sensibles et traitements cupriques ». *AlterAgri* (117), 22-23.

Nguyen-The C., et al., 1989. Contribution à l'étude des voies de pénétration de parasites fongiques dans nectarines *Monilia laxa* et *Rhizopus stolonifer*. *Agro-nomie* vol. 9 n° 3, p. 271-276.

Petit M-S, Reau R, Dumas M, Moraine M, Omon B, Josse S. 2012. Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. *Innovations agronomiques* (2012): 79–100

Pinta P. 2015. Ecophyto 2 : une irresponsabilité frappante. Disponible sur <http://www.agpb.com/actualit%C3%A9/ecophyto-2-une-irresponsabilit%C3%A9-frappante>

Pusey PL. et Wilson CL. 1984. Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. *Plant Dis.* n°68, pp 753-756.

Qing F. et Shiping T. 2001. Postharvest biological control of grey mold and blue mold on apple by *Cryptococcus albidus* (Saito) Skinner. *Postharvest Biol. Technol.* n°21, pp 341-350.

Renaud, R., 1967. Les monilioses du prunier. *Biologie et méthodes de lutte. Revue de zoologie agricole et appliquée* (4-6), 58-64.

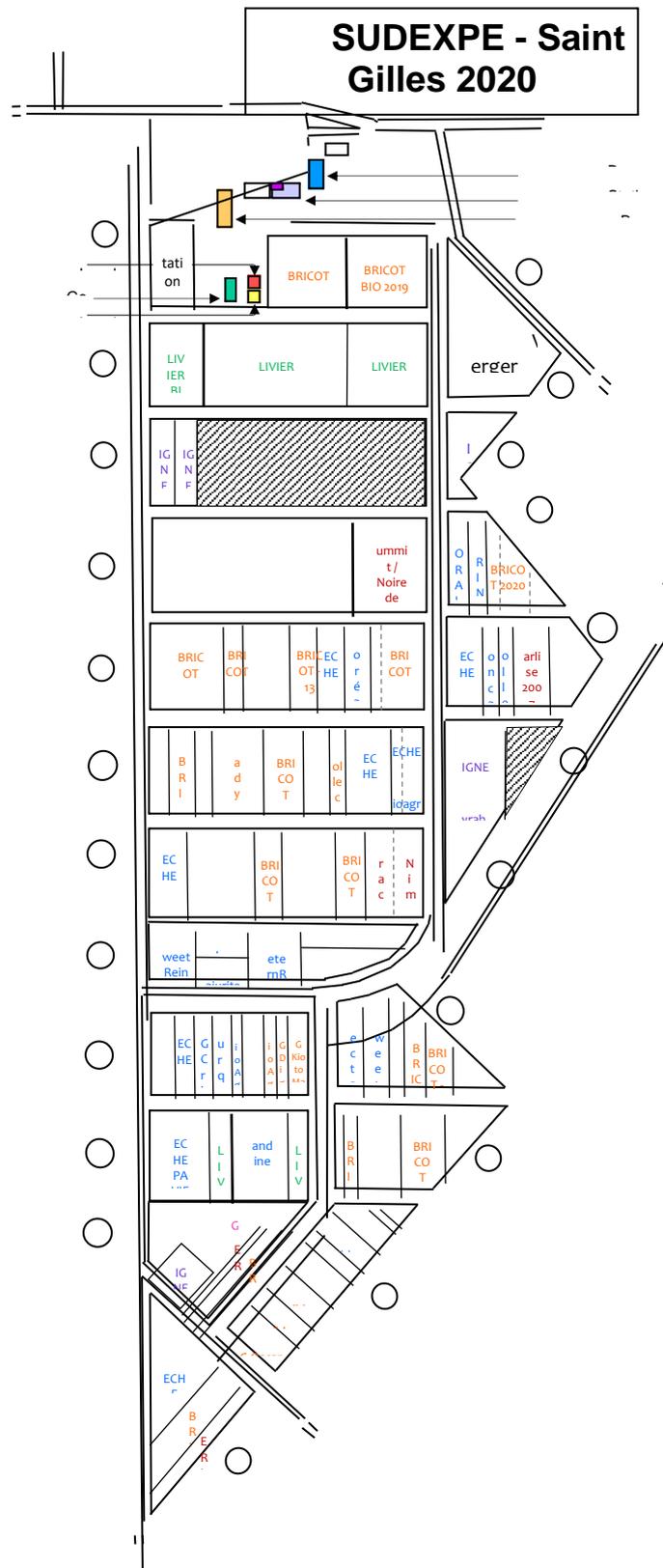
Rossi, V., Bolognesi M., Giosuè S, 2007. Influence of Weather Conditions on Infection of Peach Fruit by *Taphrina defromans*. *Institute of Entomology and Plant Pathology*. Vol. 97, No. 12, 2007 p.1625.

Warlop, F., 2003. « La lutte contre le monilia sur fleur d'abricotier ». *L'Arboriculture fruitière* (568), 53-55.

Warlop F., Gomez C., Pascal T. 2006. Evaluation des variétés de pêchers pour l'Agriculture Biologique. Colloque OILB « fruits à noyaux », Balandran, 14-16- octobre 2006.

9 Annexes

9.1 Annexe 1 : Plan général de la station SudExpé St Gilles 2020



9.2 Annexe 2 : Stade phénologique BBCH

Le PÊCHER
Principaux stades phénologiques BBCH - Meier et al. 1994



00 (A) *Bourgeon d'hiver*



51 (B) *Bourgeon gonflé*



Pointe verte



53 (C) *On voit le calice*



57 (D) *On voit la corolle*



59 (E) *On voit les étamines*



65 (F2) *Pleine floraison*



67 (G) *Chute des pétales*



71 (H) *Fruit noué*



72 (I) *Jeune fruit*



87

Fruits mûrs

Janvier 2014

Stade principal 5 : apparition de l'inflorescence

51 (B) Gonflement des bourgeons des inflorescences : les bourgeons sont fermés et pourvus d'écailles brun clair

53 (C) Eclatement des bourgeons : les écailles s'écartent, apparition de taches vert clair sur le bourgeon

54 Les inflorescences sont entourées d'écailles vert clair (la formation de celles-ci dépend de la variété)

55 Apparition des boutons floraux (fermés) naissant sur un rameau court, les écailles vertes s'écartent

56 Les sépales sont encore fermés, les pétales s'allongent, les fleurs s'écartent

57 (D) Les sépales s'ouvrent, l'extrémité des pétales blancs ou roses apparaît, les fleurs (pétales) sont toujours fermées

59 (E) La plupart des fleurs forment avec leurs pétales un ballon creux

Stade principal 6 : la floraison

60 Les premières fleurs sont ouvertes

61 Début de la floraison : environ 10% des fleurs sont ouvertes

62 Environ 20% des fleurs sont ouvertes

63 Environ 30% des fleurs sont ouvertes

64 Environ 40% des fleurs sont ouvertes

65 (F2) Pleine floraison : au minimum 50% des fleurs sont ouvertes, les premiers pétales tombent

67 (G) La floraison s'achève : la plupart des pétales sont tombés

69 Fin de la floraison : tous les pétales sont tombés

Stade principal 7 : développement des fruits

71 (H) L'ovaire grossit, chute des fruits après floraison

72 (I) Le calice desséché entoure l'ovaire vert, les sépales commencent à tomber

73 Seconde chute des fruits

75 Les fruits ont atteint environ 50% de leur taille finale

76 Les fruits ont atteint environ 60% de leur taille finale

77 Les fruits ont atteint environ 70% de leur taille finale

78 Les fruits ont atteint environ 80% de leur taille finale

79 Les fruits ont atteint environ 90% de leur taille finale

Stade principal 8 : maturation des fruits et graines

81 Début de la maturation des fruits : la couleur spécifique à la variété apparaît en plus clair

85 Maturation avancée : intensification de la coloration spécifique à la variété

87 Les fruits ont atteint la maturité demandée pour la récolte

89 Les fruits ont atteint la maturité demandée pour la consommation avec leurs goût et consistance typiques

Source : http://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Planche_pheno_pech_cle82e212.pdf

9.3 Annexe 3 : Fiche de notation des maladies de conservation

Passage de
récolte N°

du :

Notation le :
Par :

| Variété | Rep | Nb fruits | Nb fruits | | | Nb fruits | | | Nb fruits | | | | |
|-----------|-----|--------------------------|-------------|-------------|-------|--------------------------|-------------|------------|-----------|--------------------------|-------|------------|--|
| | | | Nb fruits | Nb reportés | Total | Nb fruits | Nb reportés | Total | Nb fruits | Nb reportés | Total | | |
| Bellerime | R1 | | Monilia | | | | | | | | | | |
| | | | Botrytis | | | | | | | | | | |
| | | | Rhizopus | | | | | | | | | | |
| | | | Alternaria | | | | | | | | | | |
| | | | Penicillium | | | | | | | | | | |
| | | | Autres | | | | | | | | | | |
| | | | | A reporter | | | | A reporter | | | | A reporter | |
| | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | |
| | R2 | | Monilia | | | | | | | | | | |
| | | | Botrytis | | | | | | | | | | |
| | | | Rhizopus | | | | | | | | | | |
| | | | Alternaria | | | | | | | | | | |
| | | | Penicillium | | | | | | | | | | |
| | | | Autres | | | | | | | | | | |
| | | | | A reporter | | | | A reporter | | | | A reporter | |
| | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | |
| | R3 | | Monilia | | | | | | | | | | |
| | | | Botrytis | | | | | | | | | | |
| | | | Rhizopus | | | | | | | | | | |
| | | | Alternaria | | | | | | | | | | |
| | | | Penicillium | | | | | | | | | | |
| | | | Autres | | | | | | | | | | |
| | | | | A reporter | | | | A reporter | | | | A reporter | |
| | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | | Nb fruits sains restants | | | |
| R4 | | Monilia | | | | | | | | | | | |
| | | Botrytis | | | | | | | | | | | |
| | | Rhizopus | | | | | | | | | | | |

9.4 Annexe 4 : Arguments et réponses abordés pendant le débat

- [Le rendement](#)

Le rendement est souvent le premier point abordé lorsqu'on parle de choix variétal. Même si les producteurs AB répondent rapidement que la qualité gustative est un point primordial, le rendement reste néanmoins le premier critère influençant le choix variétal (M. Millan, 2020). Le potentiel de rendement d'une variété est donc recherché élevé. Son coefficient sera donc aussi élevé.

- [Le calibre](#)

En agriculture conventionnelle, le calibre est valorisé grâce au prix. Plus un fruit est de gros calibre, plus il est vendu cher. Cependant en AB, un calibre B sera vendu quasiment au même prix que le calibre A (Y. Montrognon, 2020). Ce critère est donc moins recherché en AB. Il est tout de même à considérer qu'une variété en conventionnel ayant un potentiel de gros calibre diminuera automatiquement son calibre en AB à cause du porte greffe et de la fertilisation moins efficace pour ce type de production (C. Miouren). Le calibre n'est donc pas à oublier lors du choix variétal. Son coefficient sera élevé à moyen.

- [La qualité gustative](#)

La qualité gustative selon les quatre experts ne pose presque plus de problèmes en pêche aujourd'hui car la sélection variétale a fait de gros efforts sur ce critère notamment sur le taux de sucre. Il est en effet rare aujourd'hui de trouver une variété ayant une qualité gustative médiocre. Cependant, cela est relativiser car une variété vraiment non appréciée du consommateur peut poser des problèmes aux producteurs qui ne pourra plus la vendre. Son coefficient sera donc moyen.

Les sensibilités variétales sont des points très importants dans le choix variétal notamment en AB avec toutes les contraintes et limites de production rencontrées. La cloque est, selon les experts, le problème majeur avec les maladies de conservation pour la production.

- [La sensibilité à la cloque](#)

Cette sensibilité est en effet problématique car si une variété est très sensible à cette maladie, il n'y aura aucune pousse et donc aucun fruit. Elle peut donc poser de grosses pertes de rendement. De plus, selon les résultats présentés précédemment, la cloque serait expliquée en partie par la variété. Or les conditions climatiques de SudExpé St Gilles sont en général défavorables à son développement. Il serait donc intéressant de prendre aussi en compte les conditions climatiques dans lesquelles les variétés sont adaptées. Son coefficient sera donc moyen.

- [La sensibilité aux maladies de conservation](#)

Ce critère est l'un des points sensibles de la production de pêche en AB. En effet, comme indiqué dans les résultats sur les maladies de conservation, aujourd'hui aucune variété n'est réellement tolérante à ces maladies. Selon les experts, les critères qui jouent en faveur de celles-ci sont surtout le calibre (un calibre trop élevé pourri plus vite) et la précocité des pêches (une tardive pourri plus vite). Or, selon les résultats de cette étude, nous n'avons pas pu démontrer statistiquement que la vitesse de pourriture ou l'indice moyen de pourriture était dû au calibre, à la précocité ou même au cumul de pluie pendant la période critique des variétés. En général, la variété explique en partie cette sensibilité mais pas seulement (à 95% Cf. partie Sensibilité aux maladies de conservation). Le coefficient sera donc élevé.

- [Sensibilité au monilia verger](#)

Cette sensibilité observée en verger est difficilement reliée à la sensibilité variétale car elle a souvent tendance à être en corrélation avec une attaque au préalable par un forficule ou un criquet (Y. Montrognon). Cela crée une porte d'entrée pour le monilia en verger. Il est donc ici judicieux de regarder plus auprès de la sensibilité à ces bioagresseurs. Son coefficient ne sera donc plutôt faible.

- [Sensibilité aux forficules](#)

Les forficules sont des insectes autant auxiliaires que ravageur. Lorsqu'ils sont ravageurs, ils peuvent réellement causer de grosses pertes de récolte en grignotant les fruits qui peuvent aller jusqu'à pourrir. Cependant, il est difficile de conclure sur une sensibilité variétale du forficule. Il serait attiré par les fruits les plus sucrés mais en cas de forte pression, il attaque toutes les variétés. Il a donc été décidé de ne pas ajouter ce critère au tableau final.

- [Sensibilité au puceron farineux](#)

Le puceron farineux était l'un des plus gros fléaux pour le producteur de pêches AB. C'est un ravageur qui pourrait être contenu grâce à des produits tels que le Flipper (un savon). Il est cependant difficile de parler de sensibilité variétale au puceron en général car comme l'indiquent les résultats précédents, le puceron attaquerait des zones particulières des parcelles plutôt qu'une variété par rapport à une autre. Ce coefficient sera donc moyen à élevé.

- [Sensibilité au thrips](#)

Le thrips meridionalis est le thrips causant le plus de dégâts sur nectarines. Les pêches ont rarement des attaques de ce ravageur (Cf. Partie Résultats du type de déchets en station). Le boisage créé par ce dernier, peut déclasser fortement le fruit mais rarement le rendre invendable (P. Blanc). Son coefficient est donc faible.

- [La précocité des variétés](#)

Ce critère est aussi à prendre en compte car selon les experts, pour pallier les maladies de conservation il ne faut pas avoir de pêches tardives (récoltées après le 15 août) car leur sensibilité devient trop importante. Selon nos résultats, le critère de la sensibilité aux maladies de conservation n'a pu être expliqué par la précocité des variétés.

- [Les itinéraires techniques et schéma de commercialisation](#)

D'un point de vue protection phytosanitaire, l'importance de la sensibilité de la cloque est discutable car en AB les produits pour lutter contre sont présents et plutôt efficaces : Curatio, BNA et cuivre. Contrairement à cela, contre les maladies de conservation, aucun produit aujourd'hui homologué en AB est réellement efficace pour lutter contre. Cela rejoint les coefficients attribués à ces deux critères.

La problématique posée était de séparer le tableau de synthèse en deux parties afin d'y insérer une partie sur les schémas de commercialisation longue et un sur les courts. Or après discussion des résultats et entrevu avec les experts, seulement les critères des maladies de conservation et qualité gustative peuvent changer selon le producteur et son mode de commercialisation. En effet, le mode de commercialisation étant intimement lié avec le temps entre la cueillette et la vente au particulier, si une variété est sensible aux maladies de conservation (c'est à dire que 50% des fruits pourrissent en deux ou trois jours), le fait de vendre en circuit long peut réellement poser des problèmes (V. Gallia, 2020) (même s'il peut être compensé partiellement par la cueillette en sous maturité). De plus, la qualité gustative est d'autant plus importante si le circuit de commercialisation est long car le potentiel de

qualité gustative diminue si le fruit est cueilli en sous-maturité (ce que réalise souvent les producteurs en schéma de commercialisation long). Son coefficient sera donc moyen à élevé selon le schéma.

Pour tous les autres critères, que le schéma soit long ou court, les poids restent les mêmes.

Lors de ce débat, les interactions entre tous les facteurs ont beaucoup été abordés. En effet, c'est tout un schéma de production qui est réfléchi lorsqu'on l'on souhaite analyser la production en AB (C. Miouren). Par exemple, selon les experts il est préférable en AB de cueillir les fruits directement en plateaux si la thermothérapie n'est pas réalisée car les fruits passant en station et au calibrage s'abîment plus vite et peuvent perdre un jour sur le schéma de commercialisation. Le choix du porte-greffe est également un point important à prendre en compte car la baisse de calibre va être d'autant plus importante si le porte-greffe n'est pas adapté. Tous ces critères sont donc importants car ils sont tous liés entre eux.

9.5 Annexe 5 : Dynamique de l'évolution des maladies de conservation

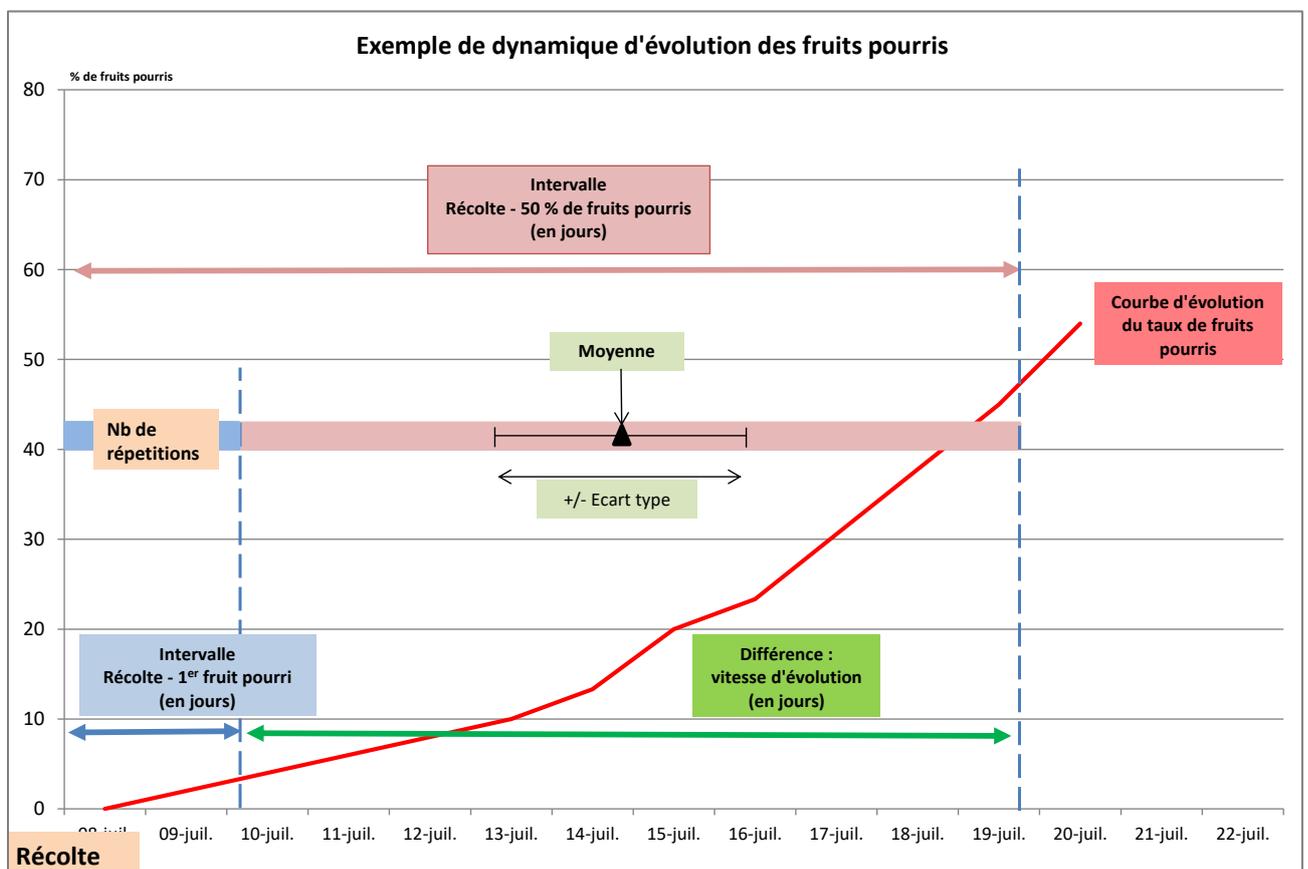


Figure 15 : Graphique représentant la dynamique de l'évolution des fruits pourris ne salle conservation. Les courbes sont exprimés en μ de fruits pourris en fonction du nombre de jour après récolte. Sur les graphiques sont indiqués les indices importants à prendre en compte pour l'évaluation de la sensibilité aux maladies de conservation.

9.6 Annexe 6 : Analyses statistique des rendements et poids moyens

On cherche a trouvé un lien entre la variété et le rendement et les poids moyens.

```
mod1 <- lm(RDT_com ~ var,data=stat_rdt)
> mod1bis <- lm(log(RDT_com) ~ var,data=stat_rdt)
> anova(mod1)
Analysis of Variance Table
```

```
Response: RDT_COM
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
var    4  94.166   23.541   2.0453 0.2261
Residuals 5  57.550   11.510
> anova(mod1bis)
Analysis of Variance Table
```

```
Response: log(RDT_com)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
var    4  0.30127 0.075318   2.4061 0.1808
Residuals 5  0.15651 0.031303
```

D'après les résultats de l'anova il n'y aurait pas de différence significative entre les variétés pour la variable rendement commercialisable.

```
mod2 <- lm(PM ~ var,data=stat_rdt)
> mod2bis <- lm(log(PM) ~ var,data=stat_rdt)
> anova(mod2)
Analysis of Variance Table
```

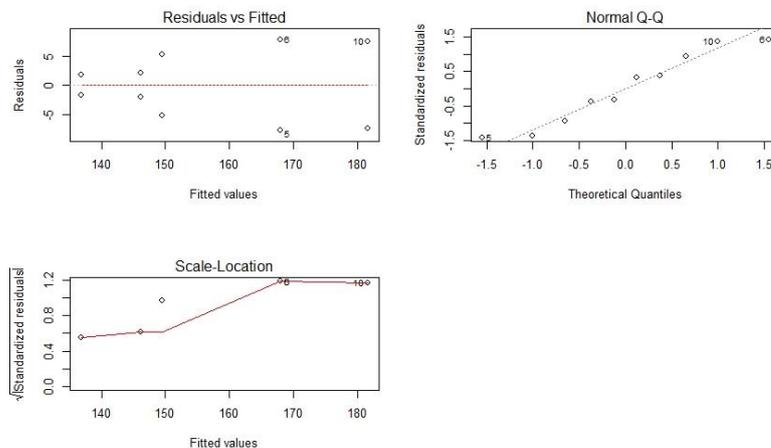
```
Response: PM
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
var    4 2592.67   648.17  10.771 0.0113 *
Residuals 5  300.89    60.18
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

D'après les résultats de l'anova il y aurait au moins une différence significative entre les variétés pour la variable poids moyens.

Nous allons donc vérifier les hypothèses :

```
par(mfrow=c(2,2))
> plot(mod2)
```



```
shapiro.test(mod2$res)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: mod2$res
W = 0.92645, p-value = 0.4139
```

D'après les courbes et le test de Shapiro l'échantillon paraît suivre une loi normale. Or, l'homogénéité des variances n'est pas centrée sur zéro. Cela pourrait être expliqué par le manque de données. Nous avons tout de même réalisé un test de Tukey afin de former les groupes de variétés selon leur poids moyens d'un fruit.

```
SD.test(mod2, "var", group=TRUE, console=TRUE)
```

```
Study: mod2 ~ "var"
```

```

HSD Test for PM
Mean Square Error: 60.178
var, means
      PM      std r   Min   Max
Bellerime 181.50 10.606602 2 174.0 189.0
Coraline  149.50  7.353911 2 144.3 154.7
Magique   167.95 10.960155 2 160.2 175.7
Patty     136.90  2.404163 2 135.2 138.6
Surprise  146.15  2.899138 2 144.1 148.2

Alpha: 0.05 ; DF Error: 5
Critical Value of Studentized Range: 5.673125
Minimun Significant Difference: 31.11904

Treatments with the same letter are not significantly different.

      PM groups
Bellerime 181.50      a
Magique   167.95     ab
Coraline  149.50      b
Surprise  146.15      b
Patty     136.90      b

```

9.7 Annexe 7 : Analyses statistiques des déchets

Voici les scripts de R pour chaque déchet analysé. Nous cherchons à chaque fois si la variété influe sur le taux du déchet.

9.7.1 Le thrips

Variable explicative quantitative, variable à expliquer qualitative : ANOVA 1 facteur avec 11 modalités.

```

> mod15 <- lm(thrips ~ variete, data=stat_dechets)
> summary(mod15)

Call:
lm(formula = thrips ~ variete, data = stat_dechets)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.14440 -0.00342  0.00000  0.00342  0.14440

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.39516   0.06102   6.476 7.11e-05 ***
varieteConquise -0.39516   0.08630  -4.579  0.00101 **
varieteCoraline -0.39516   0.08630  -4.579  0.00101 **
varieteGardeta  -0.03695   0.08630  -0.428  0.67759
varieteMagique  -0.19387   0.08630  -2.247  0.04846 *
varieteMonange  -0.39516   0.08630  -4.579  0.00101 **
varieteNectarboom -0.06469   0.08630  -0.750  0.47073
varieteNectarlove -0.07639   0.08630  -0.885  0.39682
varietePatty    -0.39516   0.08630  -4.579  0.00101 **
varieteSurprise -0.39381   0.08630  -4.563  0.00104 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0863 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8819, Adjusted R-squared:  0.7757
F-statistic: 8.299 on 9 and 10 DF, p-value: 0.001367

> drop1(mod15, ~., test="F")
Single term deletions

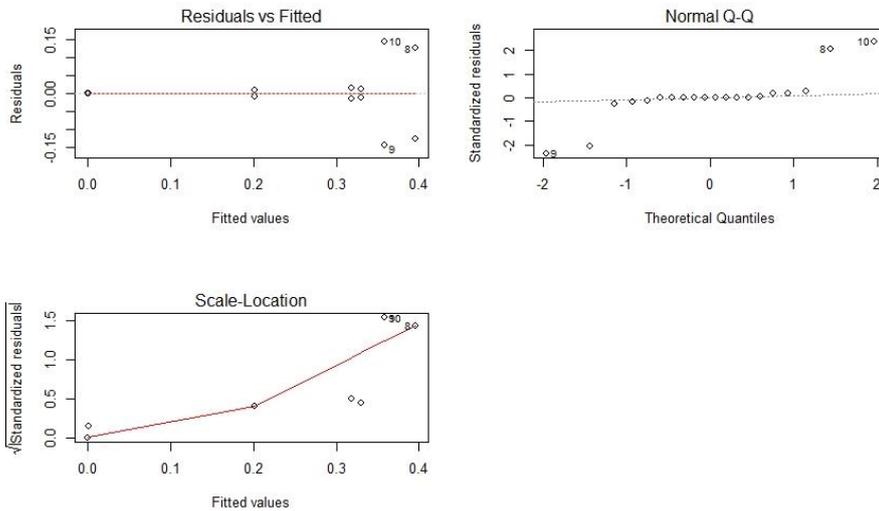
Model:

```

```

thrips ~ variete
      Df Sum of Sq      RSS      AIC F value    Pr(>F)
<none>                0.07447 -91.861
variete  9   0.55625 0.63072 -67.132   8.299 0.001367 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> par(mfrow=c(2,2))
> plot(mod15)

```



```
> shapiro.test(mod15$res)
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod15\$res

W = 0.73757, p-value = 0.0001162

Normalité non vérifiée. D'après les graphiques et le test de Shapiro. Donc test Kurskal Wallis. :

```
> kruskal.test(thrips ~ variete,data=stat_dechets)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: thrips by variete

Kruskal-wallis chi-squared = 17.336, df = 9, p-value = 0.04371

P_value significative donc effet de la variété sur le thrips. Test de Tukey :

```

> HSD.test(mod15, "variete", group=TRUE, console=TRUE)

Study: mod15 ~ "variete"
HSD Test for thrips
Mean Square Error: 0.007447331

variete, means

      thrips      std r      Min      Max
Carène 0.395161418 0.178368351 2 0.2690359 0.521286889
Conquise 0.000000000 0.000000000 2 0.0000000 0.000000000
Coraline 0.000000000 0.000000000 2 0.0000000 0.000000000
Gardeta 0.358209182 0.204216544 2 0.2138063 0.502612086
Magique 0.201286944 0.013611867 2 0.1916619 0.210911987
Monange 0.000000000 0.000000000 2 0.0000000 0.000000000
Nectarboom 0.330467087 0.016863390 2 0.3185429 0.342391304
Nectarlove 0.318768447 0.021916473 2 0.3032712 0.334265734
Patty 0.000000000 0.000000000 2 0.0000000 0.000000000
Surprise 0.001351351 0.001911099 2 0.0000000 0.002702703

Alpha: 0.05 ; DF Error: 10
Critical Value of Studentized Range: 5.598386

Minimun Significant Difference: 0.3416239

Treatments with the same letter are not significantly different.

      thrips groups
Carène 0.395161418 a
Gardeta 0.358209182 a
Nectarboom 0.330467087 ab
Nectarlove 0.318768447 ab
Magique 0.201286944 ab
Surprise 0.001351351 b
Conquise 0.000000000 b
Coraline 0.000000000 b
Monange 0.000000000 b
Patty 0.000000000 b

```

Modèle où le thrips est influencé par le type :

```

> mod18 <- lm(thrips ~ type, data=stat_dechets)
> summary(mod18)

Call:
lm(formula = thrips ~ type, data = stat_dechets)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16288 -0.00045  0.00000  0.02358  0.14460

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.28351    0.03167   8.953 1.25e-07 ***
typeNJ       0.09318    0.05007   1.861  0.0812 .
typePB      -0.28306    0.04478  -6.321 1.02e-05 ***
typePJ      -0.28351    0.05007  -5.663 3.53e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

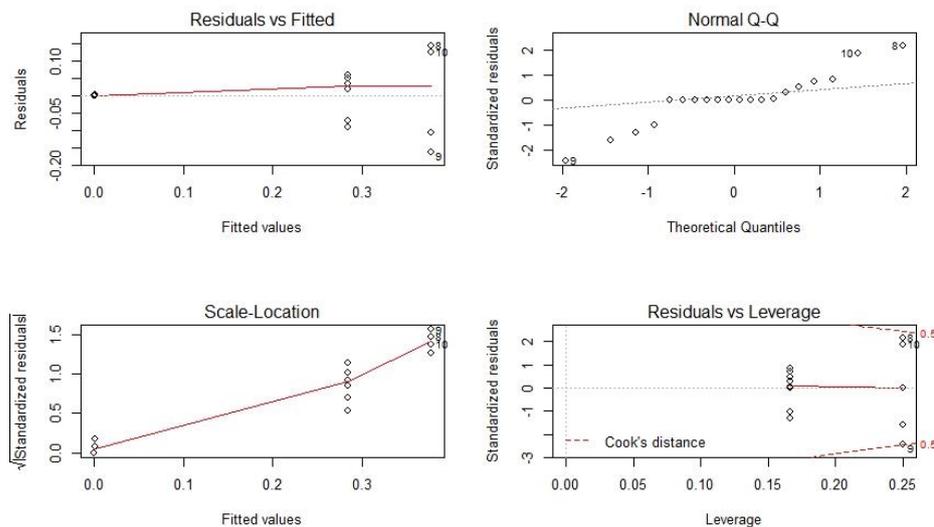
Residual standard error: 0.07756 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8474, Adjusted R-squared:  0.8188
F-statistic: 29.61 on 3 and 16 DF, p-value: 9.134e-07

> drop1(mod18, ~., test="F")

```

Single term deletions

```
Model:
thrips ~ type
Df Sum of Sq      RSS      AIC F value    Pr(>F)
<none>          0.09626 -98.729
type      3    0.53447 0.63072 -67.132   29.613 9.134e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> par(mfrow=c(2,2))
> plot(mod18)
```



```
> shapiro.test(mod18$res)

Shapiro-wilk normality test
```

```
data: mod18$res
W = 0.89761, p-value = 0.0372
```

Le test et les graphiques ne permettent pas de vérifier les hypothèses. Donc test de Kruskal Wallis :

```
> kruskal.test(thrips ~ type,data=stat_dechets)

Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: thrips by type
kruskal-wallis chi-squared = 15.964, df = 3, p-value = 0.001153
```

D'après le test, le résultat est significatif donc le type influence l'attaque du thrips. Nous voulons savoir quel type : test de Tukey :

```
HSD.test(mod18, "type", group=TRUE, console=TRUE)
```

```
Study: mod18 ~ "type"
```

```
HSD Test for thrips
```

```
Mean Square Error: 0.00601617
```

```
type, means
```

| | thrips | std r | Min | Max |
|----|--------------|-------------|-------------|-------------|
| NB | 0.2835074928 | 0.065372017 | 6 0.1916619 | 0.342391304 |
| NJ | 0.3766853004 | 0.157992757 | 4 0.2138063 | 0.521286889 |
| PB | 0.0004504505 | 0.001103374 | 6 0.0000000 | 0.002702703 |
| PJ | 0.0000000000 | 0.000000000 | 4 0.0000000 | 0.000000000 |

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 16
```

Critical Value of Studentized Range: 4.046093

Groups according to probability of means differences and alpha level(0.05)

Treatments with the same letter are not significantly different.

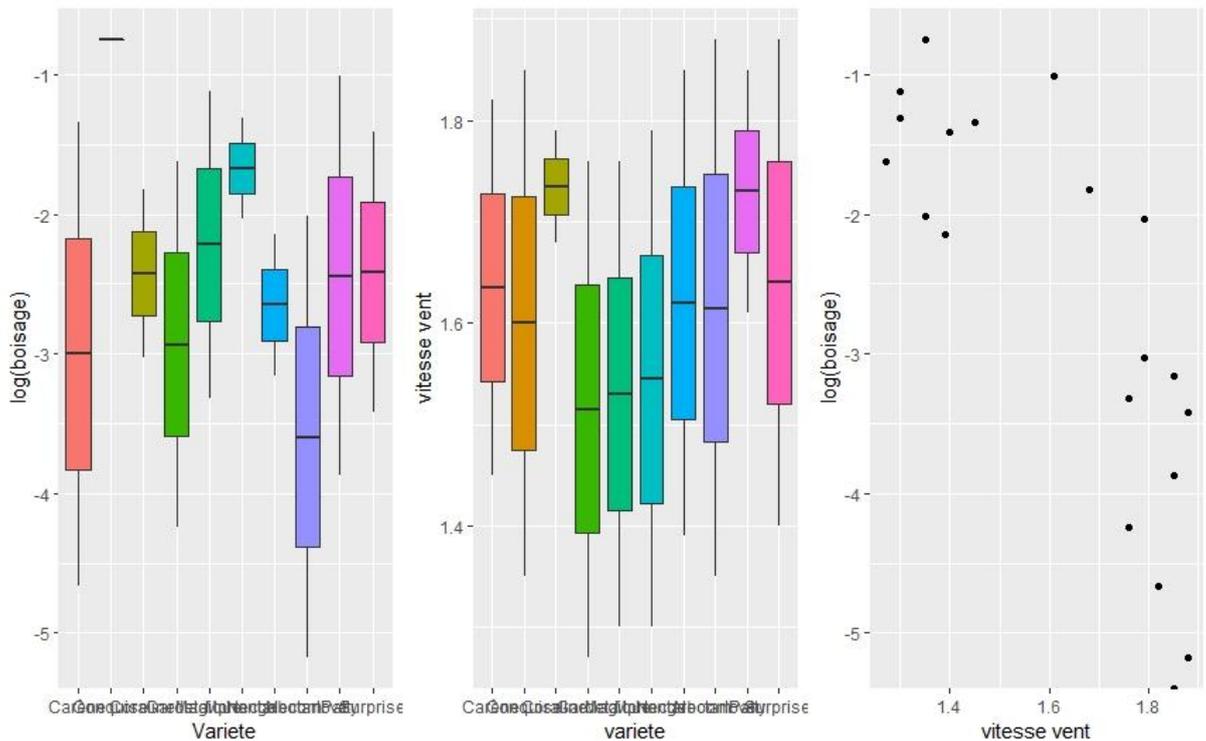
| | thrips | groups |
|----|--------------|--------|
| NJ | 0.3766853004 | a |
| NB | 0.2835074928 | a |
| PB | 0.0004504505 | b |
| PJ | 0.0000000000 | b |

Les nectarines sont significativement plus touchées que les pêches.

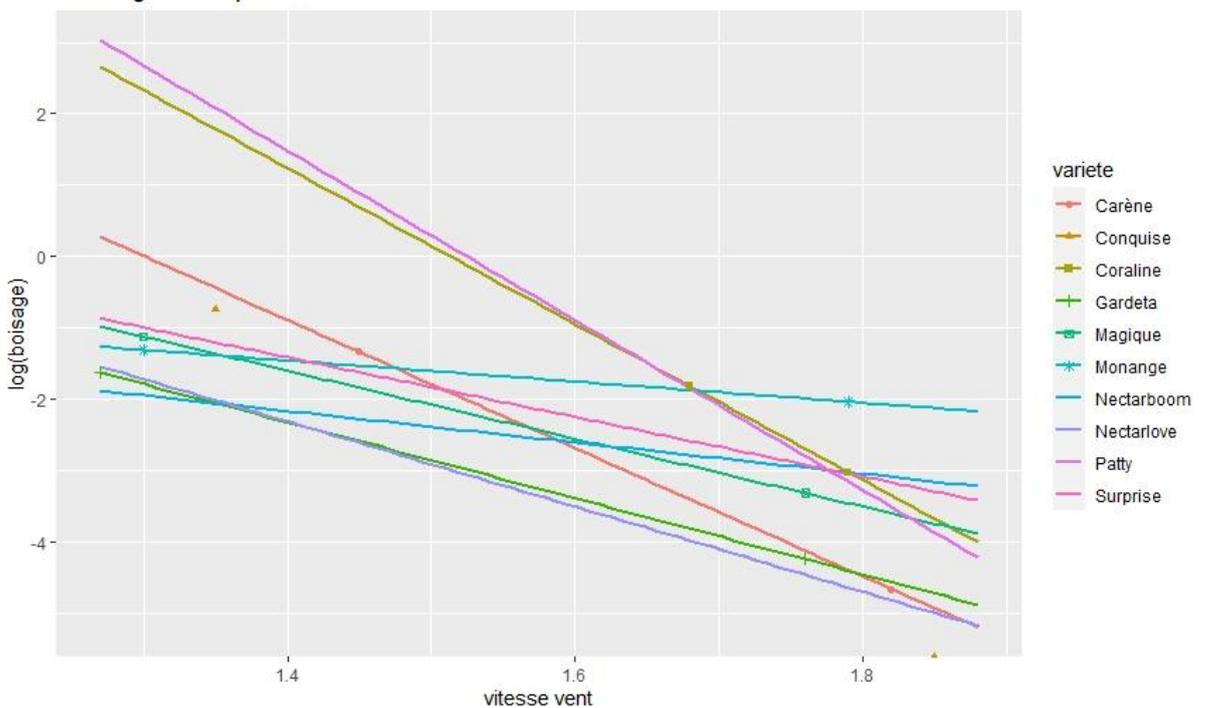
9.7.2 Le boisage et les frottements

```
> plot_grid(nrow = 1, ncol = 3,  
+           ggplot(stat_dechets, aes(y = log(boisage), x = variete, fill  
+ = variete)) +  
+           geom_boxplot(show.legend = FALSE) +  
+           xlab("variete") +  
+           ylab("log(boisage)"),  
+           ggplot(stat_dechets, aes(y = vitvent, x = variete, fill = vari  
ete)) +  
+           geom_boxplot(show.legend = FALSE)+  
+           xlab("variete") +  
+           ylab("vitesse vent"),  
+           ggplot(stat_dechets, aes(y = log(boisage), x = vitvent)) +  
+           geom_point() +  
+           xlab("vitesse vent") +  
+           ylab("log(boisage)"))
```

```
> ggplot(stat_dechets, aes(x=vitvent, y=log(boisage), shape=variete, colour  
=variete, fill=variete)) +  
+   geom_smooth(method="lm", se=FALSE, fullrange=TRUE) +  
+   geom_point() +  
+   xlab("vitesse vent") +  
+   ylab("log(boisage)") +  
+   ggtitle("Une regression par variété")
```



Une regression par variété



Les graphiques ci-dessus montrent premièrement (de gauche à droite), la dispersion des résultats du taux de boilage par variété, de la vitesse du vent par variété et du taux de boilage en fonction de la vitesse du vent. Le quatrième graphique montre l'interaction entre la variété et le vent sur le taux de boilage. Les courbes n'étant pas parallèles montrent que la variété et le vent sont influents sur le taux de boilage via leur interaction.

Grâce au modèle décrit ci-dessous, nous ne pouvons pas conclure que la variété influe significativement sur le taux de boilage (p-value = 0.98)

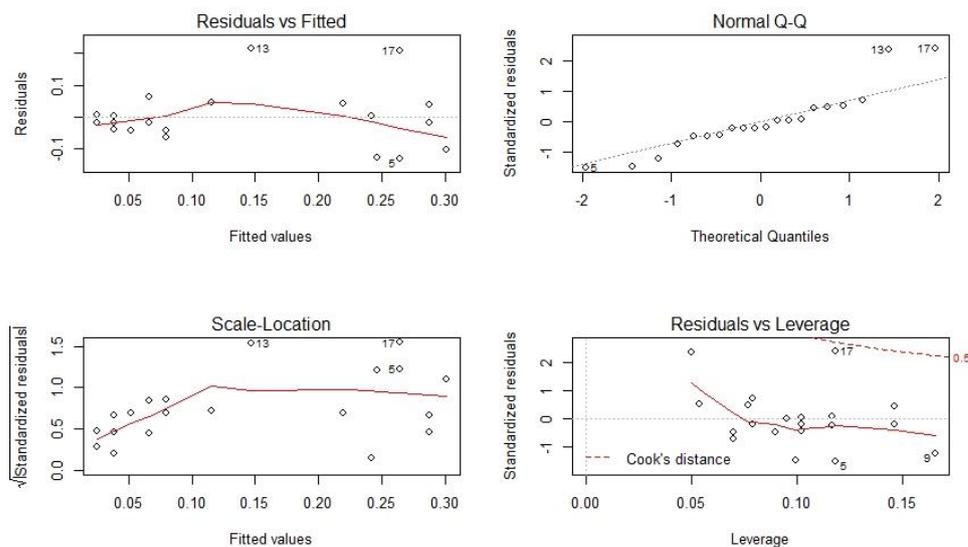
```
mod14 <- lm(boilage ~ variete, data=stat_dechets)
```

```
> drop1(mod14, . ~ ., test="F")
Single term deletions

Model:
boisage ~ variete
      Df Sum of Sq      RSS      AIC F value Pr(>F)
<none>          0.30964 -63.361
variete  9  0.056131 0.36577 -78.029  0.2014 0.9879
```

Nous allons maintenant vérifier le modèle où le vent influe le boisage.

```
> mod17 <- lm(boisage ~ vitvent, data=stat_dechets)
> scatterplot(boisage~vitvent, data=stat_dechets)
> prest.lm1 <- lm(boisage~vitvent, data=stat_dechets)
> par(mfrow=c(2,2))
> plot(prest.lm1)
```



```
shapiro.test(prest.lm1$res)

Shapiro-wilk normality test

data:  prest.lm1$res
W = 0.89004, p-value = 0.02694
```

Le test de Shapiro et les graphiques des résidus ne nous permettent pas de vérifier les hypothèses de normalité. Nous devons donc faire un test non paramétrique.

test non paramétrique

```
> summary(prest.lm1)

Call:
lm(formula = boisage ~ vitvent, data = stat_dechets)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.13110 -0.04312 -0.01754  0.03963  0.21506

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.87292    0.14868   5.871 1.47e-05 ***
vitvent     -0.45078    0.09107  -4.950 0.000104 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.09277 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5765, Adjusted R-squared:  0.5529
F-statistic: 24.5 on 1 and 18 DF, p-value: 0.0001036
```

Le test non paramétrique est significatif (p-value=0.0001) donc la vitesse du vent influencerait le taux de boisage.

9.7.3 Eclatement

Pour les autres déchets, des tests grâce au modèle MANOVA ont été réalisés. Ces tests ont pu démontrer des corrélations ou non entre les différentes variables. Si l'on regarde le script ci-dessous, l'éclatement significativement peu influencé par la variété tandis que le thrips est significativement très influencé.

```
> # MANOVA
> res.man <- manova(cbind(thrips, eclatement) ~ variete, data = stat_dechet
s)
> summary(res.man)
      Df Pillai approx F num Df den Df Pr(>F)
variete  9 1.3255   2.1834   18   20 0.04685 *
Residuals 10
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary.aov(res.man)
Response thrips :
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
variete  9 0.55625 0.061806   8.299 0.001367 **
Residuals 10 0.07447 0.007447
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

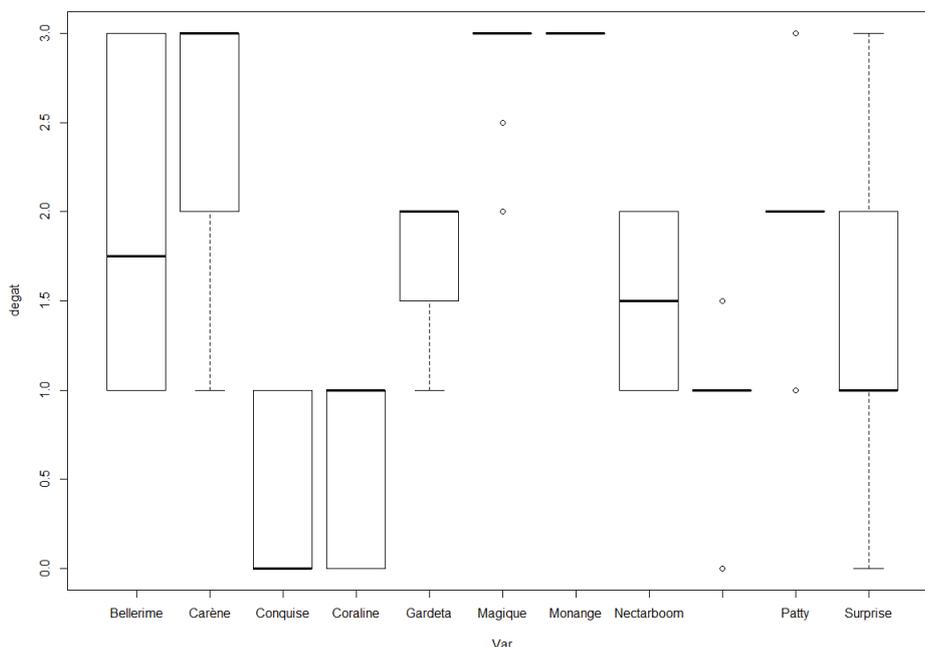
Response eclatement :
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
variete  9 0.15734 0.017482   0.929 0.5393
Residuals 10 0.18818 0.018818
```

9.8 Annexe 8 : Analyses statistique des résultats de la cloque

Dans les données de la cloque, nous cherchons à vérifier que la note d'intensité de dégât attribuée est expliquée par la variable variété. Le modèle est donc une Anova à un facteur avec 11 modalités et s'écrit :

$$\text{degat}_{ij} = \mu + \text{Variete}_i + \varepsilon_{ij}, \varepsilon_{ij} \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma^2)$$

Si l'on regarde la répartition, des notes d'intensité de dégâts en fonction des variétés à travers la représentation graphique ci-dessous, on peut déjà observer beaucoup de données



extrêmes et des écarts type très différents. Le modèle sera peut-être difficile à prouver statistiquement ce que nous allons démontrer ci-après.

```
boxplot(degat ~ Var, data = Stat_cloque)
> mod1 <- lm(degat ~ Var, data = Stat_cloque)
drop1(mod1, ~., test="F")
Single term deletions

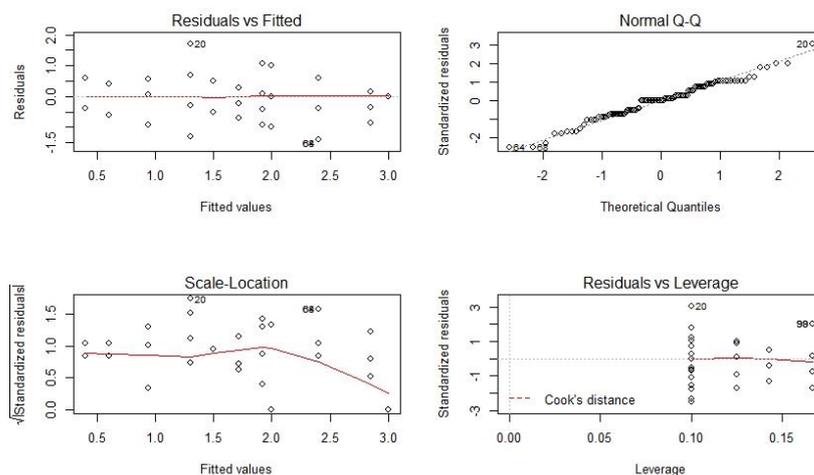
Model:
degat ~ Var
Df Sum of Sq    RSS    AIC F value    Pr(>F)
<none>          30.681 -93.977
Var           10  71.779 102.460   5.401  20.588 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Vérification des hypothèses :

```
par(mfrow=c(2,2)) # permet de séparer la fenêtre graphique en 4 parties (2
lignes, et 2 colonnes)
> plot(mod1)
> shapiro.test(mod1$res)

Shapiro-wilk normality test

data:  mod1$res
W = 0.97995, p-value = 0.1359
```



Les résultats montrent une impossibilité de vérification des hypothèses donc passage au test non paramétrique Kruskal Wallis :

```
kruskal.test(degat ~ Var, data=Stat_cloque)

Kruskal-wallis rank sum test

data:  degat by Var
Kruskal-wallis chi-squared = 68.55, df = 10, p-value = 8.441e-11
```

Kruskal Wallis permet de montrer au moins une différence significative entre les variétés qui influencent l'apparition de la cloque.

Puissance du test :

```
puissance <- fonction(X,Y,H){
+   n <- length(Y)
+   p <- dim(X)[2]
+   q <- dim(H)[1]
+   # vecteur des parametres estimes
+   beta.chap <- solve(t(X)%*%X)%*%t(X)%*%Y
+   #calcul de la stat de test F associée à H0
```

```

+ num <- t(H %*% beta.chap)%*%solve(H%*%solve(t(X)%*%X)%*%t(H))%*%(H %*%
beta.chap)/q
+ den <- t(Y- X %*% beta.chap) %*% (Y- X %*% beta.chap)/(n-p)
+ F <- num /den
+ # la p-valeur
+ pvalue <- 1-pf(F,q,n-p)
+ # la puissance
+ delta <- F*q
+ puiss <- 1-pf(qf(0.95,q,n-p),q,n-p,delta)
+ # elements retournes par la fonction
+ resultat <- list(pvalue=pvalue,puissance=puiss)
+ return(resultat)
+ }
> mod1$coef
(Intercept)      VarCarène      VarConquise      VarCoraline      VarGardeta      Va
rMagique      VarMonange      VarNectarboom
1.91666667      0.48333333      -1.51666667      -1.31666667      -0.20238095      0.
93333333      1.08333333      -0.41666667
VarNectarlove      VarPatty      VarSurprise
-0.97916667      0.08333333      -0.61666667
> H <- matrix(rep(0,4*11),ncol=11)
> H[1,8]=1
> H[2,9]=1
> H[3,10]=1
> H[4,11]=1
> X <- model.matrix(mod1)
> Y <- as.matrix(Stat_cloque$degat)
> puissance(X,Y,H)
$pvalue
           [,1]
[1,] 0.001953902

$puissance
[1] 0.9367717

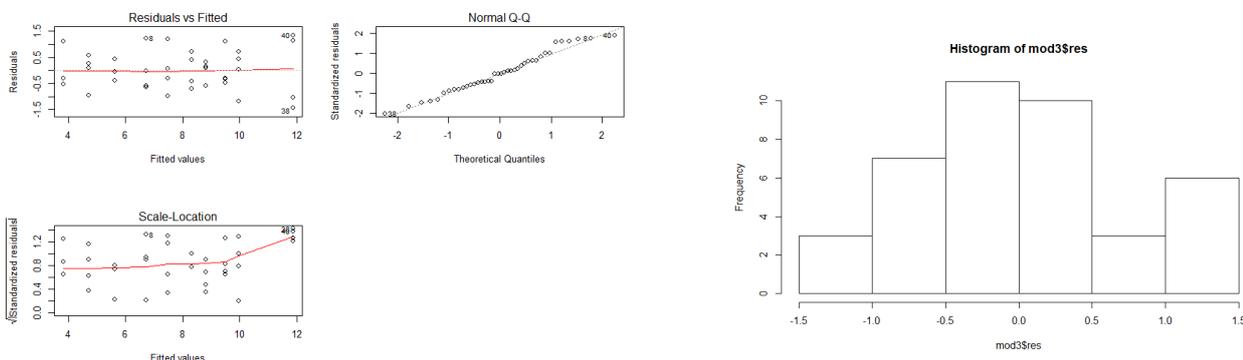
```

9.9 Annexe 9 : Analyses statistiques des maladies de conservation

Dans les données des maladies de conservation, nous cherchons à vérifier que l'indice de pourriture est expliqué par la variable variété. Le modèle est donc une Anova à un facteur et s'écrit :

$$IM_{ij} = \mu + Variete_i + \epsilon_{ij}, \epsilon_{ij} \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma^2)$$

Vérification de la normalité de l'échantillon :



On a supposé les $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$ et i.i.d., ce qui implique la normalité et l'homoscédasticité des résidus ainsi que leur indépendance.

Le test de Shapiro indique que l'hypothèse de la normalité est confirmée (p-value = 0.0006). L'histogramme des résidus montre que l'on peut assimiler la distribution des résidus à une distribution normale. L'histogramme n'est pas parfaitement une répartition normale à cause

de quelques résidus entre 0,5 et 1. Le graphique quantile-quantile permet également de confirmer la normalité puisqu'on retrouve seulement ces mêmes résidus qui font dévier la droite. Les deux autres graphiques permettent d'accepter l'homoscédasticité et l'indépendance des résidus.

Puissance :

```
> mod1$coef
  (Intercept)  VARConquise  VARCoraline  VARGardeta  VARMagique  VA
RMonange  VARNectarboom  VARNectarlove
  7.2500000  -3.0625000  -1.0000000  -2.1875000  -5.3333333  -3
.6173077  0.4431818  1.6250000
  VARPatty  VARSurprise
 -1.8833333  0.6794456
> H <- matrix(rep(0,4*10),ncol=10)
> H[1,7]=1
> H[2,8]=1
> H[3,9]=1
> H[4,10]=1
> X <- model.matrix(mod1)
> Y <- as.matrix(Stat_indices$I1FP)
> puissance(X,Y,H)
$pvalue
      [,1]
[1,] 0.001644449

$puissance
[1] 0.9572315
```

D'après les résultats de la puissance du mod1, il y a 95% de probabilité de montrer qu'il y a un effet de de la variété sur l'indice du 1^{er} fruit pourri s'il y en a un.

```
> mod2$coef
  (Intercept)  VARConquise  VARCoraline  VARGardeta  VARMagique  VA
RMonange  VARNectarboom  VARNectarlove
  12.694940  -5.625229  -2.283482  -2.797213  -6.959020  -
6.922962  -1.384713  2.167749
  VARPatty  VARSurprise
 -4.635281  -2.974099
> H <- matrix(rep(0,4*10),ncol=10)
> H[1,7]=1
> H[2,8]=1
> H[3,9]=1
> H[4,10]=1
> X <- model.matrix(mod2)
> Y <- as.matrix(Stat_indices$I50FP)
> puissance(X,Y,H)
$pvalue
      [,1]
[1,] 8.099317e-10

$puissance
[1] 1
```

D'après les résultats de la puissance du mod2, il y a 100% de probabilité de montrer qu'il y a un effet de la variété sur l'indice des 50 % fruit pourri s'il y en a un.

```
> mod3$coef
  (Intercept)  VARConquise  VARCoraline  VARGardeta  VARMagique  VA
RMonange  VARNectarboom  VARNectarlove
  5.4449405  -2.5627289  -1.2834821  -0.6097132  -1.6256868  -3
.3056548  -1.8278950  0.5427489
  VARPatty  VARSurprise
 -2.7519481  -3.6535444
> H <- matrix(rep(0,4*10),ncol=10)
> H[1,7]=1
> H[2,8]=1
> H[3,9]=1
> H[4,10]=1
```

```

> X <- model.matrix(mod3)
> Y <- as.matrix(Stat_indices$IM)
> puissance(X,Y,H)
$pvalue
      [,1]
[1,] 2.387506e-08

$puissance
[1] 1

```

D'après les résultats de la puissance du mod2, il y a 100% de probabilité de montrer qu'il y a un effet de la variété sur l'indice moyen s'il y en a un.

9.10 Annexe 10 : Protocole essai bioagresseurs : Protocole essai « Bioagresseurs »

L'objectif de cet essai est d'évaluer les sensibilités relatives de variétés de pêches et nectarines d'avenir commercial assuré à différents bioagresseurs. Un réseau de parcelles a ainsi été mis en place, depuis 2012, au sein des stations d'expérimentations des différents bassins de production de pêches.

Les essais mis en place sur le site de SudExpé Saint-Gilles ont pour but d'évaluer la sensibilité des variétés de pêches et nectarines à la cloque du pêcher (*Taphrinia deformans*), au thrips du pêcher (*Thrips meridionalis*), à la tordeuse orientale du pêcher (*Cydia molesta*) et au thrips californien (*Frankliniella occidentalis*).

9.10.1 Observation et notation

9.10.1.1 En végétation

- Stades phénologiques

Dès la fin du repos végétatif, l'avancement des stades phénologiques est suivi sur un bloc de chaque tranche de plantation. Les **dates des stades clés suivants** sont notées :

- Stade pointe verte
- Stade F10 (10 % de fleurs ouvertes)
- Stade F50 (50 % de fleurs ouvertes)
- Stade F80 (80 % de fleurs ouvertes = pleine floraison)
- Stade H (Début de la chute des collerettes)
- Stade I (Fruits noués / Fin de la chute des collerettes)
- Première feuille étalée

Ces données sont ensuite **confrontées aux données météorologiques** afin de déterminer les concordances entre période de sensibilité du végétal et conditions favorables au bioagresseur considéré.

- Notation Cloque

Dès le début du mois de mars, une notation est effectuée sur **chaque arbre du dispositif**. Une **note de dégâts de 0 à 10** est attribuée à chaque arbre en essai selon le **pourcentage de feuilles touchées** par la maladie. Cette notation est renouvelée avec une cadence de 10 à 15 jours jusqu'à la fin du moins d'avril.

Notation facultative à réaliser surtout en cas de faible pression :

A la **fin des contaminations primaires** de cloque, intervenant généralement au début du mois d'avril. **Le nombre de foyers de cloque est dénombré** sur chaque arbre. Remarque :

Dans cette notation, un foyer correspond à une zone cloquée allant de la petite tache sur une feuille à une surface atteinte de la taille d'une main.

La notation peut être **renouvelée** plus tard **si des contaminations secondaires importantes** ont lieu.

- [Notation Thrips *méridionalis* à la fleur](#)

Pour chacune des variétés, lorsque la **pleine floraison** est observée, un comptage de thrips présents dans les fleurs est réalisé.

Pour chaque arbre de la variété concernée, la **date de la notation**, le **stade phénologique** ainsi que la **floribondité** sont notés. La floribondité est notée sur l'échelle suivante :

- 0 : Absence de fleur
- 1 : Floraison insuffisante
- 2 : Floraison satisfaisante
- 3 : Floraison très forte (important besoin d'éclaircissage)

Une fois ces variables relevées, la notation thrips peut commencer. Sur chacun des arbres, **10 fleurs sont ouvertes** à la recherche de thrips. Sur ces 10 fleurs, sont relevés le **nombre de fleurs habitées par des thrips** (fréquence), le **nombre total de thrips** pour les 10 fleurs (intensité).

Cette notation constitue une variable explicative qui est utilisée pour interpréter les résultats issus des observations de dégâts décrites plus loin dans ce protocole. En suivant les différentes variétés par groupe en fonction de leur date de floraison, elle permet également d'avoir une idée de la dynamique de population du ravageur sur la période de sensibilité du pêcher.

- [Notation Tordeuse sur pousses](#)

Un sivi de pièges pour la tordeuse orientale est réalisé dans le cadre du BSV. Ainsi, la dynamique de vol du ravageur est suivie en temps réel. A la fin des éclosions issues de la première génération, marquée par le **début du vol de la seconde génération**, une notation des dégâts sur pousse est réalisée si des dégâts sont observés sur la parcelle.

Pour chaque arbre du dispositif, le **nombre de pousses minées est dénombré sur 25 pousses terminales**.

Les données sont alors exprimées en pourcentage de pousses minées pour chacun des arbres de l'essai.

Cette notation est **renouvelée à la fin des éclosions de la seconde génération**. Si une augmentation des dégâts est constatée en cours de saison, une notation supplémentaire est réalisée.

[9.10.1.2 Sur fruits](#)

- [Notation Thrips *meridionalis* sur petits fruits](#)

Ce thrips n'est préjudiciable que sur nectarines. Pour cette raison, la notation décrite ici **ne concerne pas les variétés de pêches**.

Au **stade petit fruit**, lorsque les fruits ont atteint environ 30 % de leur taille finale, **10 fruits sont prélevés sur chaque arbre**. Chacun de ces fruits est ensuite **classé dans l'une des catégories suivantes** :

| Classes de dégât | Photos | Description des dégâts |
|------------------|--|---|
| Fruit indemne |  | Le fruit ne présente aucun dégât de thrips meridionalis |
| Faible dégâts |  | Les dégâts sont sous forme de petits « traits », limités à la zone pistillaire du fruit |
| Dégâts moyens |  | Les dégâts marquent une zone plus large, sans déformation du fruit |
| Dégâts graves |  | Les dégâts marquent une large zone et le fruit est déformé |

Ces données sont ensuite exprimées en pourcentage de fruits pour chaque classe sur chacun des arbres de l'essai.

9.10.1.3 Récolte et échantillonnage

La récolte est effectuée arbre par arbre, en **un seul passage**, plutôt à **surmaturité**. Parmi les fruits récoltés, un **échantillon de 50 fruits** est réalisé pour chaque arbre. Cet échantillonnage doit respecter au plus possible les consignes suivantes :

- fruits de **calibre homogène**, correspondant au calibre(s) dominant(s) récoltés sur l'arbre considéré
- fruits de **maturité comparable** correspondant à une maturité commerciale
- fruits **indemnes de pourriture** importante (un petit spot de maladie est toléré).

Cet échantillon de 50 fruits est utilisé pour réaliser la notation de dégâts de thrips californien et de tordeuse orientale.

9.10.1.4 Notation *Thrips californien*

Sur l'échantillon de **50 fruits préalablement préparé**, les fruits sont **classés dans les catégories suivantes** :



Classe 0 : fruits sains



Classe 1 : traces de dégâts



Classe 2 : dégâts modérés (non déclassés)



Classe 3 : dégâts graves (fruits déclassés)

Les données sont ensuite exprimées en pourcentage de fruits dans chaque classe, pour chaque arbre du dispositif.

9.10.1.5 Notation *Tordeuse orientale sur fruits*

Sur ce **même échantillon de 50 fruits**, une fois le résultat de la notation thrips noté sur la feuille de notation, les fruits sont de nouveau examinés à la recherche de **dégâts de tordeuse orientale**. Si une pique est observée, le fruit est ouvert afin d'**identifier**, le cas échéant, **la larve présente**. Les dégâts peuvent être causés par la tordeuse orientale du pêcher (*Cydia molesta*) ou la petite tordeuse des fruits (*Anarsia lineatella*). En cas d'absence de larve, vérifier la présence de galerie.

Se référer au responsable d'essai pour valider les identifications. Des photographies des larves sont disponibles au laboratoire.

Les données sont ensuite exprimées en pourcentage de fruits piqués.