



UFR Sciences
2, Bd Lavoisier
49045 ANGERS Cedex 01



AGROCAMPUS OUEST
65 rue de St Briec, CS84215, BP35042-
RENNES Cedex
Université de Rennes I
1,2 rue du Thabor, CS 46510-35065
RENNES Cedex



Syngenta
1 avenue des prés
78286 GUYANCOURT

Mémoire de fin d'études

Master 2 Sciences Technologie Santé
Mention Biologie et Technologie du Végétal
Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV)

Parcours : I Productions Végétales Spécialisées / Option : Produits phytosanitaires, réglementations, méthodes alternatives

Année universitaire 2016-2017

Essai d'efficacité de deux produits de biocontrôle contre la tavelure du pommier

Par : Manon AUSSIBAL



Soutenu à Angers le : 20 Septembre 2017

Maître de stage : Angel MARIN

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT**M2 ProTeV****2016-2017**

Je soussignée : Manon AUSSIBAL

déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.


En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour ce rapport, rédigé au cours de mon master 2 ProTeV.

Je m'engage également à respecter les consignes données pour la rédaction de ce rapport.

A : Montlaur

Le : 17/05/2017

Signature :



Remerciements

Je remercie tout d'abord Angel Marin, technicien d'évaluation et d'expérimentation chez Syngenta pour m'avoir accepté dans son équipe. Il a été mon maître de stage pour ces six mois et m'a fait partager son savoir en tant qu'expérimentateur sur différentes cultures (arboriculture, vigne et grandes cultures) ainsi que sur les maladies et ravageurs rencontrés lors de ce stage.

Je remercie également l'ensemble des équipes de la station expérimentale de Grisolles, pour m'avoir accueillie dans la joie et la bonne humeur durant ces six mois, pour m'avoir fait partager leurs connaissances et pour m'avoir conseillée pour la rédaction de ce rapport.

Par ailleurs, je remercie Mme Claire Campion qui était ma tutrice lors de ce stage, pour son suivi, sa réactivité et ses précieux conseils. Il n'est pas toujours évident de trouver des créneaux pour des rendez-vous entre le travail en champs et le travail d'enseignement et de recherche mais nous y sommes tout de même parvenues.

Je tiens aussi à remercier mes amies qui malgré l'éloignement ont été là pour des échanges et des conseils sur les déroulements de nos stages et sur la rédaction de nos rapports respectifs. Cela grâce à des commentaires constructifs et réconfortants.

Pour finir, je remercie ma famille pour m'avoir soutenue et conseillée tout au long de ce stage et de la rédaction de ce rapport mais aussi toutes ces années d'études. Je les remercie d'avoir eu la patience pour relire tous ces rapports de stages, qui ont été sources chez eux de difficultés mais grâce à leur ténacité et leur bienveillance m'ont permis d'avancer.

Tables des matières

1.	Introduction	1
1.1.	Contexte	1
1.2.	Description de la structure d'accueil	2
1.3.	Données bibliographiques	3
1.3.1.	Cycle de la tavelure	3
1.3.2.	Le pommier	4
	a) Données culturelles	4
	b) La variété Golden Delicious	5
1.3.3.	Méthodes de lutte contre la tavelure	5
	a) Lutte chimique	5
	b) Lutte prophylactique	6
	c) Lutte génétique	6
	d) Lutte biologique	7
	e) Biocontrôle : les SDN	8
2.	Matériel et méthodes	19
2.1.	Dispositif d'essai	19
2.2.	Protocole expérimental	19
2.3.	Produits utilisés dans l'essai	12
2.3.1.	Dithane neotec	12
2.3.2.	Bastid	12
2.3.3.	Redeli	12
2.4.	Notations	13
2.5.	Analyse statistiques	14
3.	Résultats	15
3.1.	Résultats climatologiques	15
3.2.	Résultats des notations	15
3.2.1.	Notation 1	16
3.2.2.	Notation 2	16
3.2.3.	Notation 3	17
3.2.4.	Notation 2 Angers	18
4.	Discussion	19
4.1.	Attaque du témoin	19
4.2.	Efficacité de la référence	19
4.3.	Efficacité des produits de biocontrôle	20
4.3.1.	Bastid	20
	a) Produit seul	20
	b) Association Bastid - Dithane neotec	41
4.3.2.	Redeli	23
4.3.3.	Association Redeli - Dithane neotec	23
4.4.	Essai Tiercé	24
4.5.	Discussion générale	25
5.	Conclusion	26
6.	Bibliographie	28
6.1.	Articles	28
6.2.	Ouvrages	28
6.3.	Ressources en ligne	28

Glossaire

Additif : Un effet additif est un effet de deux produits agissants ensemble et qui est la somme des effets de chacun (Dictionnaire santé, 2009).

Andain : Alignement d'herbe, de céréales ou de branchage après une coupe ou une taille (Larousse, 2017a).

Antagoniste : Substance qui se fixe sur les mêmes récepteurs cellulaires qu'une substance de référence. Cela, en l'empêchant de produire ses effets habituels ou une partie de ceux-ci (Larousse, 2017b).

Indicateur de fréquence de traitement (IFT): Indicateur qui comptabilise le nombre de doses de références utilisées par hectares au cours d'une campagne culturale, cela pour suivre l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et leur réduction (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017).

Médiateur chimique : En agriculture les médiateurs chimiques comprennent des phéromones d'insectes et des kaïromones qui permettent le suivi et le contrôle des populations d'insectes (IBMA, 2017).

Phytoalexine : Substance antimicrobienne produite par les végétaux lorsqu'ils sont attaqués par des bioagresseurs (Aquaportail 2012).

Plan Ecophyto : Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires (pesticides) en France tout en maintenant une agriculture économiquement performante (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2015).

Prophylaxie : Ensemble de moyens mis en place pour éviter l'apparition, l'aggravation ou l'extension des maladies (Larousse, 2017c).

Potentialisateur : Permet d'augmenter les effets de certaines substances lorsqu'ils sont associés (Cordial 2017).

Résistance ontogénique : Evolution du degré de résistance d'un végétal à un agent pathogène avec l'âge et le stade de développement du végétal (Trivoli, 2017).

Synergie : Association de produits avec des modes d'actions différents pour renforcer leur effet (Larousse 2017d).

Systémique : Produit qui pénètre et qui est transporté par la sève, pour agir dans toute la plante (Larousse 2017e).

Tensioactif : Substance qui modifie la tension superficielle d'un liquide (Le parisien, 2017).

Usages de produit phytosanitaire : Association entre un végétal, un produit végétal ou une famille de végétaux avec une maladie, ou un ravageur contre lequel le produit est dirigé (ANSES, 2017b).

Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANOVA : Analyse de variance
BPE : Bonnes Pratiques d'Expérimentation
BSV: Bulletin de Santé du Végétal
DAR : Délai Avant Récolte
DMI : Inhibiteur de la déméthylation
ha : Hectare
IBS: Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols
IFT : Indicateur de fréquence de traitement
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
Kg : Kilogrammes
L ou l : Litre
LMR : Limite maximale de résidu
OAD: Outils d'aide à la décision
PR : Protéines PR (Pathogenesis related)
SA : Substance Active
SAU : Surface Agricole Utile
SDHI : Inhibiteur de la succinate déshydrogénase
SDN et/ou SDP : Stimulateur de défense naturelle/des plantes
t: tonnes
UE : Union Européenne

Liste des Figures

Figure 1 : Pourcentages des volumes de production des fruits en France.

Figure 2 : Surfaces de production Française : poids des différentes espèces de fruits en 2015.

Figure 3 : Principaux pays producteurs de pommes en 2013 et 2014.

Figure 4 : Photographies de symptômes de tavelure sur feuilles et sur fruit.

Figure 5 : Cycle de développement du champignon *Venturia inaequalis*, responsable de la tavelure sur pommier.

Figure 6 : Cycle cultural du pommier.

Figure 7 : Stades phénologiques du pommier.

Figure 8 : Courbe de Mills, estimation des risques de contamination.

Figure 9 : Plan de l'essai.

Figure 10: Données climatiques et dates des traitements.

Figure 11: Photographie prise lors d'un traitement sur l'essai tavelure.

Figure 12 : Mode d'action du Redeli.

Figure 13 : Méthode de notation sur feuilles.

Figure 14: Données climatologiques et dates des notations.

Figure 15 : Représentation graphique des résultats pour la première notation réalisée le 09/05.

Figure 16 : Représentation graphique des résultats pour la deuxième notation réalisée le 17/05.

Figure 17 : Représentation graphique des résultats pour la troisième notation réalisée le 30/05.

Figure 18 : Représentation graphique des résultats obtenus pour la deuxième notation du 31/05 à Tiercé (49).

Figure 19 : Matières actives homologuées contre tavelure du pommier.

Liste des Tableaux

Tableau I : Liste non exhaustive de matières actives SDN avec leur utilisation.

Tableau II : Protocole expérimental.

Tableau III : Caractéristiques des produits de biocontrôle utilisés dans l'essai.

Tableau IV : Efficacité du Bastid sur l'oïdium sur cultures légumières.

Tableau V : Efficacité du Bastid en vigne.

Tableau VI : Tableau récapitulatif des efficacités de l'essai réalisé à Tiérce.

Tableau VII : Tableau récapitulatif des efficacités de l'essai réalisé à Grisolles.

Tableau VIII : Comparaison des bénéfices ou pertes économiques en fonction des efficacités et des prix des produits.

Liste des annexes

ANNEXE I: FICHE TECHNIQUE DU DITHANE NEOTEC

ANNEXE II: FICHE TECHNIQUE DU BASTID

ANNEXE III: FICHE TECHNIQUE DU REDELI

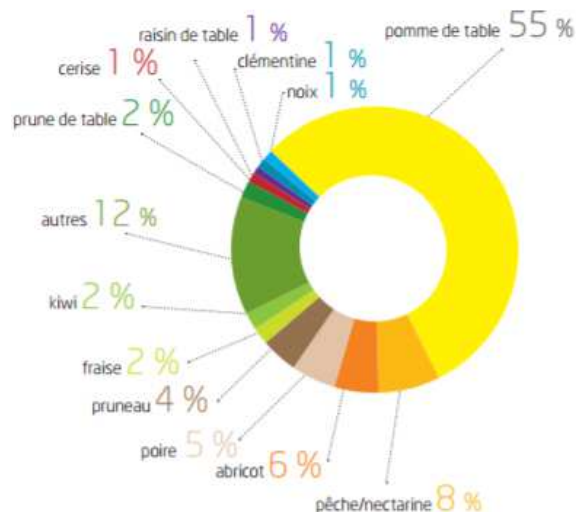


Figure 1 : Pourcentages des volumes de production des fruits en France.
Source : Agreste-élaborationFranceAgriMer cité dans FranceAgrimer, 2017.

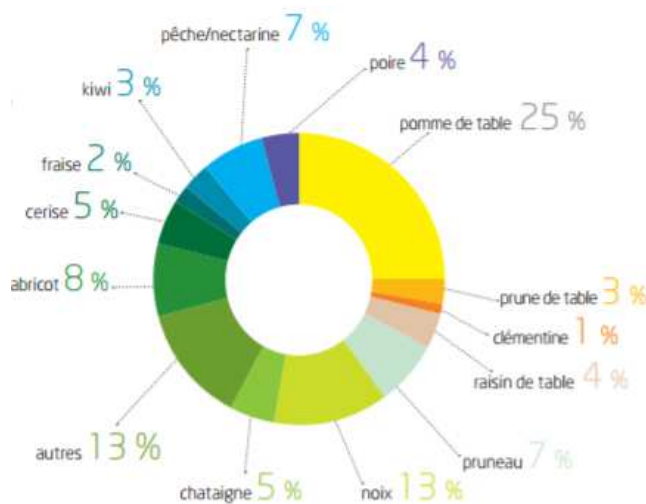


Figure 2 : Surfaces de production Française : poids des différentes espèces de fruits en 2015.
Source : Agreste-élaborationFranceAgriMer cité dans FranceAgrimer, 2017.

Principaux pays producteurs de pommes en 2014 (en millions de tonnes)

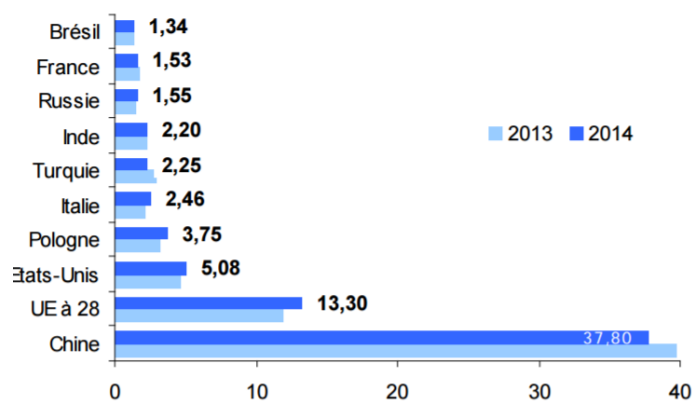


Figure 3 : Principaux pays producteurs de pommes en 2013 et 2014.
Source : Usda, Wapa, Eurostat, Agreste, cité dans Allain, 2015.

1. Introduction

1.1. Contexte

La pomme est l'un des fruits les plus consommés en France (Association nationale pomme poire, 2014) et le plus produit, en volumes (55%) et en surfaces (25%) (Figure 1 et 2). Elle peut être consommée en fruit à croquer mais aussi sous différentes formes, par exemple en compotes ou en jus. Il s'agit du premier fruit transformé au niveau national avec 23% de la production destinée à la transformation. La France se trouve dans le top 10 des pays producteurs de pommes au monde et dans le top 3 dans l'UE (Figure 3) (Allain, 2015). En effet, la France a produit 1,6 million de tonne de pommes de table sur 36 519 ha en 2015 (FranceAgrimer, 2017), cela représentait pratiquement 2% de la production mondiale en 2014 (FAOSTAT, 2017). Elle était le sixième pays exportateur de pommes en 2014/2015 avec 600 000 t (Allain, 2015). En France, le Tarn-et-Garonne est le premier département producteur de pommes avec 233 085 t produites sur 4 505 ha en 2015 (FranceAgriMer, 2017). Cela représente pratiquement ¼ de la production nationale.

Ce fruit est également un des fruits les plus traités. La plupart des applications se font contre l'agent de la tavelure (*Venturia inaequalis*) avec 19 traitements fongicides par saison, sur 29 au total soit 65,5% des traitements appliqués sur pommiers. Cette maladie provoque des lésions brunâtres sur feuilles et sur fruits, ce qui peut engendrer une diminution du rendement mais aussi un déclassement des fruits, et représente une perte économique importante pour les producteurs (Saudreau, 2015). Tous ces traitements représentent un coût pour les agriculteurs, mais aussi un risque pour la santé et l'environnement. De plus, la réglementation se durcit dans le contexte du plan Ecophyto* et des autorisations de mise sur le marché (AMM) ou des usages* de certains produits sont retirés. Par ailleurs, des souches résistantes à certains produits apparaissent. Pour l'ensemble de ces raisons, des solutions alternatives sont de plus en plus recherchées. De ce fait, des firmes phytosanitaires, comme Syngenta, travaillent pour trouver des solutions alternatives. Parmi celles-ci, des stimulateurs de défense naturelle (SDN) sont déjà homologués sur plusieurs cultures comme l'acide gibbérellique, le *Bacillus subtilis*, le COS-OGA, l'extrait de fénugrec, le forchlorfénuron, la laminarine, le phosphate disodique ou les phosphates de potassium qui ont des effets sur vigne (Tableau I), et il est intéressant de tester leur efficacité sur d'autres types de cultures et contre d'autres maladies, comme la tavelure sur pommier.

SDN est un terme défini en 2013 par l'association française de la protection des plantes (AFPP). Il s'agit de différentes molécules ou micro-organismes, qui après une application sur la plante sont capables de préparer ou de stimuler les mécanismes naturels de défense de celle-ci. Les SDN permettent à la plante d'être en état de résistance pendant un laps de temps donné, vis-à-vis d'un bioagresseur ou d'un stress biotique auquel elle est sensible (AFPP, 2013 cité dans Faessel *et al.*, 2014). Ces produits n'ont pas une action directe sur le bioagresseur mais sur l'induction de résistance chez la plante. Les applications de SDN sont préventives. Le terme SDN peut être associé au terme SDP qui est plus couramment utilisé, toutefois, il s'agit des mêmes

Tableau I : Liste non exhaustive de matières actives SDN avec leur utilisation.

Source : D'après ANSES, 2017a

SA	Culture	Lutte	SA	Culture	Lutte
Acibenzolar-S-methyl	bananier, blé, cultures ornementales, tomates	SDN, oïdium, bactérioses	Laminarine	céréales à paille, fraisier, laitue, pommier, vigne	SDN, oïdium, feu bactérien, tavelure
Acide gibbérellique	cerisier, vigne	qualité des fruits, stimulation de la croissance	Phosphate disodique	vigne	mildiou
<i>Bacillus subtilis</i>	Avocatier, bananier, champignons, concombre, cultures ornementales, fruits à coques, fruits à noyaux, laitue, manguier, melon, petits fruits, pommier, PPAMC, tomates, vigne	SDN	Phosphonates de potassium	Cultures légumières, vigne	SDN, mildiou
COS-OGA	Vigne, cultures légumières	SDN	Prohexadione-calcium	Cultures fruitières	régulateur de croissance, feu bactérien
Extrait de fénugrec	Melon, Vigne	SDN	Trichoderma harzianum strains	Cultures légumières, cultures ornementales, fines herbes, épices, portes graines, cultures fruitières, gazons, PPAMC	Champignons
Forchlorfénuron	Kiwi, vigne	stimulateur de croissance	...		

substances sous une terminologie différente. Cependant, le terme SDN possède un caractère officiel que le terme SDP n'a pas (RMT Elicitra, 2013 cité dans Faessel et *al.*, 2014).

Certaines substances SDN peuvent être classées dans le biocontrôle. En effet, le biocontrôle englobe un ensemble de méthodes de protection des végétaux par l'utilisation de mécanismes naturels. Il repose sur la gestion des équilibres naturels des populations de ravageurs ou de maladies et non sur l'éradication. Le biocontrôle comprend les macro-organismes et les produits phytopharmaceutiques composés de micro-organismes, de médiateurs chimiques* ou de substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2017). Une liste comprenant toutes les AMM pour le biocontrôle est disponible, ainsi nous pouvons y retrouver les deux produits SDN présentés plus loin dans ce rapport.

L'extension d'utilisation de produits SDN déjà commercialisés sur d'autres cultures, à la tavelure du pommier est envisageable. Elle pourrait être un avantage commercial pour la firme et une solution pour les agriculteurs car le développement de nouveaux produits prend beaucoup de temps (entre 8 et 10 ans) (Jonville, 2016) et a un coût élevé pour les entreprises. Cela permettrait de diminuer l'utilisation de fongicides, et pourrait également permettre d'améliorer leur efficacité en combinant un SDN et un produit phytopharmaceutique conventionnel, tout en diminuant les doses de ce dernier. Si l'efficacité des SDN sur la tavelure est prouvée, d'autres essais pourront être mis en place pour étendre encore l'usage à d'autres cultures ou d'autres maladies.

1.2. Description de la structure d'accueil

Syngenta est une entreprise Suisse issue de la fusion en 2000, de deux entreprises qui sont AstraZeneca et Novartis. Ce groupe est leader mondial dans son secteur : les produits de protection des cultures et les semences. Syngenta travaille sur la recherche, le développement et la commercialisation de ces produits pour une agriculture compétitive et responsable. Elle permet des innovations, une proximité, une large gamme et un accompagnement des agriculteurs. Son chiffre d'affaires a été de 15,1 milliards de dollars en 2014, dont 75% sont liés à la protection des cultures et 20% aux semences (Syngenta, 2016). Cette entreprise internationale est présente dans 90 pays, dont la France, avec 1300 collaborateurs. Syngenta travaille sur tous types de cultures et, elle est implantée dans les principaux bassins de production, par exemple dans le Tarn-et-Garonne pour la pomme, sur la station expérimentale de Grisolles. Trois équipes composent cette station, avec dans chacune un expérimentateur, un ou deux saisonniers et un stagiaire. Parmi ces trois équipes, deux travaillent en recherche avant une homologation de produit pour tester l'efficacité au champ et l'autre, sur le développement au niveau régional pour montrer l'efficacité des produits aux agriculteurs ou aux techniciens, avant la commercialisation. Pour mettre en place des essais il faut un site adapté, représentatif mais aussi des conditions favorables au développement de la maladie recherchée, ou un verger dans lequel la maladie est déjà installée et récurrente depuis des années. Ces conditions étant réunies sur la station expérimentale de Grisolles, un essai a été mis en place sur un verger de pommier affecté par la tavelure.

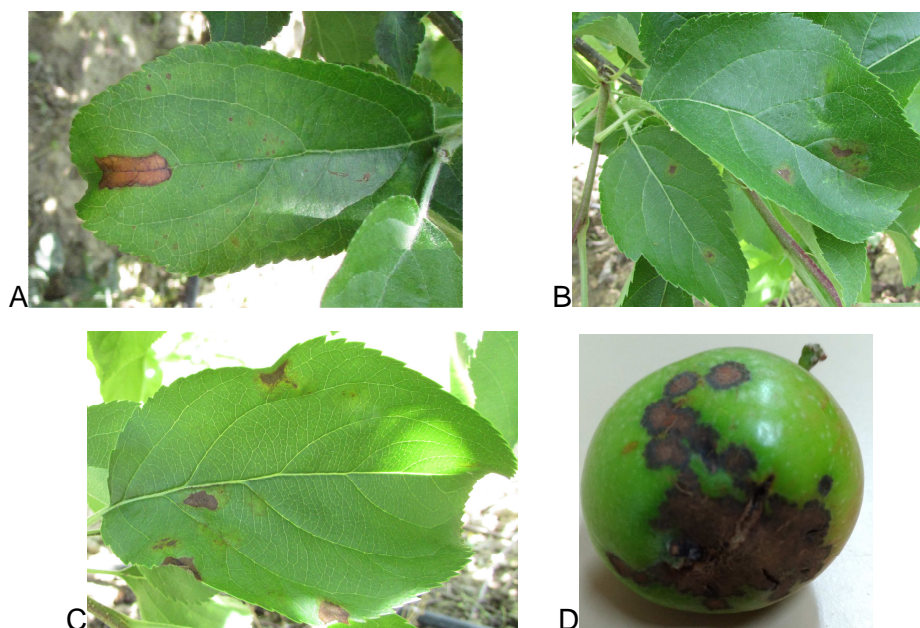


Figure 4 : Photographies de symptômes de tavelure sur feuilles et sur fruit.

Photographies de trois feuilles touchées par la tavelure avec des taches âgées (A) et des taches plus jeunes (B et C) et un fruit (D) comportant des symptômes de tavelure, photos prises dans l'essai sur la station expérimentale de Grisolles (82) le 05/2017. Source : AUSSIBAL Manon.

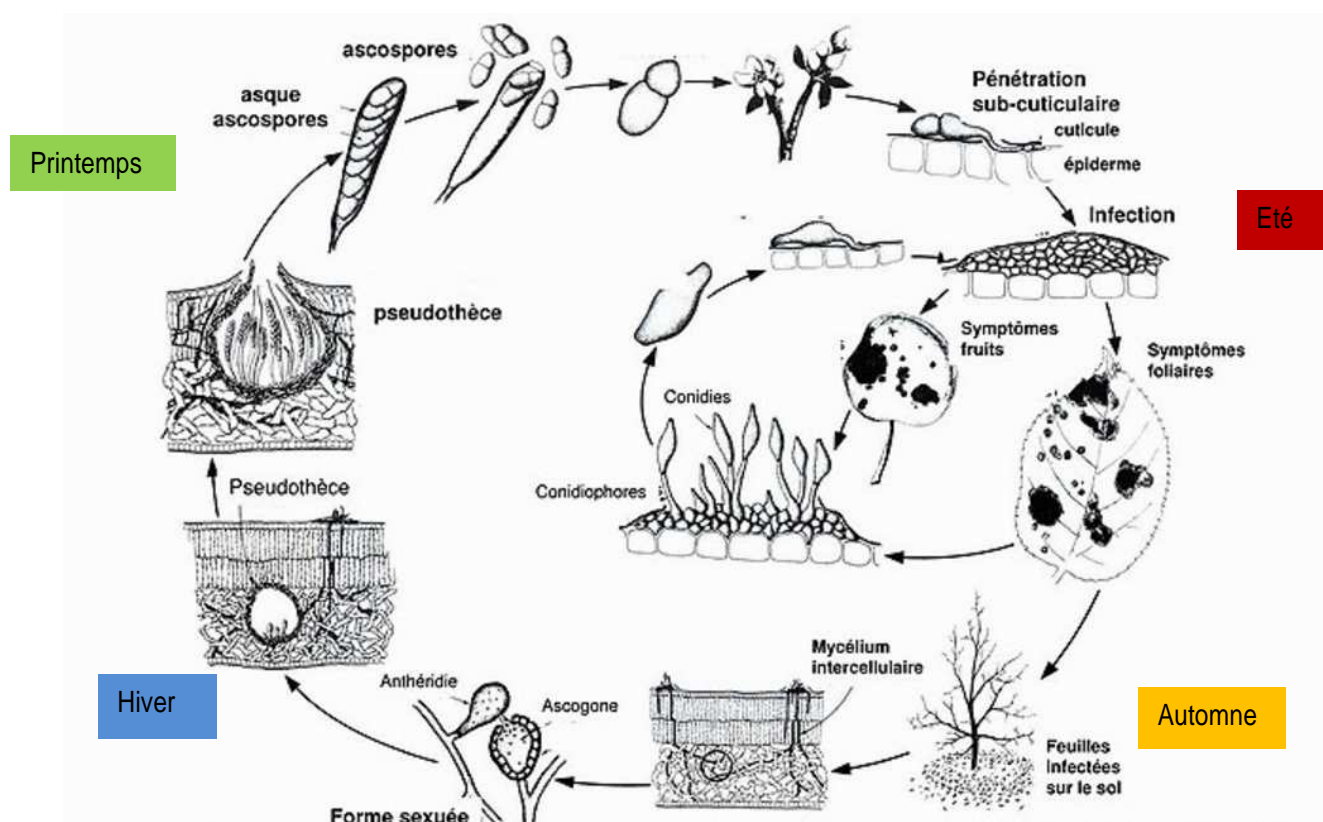


Figure 5 : Cycle de développement du champignon *Venturia inaequalis*, responsable de la tavelure sur pommier.

Source : Agrios, 1988 cité dans Giraud, 2016, modifié.

Les expérimentateurs doivent aussi réaliser les traitements dont les cadences sont différentes suivant les protocoles, la persistance d'action des produits et le développement des plantes: traitements rapprochés tous les 7-10 jours en arboriculture, seulement un ou deux traitements en céréales. En parallèle des traitements, les expérimentateurs réalisent aussi les suivis d'essais (suivi des stades pour déclencher les traitements ou les notations), l'entretien des cultures comme l'écimage, l'épamprage pour la vigne et l'entretien des allées pour circuler autour et dans l'essai. Certains essais doivent suivre les normes BPE avec l'enregistrement de toutes les actions réalisées, un dispositif d'essai précis avec des blocs et la randomisation des parcelles, cela pour avoir des résultats fiables et reproductibles essentiellement pour permettre l'homologation des produits. Le métier d'expérimentateur est donc très important car l'homologation ou la vente d'un produit peut en dépendre et cela peut donc avoir un impact sur les revenus de firme et des agriculteurs qui ont besoin de solutions adaptées et efficaces.

1.3. Données bibliographiques

1.3.1. Cycle de la tavelure

La tavelure du pommier est causée par *Venturia inaequalis* qui est la forme sexuée ou téléomorphe et par *Spilocea pomi* qui est la forme asexuée ou anamorphe, plusieurs synonymes peuvent également être trouvés dans la littérature comme *Endostigme inaequalis*, *Fusicladium dendriticum* et *Sphaerella inaequalis*. *V. inaequalis* est un champignon ascomycète hémibiotrophe, il infecte les tissus vivants de la plante et poursuit son développement sur les tissus morts (Naim, 2017). L'agent pathogène de la tavelure provoque des taches brunes et une déformation du limbe, essentiellement sur la face supérieure des feuilles de pommier et autour des nervures (Figure 4 A) (Giraud, 2016). Tout d'abord de petites taches claires et circulaires se forment sur les feuilles, puis ses taches se nécrosent (Figure 4 B et C). Lorsqu'il y a plusieurs taches, les feuilles peuvent se déformer. Quand l'attaque est importante la feuille peut être entièrement recouverte de taches et par la suite tomber de l'arbre. Pour les fruits, les taches se nécrosent comme sur les feuilles, pouvant aller jusqu'à causer une crevasse dans le fruit (Figure 4 D).

V. inaequalis a une phase saprophyte une fois les feuilles tombées au sol (Giraud, 2016), elle permet la conservation de l'agent pathogène pendant l'hiver (Ephytia, 2013). Il s'agit de la forme sexuée composée d'ascospores présents dans les périthèces appelés pseudothèces (MAAARO, 2011). Une phase parasite et également présente sur les feuilles et fruits sur les arbre (Giraud, 2016), grâce à la forme asexuée (conidies) qui permet la dispersion de la maladie (Ephytia, 2013).

L'infection primaire s'effectue au printemps par une projection sur les jeunes pousses, d'ascospores présentes sur le sol et les débris végétaux. Cette projection est provoquée par l'intensité des précipitations, il s'agit de l'effet "splashing". Viennent ensuite la pénétration dans les tissus végétaux, l'infection, la sporulation avec l'apparition des symptômes sur la plante et la formation de conidies qui vont ensuite permettre les contaminations secondaires (Figure 5). Les contaminations secondaires, peuvent parvenir par cet effet "splashing", lors des pluies ou par le vent (Saudreau, 2015). En automne, le mycélium constitué d'hyphes se forme en profondeur des tissus palissadiques ou en face inférieure des feuilles. Les périthèces se développent

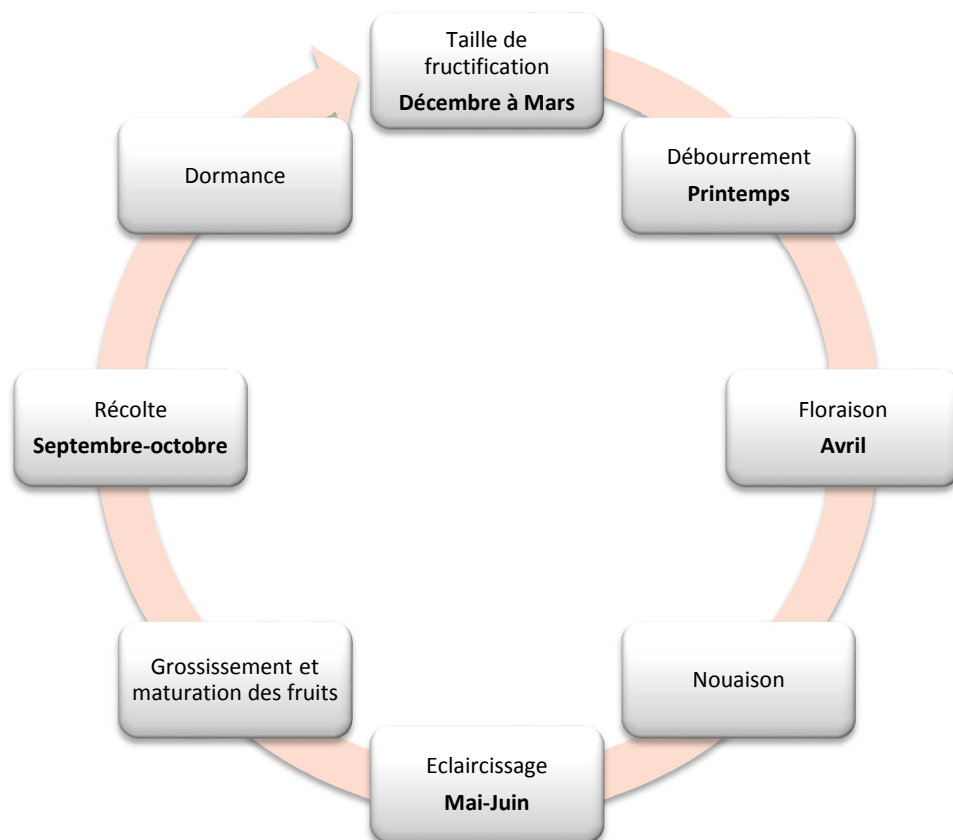


Figure 6 : Cycle culturel du pommier.

Source : D'après Beauvais et Gouffier, 2017 et Pépinières Gromolard, 2017.

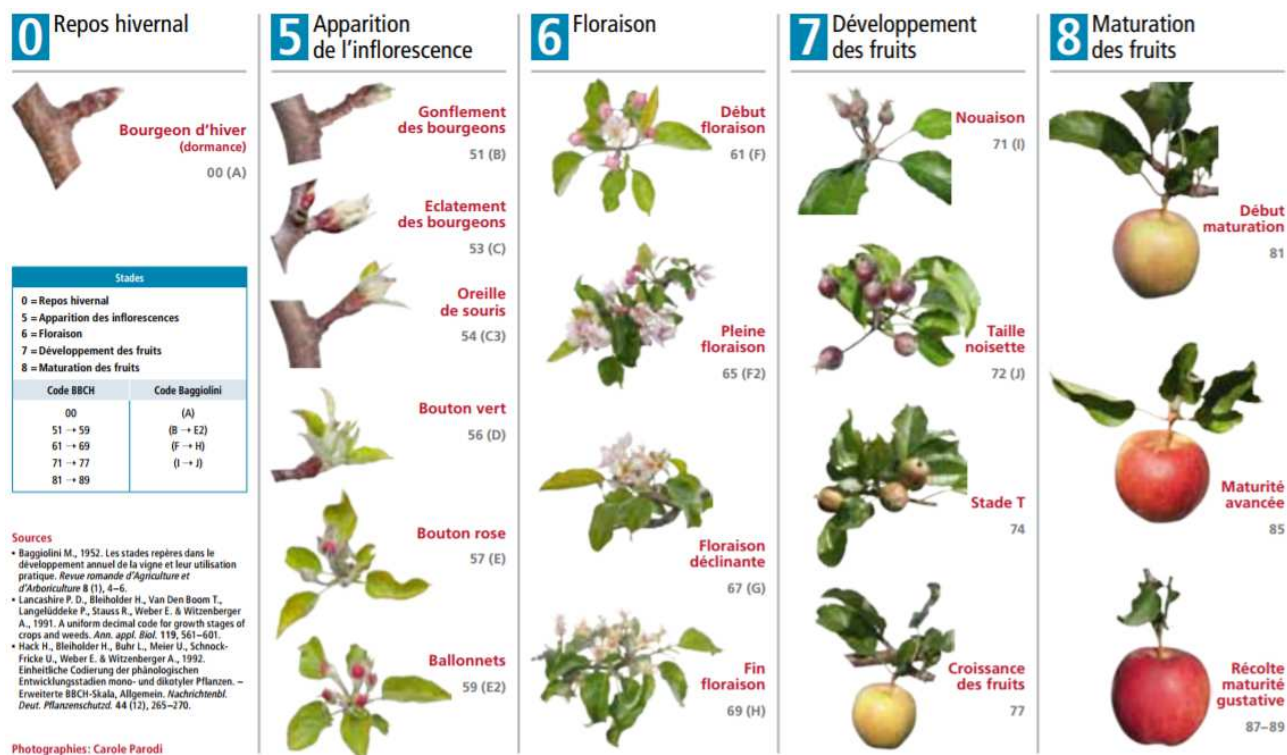


Figure 7 : Stades phénologiques du pommier.

Source : Bloesch et Viret, 2013

sur les feuilles mortes au sol, mais ne sont matures qu'avec l'apparition d'asques, au printemps grâce aux températures qui se radoucissent. La germination s'effectue en présence d'humidité, à partir de 1°C (lente) et s'accélère entre 15 et 24°C ; au-dessus de 28°C il y a un ralentissement (Ephytia, 2013).

Les conditions favorables au développement de *V. inaequalis* sont un climat doux et humide. Lorsqu'il y a une période sèche lors de la maturation des ascospores, il y a une accumulation des ascospores matures dans les périthèces. Lors des pluies suivantes il y a donc une contamination importante (Giraud, 2016).

Plusieurs contaminations de conidies peuvent avoir lieu pendant la saison, ce suivant les conditions climatiques (Saudreau, 2015). Les lésions apparaissent entre dix et vingt-huit jours après l'infection par une ascospore (MAAARO, 2011). Cette maladie peut se développer après récolte et apparaître lors de la conservation des fruits. D'autres espèces peuvent également être observées en conservation comme *Venturia esparata* (Giraud, 2016). Cette maladie peut être rencontrée en culture de poirier ou de pommier.

1.3.2. Le pommier

a) Données culturales

Le pommier, *Malus pumila* (anciennement *Malus domestica*) est originaire d'Asie, il fait parti de la famille des Rosacées (Gerbeaud, 2017).

Les pommiers se multiplient par greffage, pour une meilleure fructification. Ils sont plantés de novembre à mars dans des sols profonds où ils resteront en place plusieurs années (Gerbeaud, 2017). Les premières années, une taille de formation est à prévoir pour former les charpentières de l'arbre, puis chaque année une taille de fructification est réalisée de décembre à mars, avant le débourrement (Figure 6) (Beauvais et Goulfier, 2017). Lorsque les températures augmentent au printemps, les bourgeons débourrent et le feuillage se met en place jusqu'à la floraison, qui a lieu en avril. Il est fréquent de trouver dans les vergers de pommiers des arbres pollinisateurs qui ont une floraison légèrement décalée par rapport aux pommiers pour attirer plus précocement les abeilles et bourdons pour une meilleure pollinisation. Après la fécondation, il y a nouaison des fruits qui poursuivent leur croissance (Gerbeaud, 2017). Un éclaircissage est parfois nécessaire pour faire tomber des pommes qui sont, suivant les années et les variétés, trop nombreuses. En effet, sans éclaircissage, cela donnerait des fruits de petits calibres et favoriserait certaines maladies ou ravageurs. La récolte s'effectue entre septembre et octobre et les pommes peuvent, suivant les variétés être conservées dans des chambres froides plusieurs mois (Beauvais et Goulfier, 2017). A la fin de l'automne, les pommiers rentrent en dormance jusqu'au printemps où les bourgeons débourrent.

Des repères basés sur les stades phénologiques sont souvent utilisés par les personnes travaillant dans les vergers de pommier. En effet, ces stades clé du développement de l'arbre permettent de déclencher un traitement ou un apport d'engrais suivant le développement de l'arbre et ses besoins ou tout simplement de suivre la croissance des arbres du verger (Figure 7).

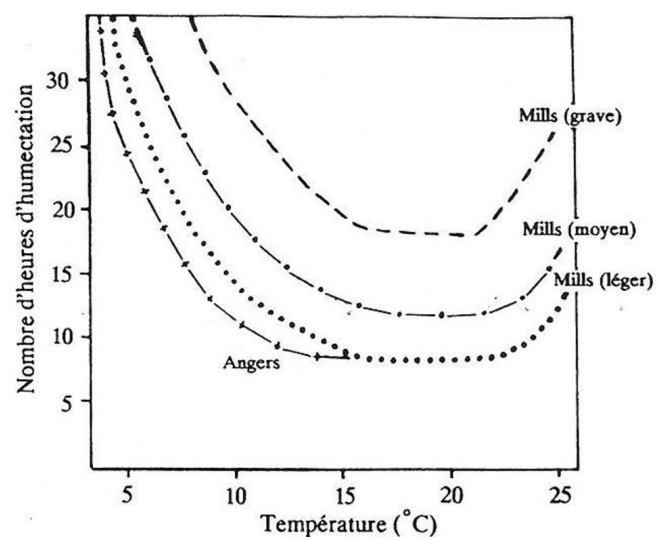


Figure 8 : Courbe de Mills, estimation des risques de contamination.

Source : Parisi, 1990 cité dans Giraud *et al.*, 2016

Plusieurs ravageurs ou maladies peuvent être rencontrés en vergers de pommiers : pucerons, cochenilles, zeuzères, acariens, carpocapse, tavelure, oïdium, chancre du collet ou moniliose. Cependant, l'essentiel des traitements sont orientés contre la tavelure (Gerbeaud, 2017).

Comme nous l'avons vu, le pommier est cultivé partout dans le monde et sur l'ensemble du territoire Français. Il est donc adapté aux climats tempérés mais aime l'humidité et certaines variétés peuvent être résistantes au froid. Il présente une grande diversité de variétés avec des caractéristiques différentes que ce soit pour le climat ou pour leur sensibilité ou tolérance aux ravageurs et aux maladies.

b) La variété Golden Delicious

L'essai est mené sur la variété de pommier domestique Golden delicious (*Malus domestica* 'Golden Délicieux'). C'est une des variétés de pommes les plus populaires (Le Crenn-Brulon, 2010). Il s'agit d'une variété diplo ide datant de 1880 et originaire des USA. Cette variété de pommier a une floraison demi-tardive et abondante, dont les fruits peuvent se récolter en septembre et octobre. Ces pommes sont de forme régulière et arrondie, leur couleur est jaune doré avec parfois une face rosée (suivant les amplitudes thermiques). Cette variété est consommable dès la récolte avec une chair fine, croquante et juteuse, dont la saveur est parfumée et équilibrée (sucrée et peu acidulée) et son calibre est de moyen à gros. Une fois récoltés les fruits peuvent être conservés entre 4 et 5 mois à 0 C. Les avantages de cette variété sont les caractéristiques de ces fruits mais aussi sa vigueur, qui est moyenne à forte, et sa mise à fruit, rapide et régulière. De plus, elle est peu sensible au feu bactérien. En revanche, elle est assez à l'oïdium et sensible à la tavelure (Pépinières Gromolard, 2017). Cette variété est donc intéressante pour mettre en place l'essai. En outre, cette variété est fréquemment cultivée dans les vergers de la région et la maladie recherchée s'y développe fréquemment.

1.3.3. Méthodes de lutte contre la tavelure

Plusieurs méthodes de lutte existent contre la tavelure. Les itinéraires techniques font de plus en plus appel aux méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique (prophylaxie*, lutte génétique avec l'utilisation de variétés résistantes ou biocontrôle), et la lutte contre la tavelure évolue vers une utilisation raisonnée des fongicides (Saudreau, 2015).

a) Lutte chimique

La lutte chimique n'est plus utilisée de façon systématique, mais elle est raisonnée, pour bloquer la contamination primaire et ne traiter qu'en cas de risque (Giraud *et al.*, 2016). Le risque est représenté par la durée d'humectation, la température, la pluviométrie et l'hygrométrie. Des outils peuvent aider à connaitre la progression du risque comme les BSV (Bulletin de santé du végétal), ou des outils d'aide à la décision (OAD) pour évaluer la maturité des ascospores et les dates probables des infections primaires (MAAARO 2011), en suivant un modèle prévisionnel qui suit les courbes de Mills (Figure 8) (Giraud *et al.*, 2016 ;Saudreau, 2015). Plus les températures sont élevées, moins il faut de temps d'humectation pour la germination (Benoit *et al.* 2009). De plus, le stade le plus sensible est le stade C-C3 (Figure 7) (Giraud *et al.*, 2016). En effet, il s'agit du

gonflement des bourgeons, avec l'apparition de la pointe des feuilles qui a lieu en Mars. C'est une période qui coïncide avec le risque de projection des ascospores de tavelure. C'est pourquoi, suivant les conditions météorologiques et les OAD il faut être très vigilant à cette période.

Les fongicides peuvent être utilisés en préventif ou en curatif, avec des produits de multisites ou unisites avec plusieurs familles comme les anilinopyrimidines, les strobilurines, les IBS ou les SDHI.

Les traitements peuvent être à renouveler après un fort lessivage (20 mm) pour les produits de contact ou lors d'une forte croissance végétative, sauf s'ils sont systémiques* comme les IBS. En agriculture biologique, le cuivre est utilisé en applications répétées (Giraud *et al.*, 2016).

Une résistance de *V. inaequalis* aux fongicides curatifs IBS, aux anilino-pyrimidines et aux strobilurines est observée depuis 2003 dans le Sud de la France (Saudreau, 2015). C'est pourquoi, il faut alterner les familles chimiques, ne pas pulvériser de fongicides du groupe DMI ou de strobilurines en présence de lésions de tavelure, sous peine de favoriser l'apparition d'une résistance (MAAARO, 2011) et pratiquer d'autres méthodes de lutte.

b) Lutte prophylactique

Une des premières méthodes de lutte à appliquer contre tout ravageur ou maladie est la lutte prophylactique. Dans le cas de la tavelure, la lutte prophylactique vise à réduire l'inoculum primaire. Pour cela, il est possible de ratisser, aspirer ou andainer* les feuilles et fruits et de les broyer ou de les composter. De plus, il est possible de dynamiser la vie microbienne du sol en apportant du compost pour permettre d'accélérer la décomposition des feuilles. Il est également possible de réguler la croissance des arbres. En effet, les jeunes feuilles sont les plus sensibles à l'agent pathogène et les pratiques culturales stimulant la croissance de l'arbre, favorisent la maladie (Giraud *et al.*, 2016). En outre, il est possible de réfléchir la conduite de son verger en aidant au séchage du feuillage par une bonne circulation de l'air grâce à la taille ou à l'orientation de l'arbre afin de réduire l'apparition de la maladie (Bayer, 2013).

c) Lutte génétique

Pour éviter l'utilisation de produits phytopharmaceutiques, il est possible d'utiliser la lutte génétique. Il existe une grande diversité de variétés de pommiers dont la sensibilité à *V. inaequalis* varie. En effet, il existe des variétés très sensibles et d'autres totalement résistantes (Giraud *et al.*, 2016). Les variétés Gala, Golden Delicious et Pink lady sont les plus sensibles à la tavelure (Brun *et al.*, 2008; Saudreau, 2015) et les variétés Ariwa et Rewena y sont résistantes (Kellerhals *et al.* 2004). Il faut adapter la lutte fongicide à la sensibilité de la variété. Une variété résistante ou peu sensible comme Reine des reinettes est intéressante car il y a très peu de symptômes de tavelure sur feuilles (0,1%) et sur fruits (29%) par comparaison avec une variété sensible comme Gala, dont les symptômes peuvent atteindre 74% des feuilles et 100% des fruits (Brun *et al.*, 2008). Cette différence de sensibilité est due au gène majeur Rvi6, anciennement appelé Vf pour *Venturia floribunda* (Gessler et Pertot, 2012) ; il est le principal gène de résistance, qui est présent dans la majorité des cultivars

de pommiers résistants (Parisi *et al.*, 2013). Le type de résistance conféré par le gène *Rvi6* est très variable : les feuilles peuvent présenter des chloroses et/ou des nécroses, ou ne pas présenter de symptômes. Cependant, ce gène est contourné depuis 1989 dans les régions où les pommiers résistants sont cultivés : certaines souches de tavelure sont devenues virulentes, comme la souche 6 et la souche 7. La résistance de *V. inaequalis* est apparue au Nord de l'UE : en France, en Hollande, au Danemark, au Sud de la Suède, au Nord de l'Allemagne et en Belgique, puis en Suisse et en République Tchèque.

Ce contournement observé en Europe sur des variétés résistantes provient du contournement de la résistance du gène *Vf*, il s'agit donc d'une résistance monogénique (Brun, Didelot, et Parisi, 2008).

Il a été remarqué qu'il y a plus de résistance de *V. inaequalis* dans les vergers biologiques, sans protection par des fongicides. En effet, ces vergers sont essentiellement composés de variétés de pommiers résistantes à la tavelure, il y a donc moins de traitements, il n'y a donc pas de résistance vis-à-vis des fongicides.

Par ailleurs, dans les vergers conventionnels ou *V. inaequalis* à contourner la résistance de la variété cultivée, même si ce contournement est apparu sur pommier, la résistance peut encore être efficace et il est possible d'avoir un verger exempt de tavelure s'il y a un minimum de mesures de protection. L'apparition de la résistance peut être retardée en traitant seulement les risques majeurs (Gessler et Pertot, 2012).

De plus, quand la résistance des pommiers est contournée, il y a plus de traitements pour essayer de contrôler l'agent pathogène dont les souches sont virulentes. De ce fait, les IFT* augmentent et les souches résistantes sont sélectionnées. Des associations de variétés résistantes porteuses du gène *Rvi6* et de variétés sensibles ne sont pas recommandées car il y a plus de diversité de pathogène avec croisements et une multitude de souches. Il faut donc privilégier soit le mélange de variétés toutes résistantes ou alors un verger de variétés sensibles. En effet, si des associations de différents cultivars résistants sont mises en place, la résistance n'est pas contournée (Parisi *et al.*, 2013). En 2012, aucun mécanisme de défense n'était compris car la voie de défense n'a pas été identifiée (Gessler et Pertot, 2012). Cependant, on peut remarquer une graduation de la sensibilité des cultivars, ce qui indique qu'il s'agit d'une résistance polygénique, avec plusieurs gènes impliqués (Saudreau 2015). Une résistance dite ontogénique* est également observable sur l'ensemble des cultivars, elle est fonction de l'âge de l'organe, plus l'organe est âgé, plus il est résistant à la tavelure (Saudreau, 2015).

d) Lutte biologique

La lutte biologique est l'application d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par un ravageur ou une maladie (OILB-SROP cité dans Ferron, 2017). En effet, une étude a montré que des micro-organismes récoltés dans des vergers de pommiers non traités ont permis de diminuer les symptômes de tavelure en réduisant la germination des conidies de *V. inaequalis*. Les micro-organismes qui ont supprimé de manière significative les symptômes causés par la tavelure sont des levures et des bactéries comme *Pseudomonas syringae* ou *Pseudomonas fluorescens*. Les trois bactéries identifiées comme les plus efficaces sont des *P. syringae*. En effet, *P. syringae* est une bactérie épiphyte commune sur pommier. Elle produit des bio-tensioactifs* qui ont un effet antimicrobien et facilitent le développement de la bactérie sur feuilles, elle est non pathogène sur plantes (Burr *et al.*, 1996). D'autres bactéries comme *P. fluorescens* Bk3 ont été testées et

ont montré des résultats intéressants avec une inhibition de 73% la germination conidienne (Hossain *et al.*, 2009). D'autres micro-organismes sont efficaces pour inhiber le développement des asques de la tavelure comme le champignon *Athelia bombacina* ou *Flavobacterium sp.*, pour inhiber la germination des conidies de *V.inaequalis*. La lutte biologique est difficile à mettre en place car il faut que l'agent biologique soit efficace mais aussi qu'il survive sur l'arbre (Burr *et al.*1996). Cependant, un produit à base de *Bacillus subtilis* est homologué sur pommier comme stimulateur de défense des plantes pour lutter contre le feu bactérien et la tavelure (ANSES 2017a).

e) Biocontrôle : les SDN

Malgré une définition du terme SDN récente, des recherches sont menées depuis plusieurs années et une résistance systémique contre la tavelure a été observée en 1959 par l'infiltration de D-phénylalanine, de D-alanine ou d'acide amino-isobutyrique (Küc *et al.*, 1959 cité dans Faessel *et al.*, 2014). Plusieurs SDN ont été testés contre *V.inaequalis* comme des polymères filmogènes commercialisés. Ces polymères filmogènes inhibent la germination des conidies de la tavelure de 35 à 61%, la formation d'appressoria de 26 à 35% et qui réduisent la sévérité de la maladie sur feuilles de 22 à 56% en laboratoire. Sur le terrain, la gravité des taches sur feuilles et fruits est réduite de 42 et 49%. Lorsqu'il y a une application de ces polymères, le rendement augmente du fait qu'il y ait moins de taches de tavelure et donc plus de photosynthèse. Ces produits permettent la formation d'une barrière physique entre la plante et le pathogène, l'appressorium ne peut donc pas se développer. Ils permettent également d'altérer la topographie de la feuille, il n'y a donc pas de reconnaissance des sites de pénétration par le pathogène. Ces produits ont aussi des effets contre d'autres pathogènes foliaires comme *Pyrenophora avena*, *Pyricularia oryzae* et *Blumeria graminis* (Percival *et Boyle*, 2009).

De plus, un autre SDN a été testé contre la tavelure du pommier. Il est composé de protéines extracellulaires de bactéries antagonistes* comme *Pseudomonas fluorescens Bk3*. Parmi la dizaine de protéines testées, trois ont permis d'inhiber la croissance conidienne de *V. inaequalis*., avec une inhibition comprise entre 20 et 42 %. Ces protéines ont été identifiées comme étant une protéine de liaison de soluté extracellulaire, une métalloprotéase alcaline extracellulaire et une lipoprotéine associée au peptidoglycane.

La protéine de liaison de soluté extracellulaire permettrait une réduction d'apport d'acides aminés dans les cellules conidiales pour l'inhibition de la germination des conidies. La lipoprotéine associée au peptidoglycane quant à elle, serait nécessaire aux bactéries pour maintenir l'intégrité de la membrane externe, elle est également nécessaire à la virulence et à la pathogénèse, cette lipoprotéine entrainerait l'activation de cascades de signalisation (comme celle du prophenoloxidase) et entraverait la croissance des hyphes de *V. inaequalis*. La métalloprotéase alcaline extracellulaire, permettrait d'inhiber la germination des conidies grâce à l'activité protéolytique qui clive les liaisons peptidiques d'arginyle et hydrolyse les protéines basiques, ce qui déstabiliserait les hyphes fongiques et préviendrait la germination des conidies (Hossain *et al.*, 2009).

Le prohexadione de calcium qui fait partie des acylcyclohexanediones, quant à lui, a également été testé contre la tavelure du pommier. Ces composés régulent la croissance des pommiers en modulant les teneurs en gibbérellines ou en flavonoïdes, pour créer une situation défavorable au développement de la tavelure.

Ces produits sont intéressants car ils ne sont pas toxiques pour la santé humaine et ils ne laissent pas de résidus sur la culture. Les acylcyclohexanediones réduisent l'incidence de *V. inaequalis* par l'induction de voies de biosynthèse des flavonoïdes qui permettent l'accumulation de composés phénoliques comme le luteoforol. Ce composé a des propriétés de type phytoalexine* : il inhibe la germination des conidies de tavelure et la croissance mycélienne. La combinaison de ce produit avec les fongicides renforce leur efficacité et se traduit par une augmentation de rendement. Cependant, le luteoforol est moins efficace que les fongicides, donc il serait à utiliser en association de ceux-ci (Spinelli *et al.*, 2010).

Par ailleurs, une autre étude menée en 2014, a testé des SDP commercialisés contre *V. inaequalis* sous serre. Les noms commerciaux des produits SDN testés sont Algicin, composé d'un extrait d'algues qui a été testé deux fois, dont les résultats d'efficacité sont compris entre 55-75% et 20-35%. Iodus, composé de Laminarine a une efficacité entre 40 et 68% et le Chitosan, lui aussi testé deux fois, a une efficacité entre 60 et 85% et 18-35%. Les meilleures efficacités sont observées quand la pulvérisation est réalisée avant une contamination (Kunz et Hinze, 2014 cité dans Feassel *et al.*, 2014).

Plusieurs produits SDN sont homologués contre la tavelure du pommier : le Regalis plus, de chez BASF, qui est à base de prohexadione-calcium, le Sernade max de chez BAYER, qui est à base Bacillus subtilis str. QST 713 ou le Vacciplant jardin de chez GOEMAR, qui lui, contient de la Laminarine (ANSES, 2017a).

Dans ce rapport, seront présentés, dans un premier temps les méthodes utilisées avec le protocole expérimental déclinant les exigences, les traitements et les notations demandées. Viendront ensuite une présentation et une discussion des résultats obtenus, et enfin, une conclusion sera réalisée.



Rang de garde	202	Rang de garde	101	Rang de garde	Rang de garde
	206		102		
	203		103		
	204		104		
	205		105		
	207		106		
	208		107		
	201		108		
	101		302		
	102		308		
	103		306		
	104		305		
	105		304		
	106		301		
	107		303		
	108		307		

Figure 9 : Plan de l'essai.

Les rangs de gardes entourent les deux rangs d'essais.

Chaque rang d'essais comprend deux blocs.

Source : AUSSIABL Manon

Tableau II : Protocole expérimental.

Source : AUSSIBAL Manon

Numéro de modalité	Phase 1 avant fleur (du stade C/C3 à D) avec 2 à 3 traitements à 7j		Phase 2 préfleur de D/D3, F/G avec 6 à 8 traitements à 7j	
	Produit	Dose	Produit	Dose
1	Témoin non traité		Témoin non traité	
2	Dithane neotec	2 kg/ha	Dithane neotec	1,5 kg/ha
3			Redeli	2,5 L/ha
4			Redeli	3,5 L/ha
5			Redeli + Dithane neotec	2,5 L/ha + 1,5 kg/ha
6			Bastid	2 L/ha
7			Bastid	4 L/ha
8			Bastid + Dithane neotec	2 L/ha + 1,5 kg/ha

2. Matériel et méthodes

2.1. Dispositif d'essai

Ce protocole d'essai est mis en place dans deux départements, le Tarn-et-Garonne et le Maine-et-Loire. C'est un essai de connaissance produit sur tavelure du pommier. L'objectif est d'évaluer deux produits de biocontrôle agissant comme SDN, pour une possible extension d'usage. Le premier étant le Redeli à base de disodium de phosphanate et le deuxième le Bastid à base de COS-OGA.

Plusieurs matières actives sont utilisées dans cet essai. En effet, trois produits sont appliqués pour l'essai : le Dithane neotec, le Redeli et le Bastid. Des produits différents sont utilisés pour contrôler la tavelure sur les rangs de garde comme par exemple le Merpan, le Score ou le Chorus. Pour finir, d'autres matières actives sont utilisées en couverture dans tout l'essai contre d'autres maladies ou ravageurs. Cependant, ces matières actives ne doivent pas avoir d'action sur la tavelure, pour ne pas fausser les résultats des produits testés, comme par exemple le Nimrod contre l'oïdium.

L'essai est disposé en trois répétitions (Figure 9), ce pour la fiabilité et la robustesse des analyses statistiques. Étant donné qu'un bloc utilise seulement la moitié d'un rang, un bloc 1 bis est mis en place en cas de problème sur un des trois autres blocs, ou si un effet bloc est observé après mise en place de l'essai, ce bloc-là peut servir. Il est conduit comme les autres blocs. Des rangs de gardes sont placés entre les rangs traités et sur les côtés extérieurs de l'essai. Ils forment une barrière de protection pour éviter toute contamination ou mélange de produits sur les rangs d'essai. Il y a 8 modalités, donc 8 parcelles dans chaque bloc. Chaque parcelle comprend 4 arbres espacés de 1,25 m et chaque rang est espacé de 4 m. Le bloc 1 et le bloc 1 bis sont non randomisés, les modalités sont donc dans l'ordre. En revanche, les deux autres blocs sont randomisés, les modalités sont donc réparties au hasard dans chaque bloc.

2.2. Protocole expérimental

Le protocole de cet essai est basé sur les méthodes CEB. Il est composé de deux phases de protection (Tableau II). La première phase avant fleur qui doit être réalisé entre les stades C/C3 et D (Figure 7). Ce traitement peut être réalisé 2 à 3 fois suivant la climatologie et le stade des arbres et ils se font à une cadence de 7 jours. La deuxième phase s'effectue en préfleur, fleurs du stade D/D3 au stade F/G. Ce traitement peut être effectué entre 6 à 8 fois, à une cadence de 7 jours.

Comme vu précédemment, cet essai est composé de 8 modalités dont un témoin non traité (modalité 1) qui permet de voir si la maladie se développe et qui permet par la suite, en comparaison avec les modalités traitées de voir l'efficacité des produits.

Le protocole indique un traitement de couverture pour la première phase avec du Dithane neotec à 2 kg/ha (dose d'homologation) et la deuxième phase est différenciée comme suit.

La modalité 2 est la modalité de référence. En effet, il s'agit d'un produit homologué dont l'efficacité est connue. Il s'agit du Dithane neotec à 1,5 kg/ha. Cette quantité est en dessous de la dose d'homologation pour pouvoir comparer l'efficacité des associations avec ce produit (à la même dose). Une quantité plus faible permet de

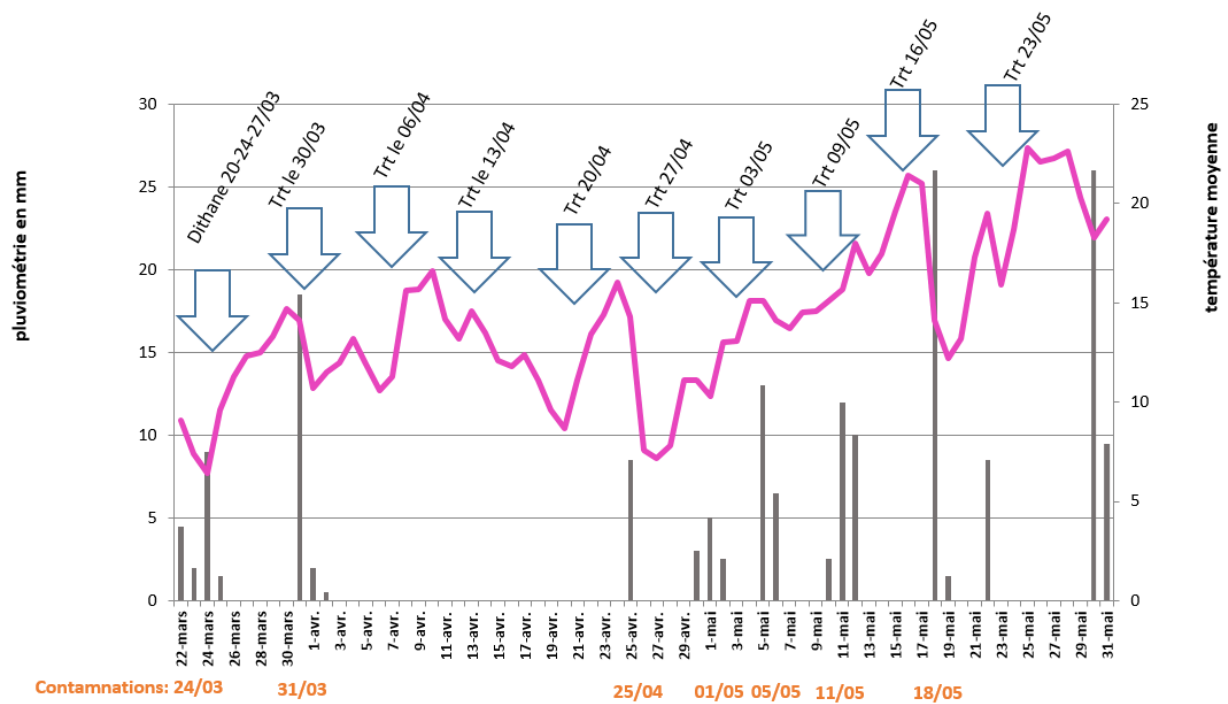


Figure 10: Données climatiques et dates des traitements.

La courbe en rose représente les températures et les barres grises la pluviométrie. Les flèches et dates au dessus représentent les dates des traitements. Les dates en orange, les dates de contamination

Source : Danon, communication personnelle.



Figure 11: Photographie prise lors d'un traitement sur l'essai tavelure.

Sur cette photographie, il est possible de voir l'équipement de traitement (atomiseur) et les équipements de protection individuelle portés par Angel MARIN. Source : AUSSIBAL Manon

voir l'intérêt des associations, car si le produit de référence est mis à une dose qui est connue pour fonctionner, l'efficacité sera probablement bonne. De ce fait, pour voir l'efficacité de l'association avec le SDN, la dose du produit de référence est diminuée. Cette modalité permet également de comparer l'efficacité des SDN seuls. Par exemple, lors des homologations de nouveaux produits, si un produit testé a une efficacité en dessous du produit de référence son homologation peut ne pas être accordée.

Les modalités 3 et 4, composées de Redeli, permettent de tester ce produit à deux doses différentes (2,5 et 3,5 L/ha), pour voir si l'augmentation de dose permet d'accroître l'efficacité, ce qui n'est pas toujours le cas. Cela permet également de donner des informations pour fixer la dose à homologuer.

La modalité 5, quant à elle associe le Redeli à 2,5 L/ha avec le produit de référence à 1,5 kg/ha. Cela permet de voir s'il y a un effet synergisant* ou additif* des produits. En effet, grâce à cette modalité, il sera possible de voir si l'efficacité augmente en associant les deux produits et donc de voir si l'association est utile.

Les modalités 6 et 7 sont équivalentes aux modalités 3 et 4. Elles permettent de tester deux doses différentes de Bastid à 2 et 4 L/ha.

La modalité 8, quant à elle, est équivalente à la modalité 5. Elle associe le Bastid (2 L/ha) et le Dithane neotec (1,5 kg/ha).

Les doses testées pour les deux SDN sur tavelure sont, pour la plus basse et celle en association les mêmes que pour les doses homologuées sur d'autres cultures.

Les cadences de traitement sont de 7 jours entre chaque application (Figure 10). En effet, les cadences sont courtes car le produit de référence est un produit qui agit par contact, il est donc lessivé rapidement et n'agit pas sur les nouvelles contaminations.

Les traitements de l'essai se sont arrêtés à fin mai car la pression de maladie était importante et un traitement de régulation a été effectué. De plus, les températures étaient supérieures à 25°C, le développement de la tavelure est ralenti. Les cadences peuvent ensuite être réduites.

Les traitements sont effectués à l'atomiseur de type solo et avec les équipements de protection individuelle (Figure 11). Le volume de bouillie est adapté suivant le développement de la végétation, il passe de 300 l/ha à 500 l/ha. De la même façon, le temps d'application est adapté et passe de 14,87 à 34,71 secondes.

Les premières applications sont réalisées sur une seule face de l'arbre car il n'y a que très peu de végétation et lorsque les feuilles sont bien développées, les applications s'effectuent sur les deux faces pour toucher un maximum de feuilles.

Lors des traitements, les EPI sont utilisés : des bottes, des gants en nitrile, une combinaison de catégorie 3, de type 4/5/6 et un masque de protection respiratoire qui couvre l'ensemble du visage avec des cartouches A2P3.

Tableau III : Caractéristiques des produits de biocontrôle utilisés dans l'essai.

Source : Danon, communication personnelle

Produit / projets	Biocinétique s.a.	Type de SDN	Signal	Maladies visées	Délai de renouvellement
BASTID BLASON	Pénétrant	Eliciteur	Systémique via la SAR	Mildiou et Oïdium en association	8-10 j
REDELI	Systémie ascendante et descendante	Potentialisateur	Systémique via la SAR	Mildiou en association	12-14 j

2.3. Produits utilisés dans l'essai

2.3.1. Dithane neotec

Le Dithane neotec est un fongicide de la famille des carbamates composé de mancozebe. Ce fongicide est un produit préventif de contact, il est multisite et inhibe la germination des spores (Baudet et Béranger, 2015). Il s'agit d'un produit à large spectre qui est homologué contre les maladies de la vigne, des arbres fruitiers, des grandes cultures, des légumes et des plantes d'ornement ([Annexe I](#)). Le Dithane neotec servira de référence dans cet essai et sera appliqué seul dans une première application, en début de risque, comme couverture sur tout l'essai. En effet, cet essai a pour but d'évaluer l'efficacité de produits dans un programme de pré-fleur. Pour les applications suivantes, en programme pré-fleur, il sera utilisé seulement dans certaines des modalités, seul ou en association avec chacun des produits testés.

2.3.2. Bastid

Le BASTID quand à lui est un SDN de la famille des oligosaccharides, il est composé de chitosan (bio-polymère de crustacé) et de pectine (bio-polymère de pelures d'agrumes et de pommes) dont l'abréviation est la suivante COS-OGA pour ChitoOligoSaccharides et OligoGAlacturonanes. Il s'agit d'un SDN éliciteur pénétrant ([Tableau III](#)), qui une fois l'application réalisée, la plante met directement en place ses mécanismes de défense, même s'il n'y a pas d'agent pathogène, la plante est en état de défense permanent (Syngenta, 2015). Il est autorisé sur concombre, courgette, poivron et tomate sous serre en tant que SDN et anti-oïdium à 2 L/ha ([Annexe II](#)). Ce produit est commercialisé par Jouffray-drillaud sous le nom Messenger et par Syngenta sous les noms Bastid et Blason, sous forme de concentré soluble (Baudet et Béranger, 2015). Ce SDN est détecté par des récepteurs membranaires, puis la plante met en place plusieurs mécanismes de défense comme la production de peroxyde d'hydrogène qui entraîne la mort du pathogène, l'induction de la voie de l'acide salicylique qui permet la formation de protéines PR (dégradation de la paroi fongique), la synthèse de callose et le dépôt de lignine pour le renforcement des parois cellulaires végétales. En effet, le COS mime les effets de dégradation du chitosan de la paroi du champignon et l'OGA mime la dégradation de la pectine des parois végétales, ce qui déclenche un signal d'attaque. De ce fait, il y a peu de risque de résistance. Les réactions sont mises en place rapidement et perdurent plusieurs semaines. Il est possible d'associer ce SDN avec un fongicide en diminuant la dose (Lascaux et Buonatesta, 2017).

2.3.3. Redeli

Le REDLI est un fongicide et un SDN de la famille des phosphites, composé de disodium phosphanate. Il est commercialisé sous forme de liquide incolore très soluble. Il agit préventivement et curativement en inhibant la germination des spores ou en bloquant le développement du mycélium des Oomycètes. Ce produit est systémique avec une double systémie ascendante et descendante, et a un mode d'action multisite ([Tableau III](#)). Il est déjà homologué en association avec un fongicide, sur vigne contre le mildiou à 2,5 L/ha (Baudet et Béranger, 2015).

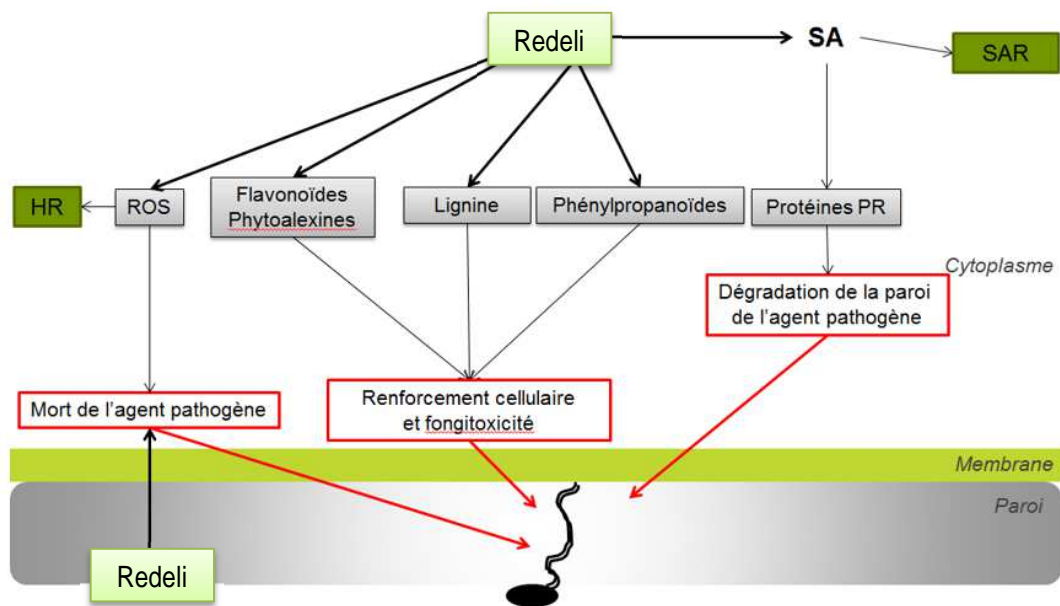


Figure 12 : Mode d'action du Redeli.

Source : DROUILLARD, communication personnelle



Figure 13 : Méthode de notation sur feuilles.

Le bouquet terminal composé des plus jeunes ne sont pas notées (cercle bleu), les 5 feuilles suivantes servent pour la notation (cercle orange).

Source : AUSSIBAL Manon

Il s'agit d'un SDN potentialisateur* pour lequel il n'y a pas encore de résistance connue. Son application permet la formation d'acide salicylique qui induit une résistance systémique qui met la plante « en état d'alerte », ce qui déclenchera les mécanismes de défense plus rapidement lors d'une attaque avec la production de phytoalexines qui agissent par renforcement cellulaire et toxicité sur le pathogène, et l'augmentation du niveau de protéines PR qui dégradent la paroi du champignon (Figure 12). Lorsqu'il est positionné en préventif, avant des pluies contaminatrices, il a une action directe sur les stades précoces des champignons. Il s'agit d'un produit non classé (Annexe III) (Syngenta, 2017).

2.4. Notations

Plusieurs notations sur feuilles sont demandées dans le protocole, après la sortie des taches pour voir l'efficacité des traitements. Ces notations sont effectuées sur 200 feuilles par parcelle, pour cela 40 rameaux/rosettes de 5 feuilles sont pris au hasard dans les deux arbres centraux (Figure 13). Cette notation est réalisée en fréquence d'attaque, c'est à dire le nombre de feuilles attaquées par la maladie et non pas l'intensité d'attaque sur une feuille. En effet, la fréquence d'attaque est plus intéressante à noter dans cet essai car plus il y a de feuilles touchées, plus le rendement peut être impacté par diminution de la photosynthèse et plus il y a de taches de tavelure plus il y a d'inoculum pour contaminer le reste de l'arbre. La tavelure étant une maladie dite explosive, l'intensité d'attaque a moins d'intérêt.

La fréquence d'attaque se calcule ainsi:

$$\frac{\text{Somme du nombre de feuilles attaquées par modalité}}{2}$$

Cela pour ramener le résultat en pourcentage car la notation est réalisée sur 200 feuilles.

Trois notations seront réalisées cela en fonction des contaminations. En effet, plusieurs pluies ont été observées durant la saison. Lors de grosses pluies, de nouvelles contaminations se sont produites. De ce fait, les notations sont adaptées. Les notations ont donc été faites le 09/05, le 17/05 et le 30/05. Les notations sont réalisées sur les jeunes feuilles apparues, de ce fait, chaque notation est effectuée sur des feuilles et des étages foliaires différents.

De plus, une notation sur fruits est demandée. Il s'agit là aussi d'une notation de fréquence d'attaque sur 100 fruits par modalité, car une pomme touchée par la tavelure est déclassée, peu importe qu'il y ait une tache ou plus. En effet, qu'il y ait 5% du fruit touché ou 100%, le fruit sera tout de même déclassé.

Cependant, cette notation n'a pas été réalisée car la pression sur feuillage était élevée, des traitements généralisés ont dû être appliqués pour contrôler la pression de maladie dans le verger. De ce fait, aucun symptôme sur fruit n'est apparu par la suite.

2.5. Analyse statistiques

Une étude statistique a été réalisée pour voir l'efficacité des différents traitements contre la tavelure sur pommier. Ces analyses ont été analysées avec le logiciel R studio. Pour commencer, une moyenne de la fréquence des trois blocs est réalisée, puis un test de Shapiro pour vérifier que les données suivent une loi normale. Les résultats indiquent une p-value supérieure à 0,05 pour les trois notations. Les données suivent donc une loi normale. Les résultats sont également supérieurs avec un test de Bartlett, les variances sont égales. Une ANOVA est ensuite réalisée et indique des différences significatives. De ce fait, une comparaison multiple et une comparaison par paire avec un test de Tuckey est réalisée ainsi que des histogrammes pour chaque notation. Sur les histogrammes les groupes statistiques sont représentés par des lettres.

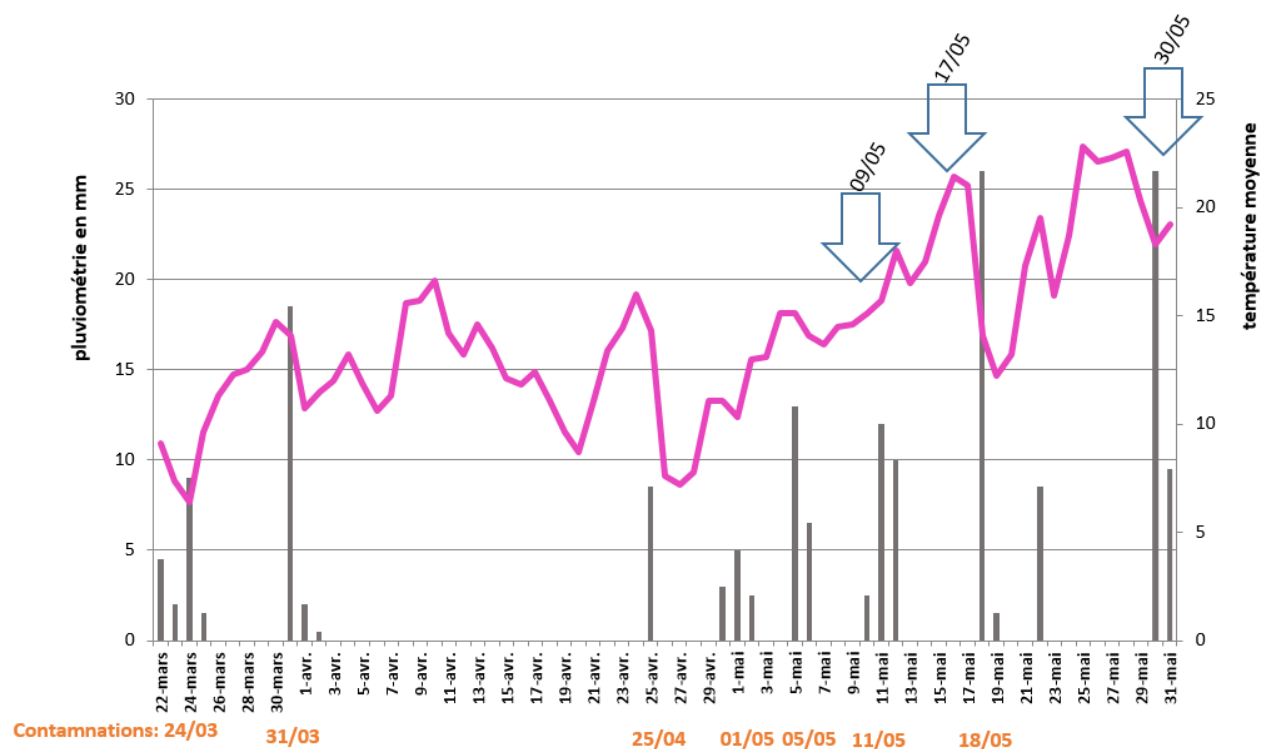


Figure 14: Données climatologiques et dates des notations.

La courbe en rose représente les températures et les barres grises la pluviométrie. Les flèches et dates au dessus représentent les dates des notations. Les dates en orange, les dates de contamination

Source : Danon, communication personnelle

3. Résultats

Comme vu précédemment, cet essai réalisé au champ a pour objectif de voir l'efficacité de deux produits de biocontrôle, le Redeli et le Bastid, sur la tavelure du pommier, en verger de pommiers sensible (Golden delicious).

3.1. Résultats climatologiques

Dans les données météorologiques, seules les données concernant la pluie et les températures seront présentées. En effet, seuls ces facteurs influencent le développement de la maladie, les autres comme le vent ont moins d'impacts.

Plusieurs pluies ont été observées pendant la période de contamination 2017 (Figure 14) mais aussi des périodes plus sèches comme au mois d'avril. Les premières contaminations ont eu lieu fin mars. En effet, les températures supérieures à 15°C ont été suffisantes au développement et la maturation des spores et les pluies ont permis la contamination naturelle par les ascospores. Cependant, les conditions météorologiques qui ont suivies ont arrêté le développement de la maladie. Lors des périodes sèches du mois d'avril, les ascospores mures se sont accumulées dans les asques présents dans les périthèces, mais elles n'ont pas pu être libérées par manque de pluie. De ce fait, les précipitations suivantes, du 25 avril ont provoqué des contaminations importantes.

En ce qui concerne les températures, il est possible de voir sur la Figure 14 qu'elles ont été très fluctuantes. En effet, il peut y avoir des amplitudes de plus de 10°C comme après la première pluie du 25 avril ou après la forte pluie du 18 mai. Les températures sont tout de même au-delà de 15°C à partir de mai, ce qui est une caractéristique favorable au développement de la maladie, cela en plus des pluies tombées plus régulièrement en mai. Sachant qu'il faut entre dix et vingt-huit jours à la maladie pour exprimer ses symptômes (MAARO, 2011), il est possible de déduire les périodes de contamination. De ce fait, les symptômes observés lors de la notation du 09/05 sont issues des premières contaminations de fin mars et des contaminations réalisées entre le 25/04 et le 01/05. Ceux observés lors de la notation du 17/05 sont issus de la contamination du 05/05 et les taches observées lors de la troisième notation du 30/05 sont issues de la contamination du 17/05 (Figure 14).

Les températures supérieures à 10°C depuis mars, les fortes pluies et la période de sécheresse ont été favorables au développement de la maladie. En effet, les fortes pluies ont permis une bonne dissémination de la maladie qui s'est développée naturellement dans la parcelle.

3.2. Résultats des notations

Les résultats ont été obtenus par pourcentage de fréquence d'attaque sur 200 feuilles, pour chaque modalité de chaque bloc, cela pour les trois notations réalisées après les pluies contaminatrices. Une moyenne des trois blocs est réalisée pour pouvoir comparer l'efficacité des produits ou des associations avec le témoin.

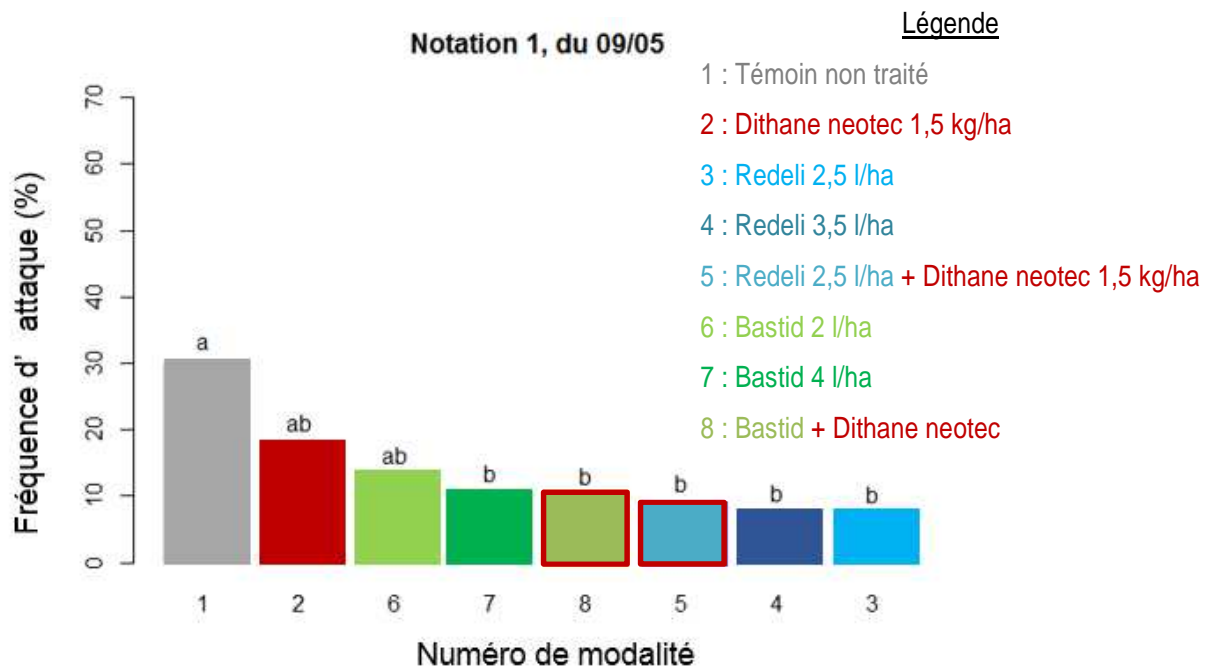


Figure 15 : Représentation graphique des résultats pour la première notation réalisée le 09/05.

Ce graphique réalisé avec le logiciel RStudio représente en ordonnée les fréquences d'attaque de la tavelure en pourcentage, et les numéros de modalités en abscisse. Les lettres au-dessus représentent les groupes statistiques.

Source : AUSSIBAL Manon

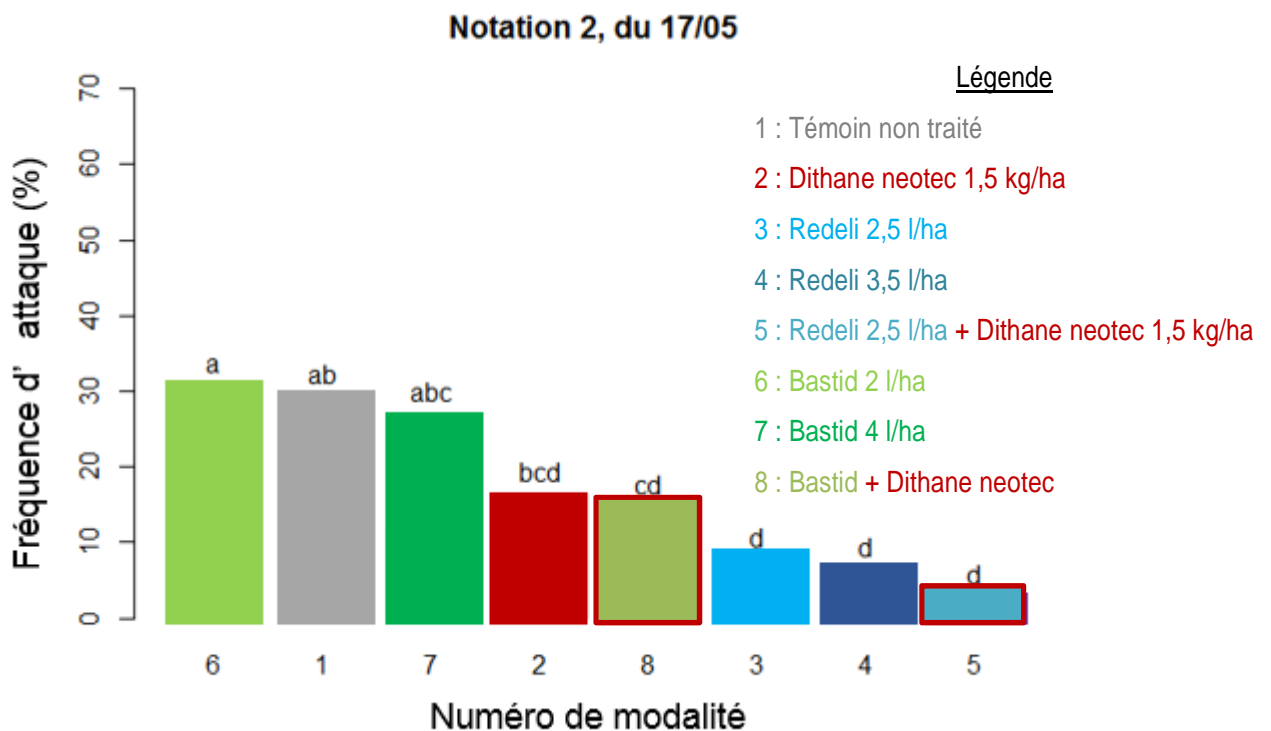


Figure 16 : Représentation graphique des résultats pour la deuxième notation réalisée le 17/05.

Ce graphique réalisé avec le logiciel RStudio représente en ordonnée les fréquences d'attaque de la tavelure en pourcentage, et les numéros de modalités en abscisse. Les lettres au-dessus représentent les groupes statistiques.

Source : AUSSIBAL Manon

Pour avoir des résultats avec des différences significatives, il faut avoir un minimum de maladie, il est d'usage de prendre un minimum de 10% de fréquence d'attaque dans le témoin sur un essai tavelure.

Pour observer les différences significatives, des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R studio et des graphiques ont été effectués. Sur ces histogrammes, des groupes statistiques ont été constitués suivant les analyses statistiques et les comparaisons de moyennes. Ces groupes sont formés avec des lettres allant de a à d, la lettre a étant le groupe du témoin, plus on s'éloigne de ce groupe, plus l'efficacité du produit ou du programme de traitement augmente. Sur certaines modalités plusieurs lettres peuvent apparaître, cela signifie qu'il s'agit d'un groupe intermédiaire. Lors des notations, on ne note pas toujours les mêmes rameaux et les mêmes feuilles, qui sont pris au hasard, de plus, l'apparition de taches dépend des conditions climatologiques, si elles ne sont pas favorables il n'y aura pas de nouvelles taches car ce sont les nouvelles pousses qui seront notées. Les notations, ne s'effectuent donc pas sur les mêmes feuilles.

Pour les trois notations, il est possible de voir que les modalités 1 (le témoin), 6 et 7 (les deux doses de Bastid) ne sont pas significativement différentes au niveau statistique et représentent les modalités les moins efficaces, alors que les modalités 3, 4 (les deux doses de Redeli) et 5 (l'association Redeli – Dithane neotec) sont celles classées comme les plus efficaces.

3.2.1. Notation 1

Pour cette première notation du 09 mai, deux groupes statistiques sont distincts (a et b) et un groupe intermédiaire comprenant plusieurs lettres communes, ab (Figure 15). En ce qui concerne la modalité 1, il s'agit du témoin non traité qui a une fréquence d'attaque qui atteint 30%, vient ensuite les modalités 2 et 6 qui sont composés pour la 2, de Dithane neotec (la modalité de référence) et pour la 6, de la faible dose de Bastid. Ces modalités sont classées ab, il s'agit d'un groupe intermédiaire entre le témoin (a) et le reste des modalités. Leur fréquence d'attaque est respectivement de 18 et de 13%. Le troisième groupe (c) est composé des modalités restantes, la forte dose de Bastid (7), l'association Dithane neotec – Bastid (8), l'association Dithane neotec – Redeli (5) et les deux doses de Redeli (SDN) (4 et 3). La fréquence d'attaque pour ce groupe varie de 10,5 % pour la plus haute jusqu'à 7,3 % pour la plus faible, il s'agit des produits les plus efficaces. Cette notation a été réalisée sur les premières feuilles sorties et la pression de maladie était faible car il s'agit des premiers symptômes issus de la contamination primaire.

3.2.2. Notation 2

Toutes les fréquences d'attaques se sont intensifiées pour cette notation, avec des fréquences de 30% pour les modalités les plus attaquées (modalités 6 et 7), et 15 à 20% d'augmentation d'attaque par rapport à la première notation (Figure 16).

Pour cette deuxième notation du 17 mai, deux groupes statistiques de plus apparaissent. En effet, les fréquences d'attaques sont plus élevées pour certaines modalités de ce fait, des différences peuvent plus

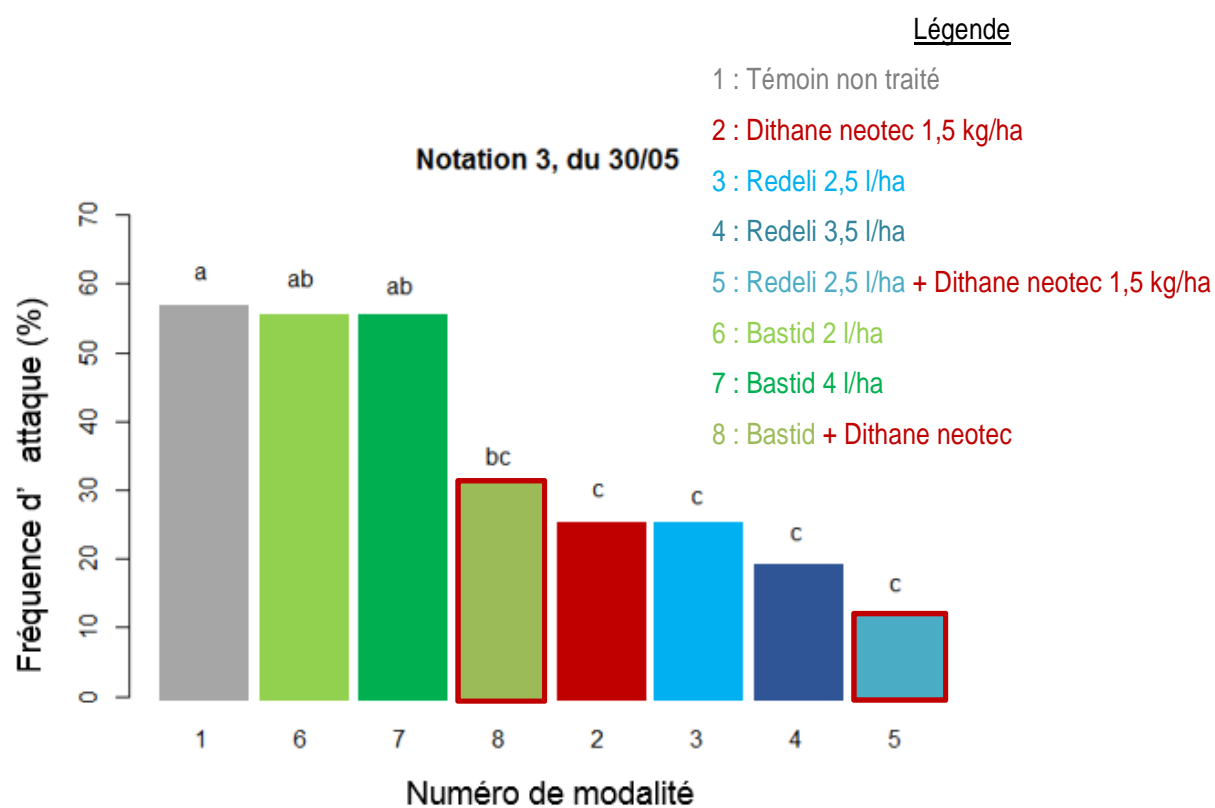


Figure 17 : Représentation graphique des résultats pour la troisième notation réalisée le 30/05.

Ce graphique réalisé avec le logiciel RStudio représente en ordonnée les fréquences d'attaque de la tavelure en pourcentage, et les numéros de modalités en abscisse. Les lettres au-dessus représentent les groupes statistiques.

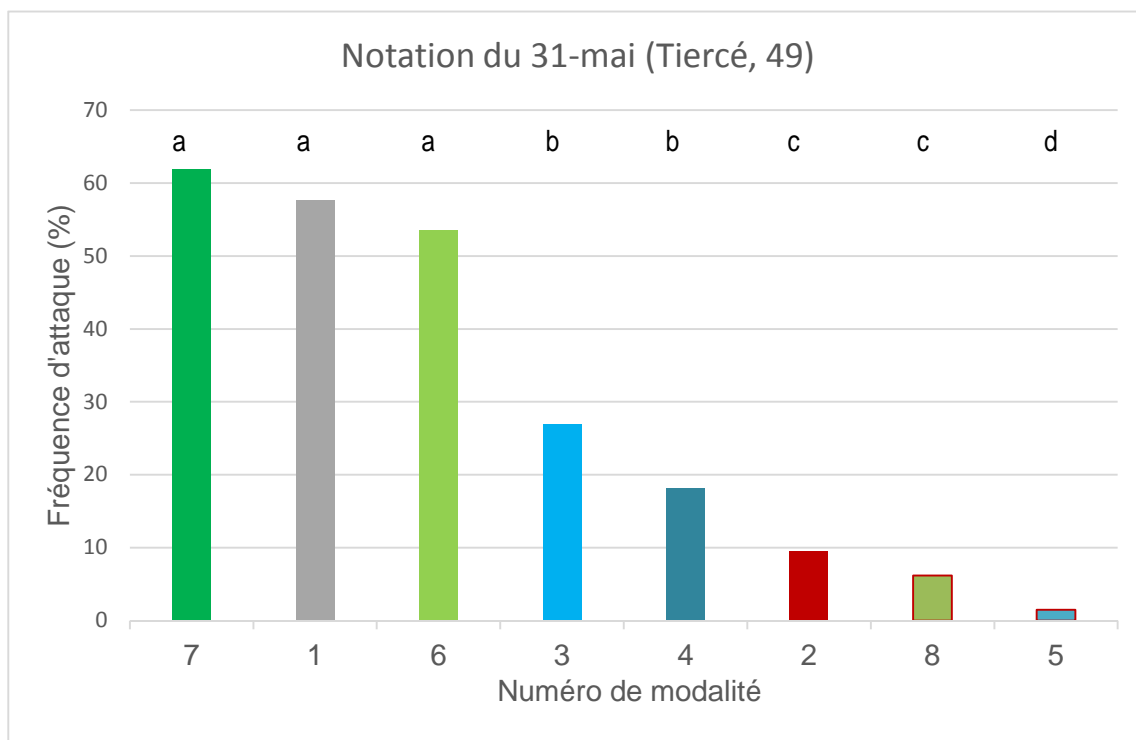
Source : AUSSIBAL Manon

facilement se voir. Il est tout d'abord possible de remarquer que la modalité 6 a une fréquence d'attaque plus importante que le témoin, respectivement 30,5 et 29,3%. Cependant, le témoin apparaît dans un groupe intermédiaire (ab) avec une lettre commune à la modalité 6 (a). De ce fait, la différence n'est pas significative entre ces deux modalités. Vient ensuite une autre modalité intermédiaire (abc), la modalité 7, également composée de Bastid, avec une plus forte dose. Cette modalité obtient une fréquence d'attaque de 27% pour cette notation. Elle a une lettre commune avec le témoin mais également avec la modalité de référence.

L'effet dose recherché est tout de même observable au niveau des fréquences même s'il ne se distingue pas toujours au niveau statistique. En effet, la modalité 7 qui a une plus forte dose que la 6 a toujours des fréquences d'attaques inférieures à la modalité 6 qui est la faible dose pour le Bastid. Viennent ensuite les modalités 2 et 8 qui sont également dans des groupes intermédiaires (bcd et cd) avec des fréquences d'attaques de 16,5% et 14,8%. Il est possible de remarquer que l'association du Dithane neotec avec le Bastid apporte une légère amélioration de l'efficacité au niveau de la fréquence d'attaque. Cependant, ce n'est pas toujours représentatif au niveau statistique. Pour finir, trois modalités sont classées dans le groupe le plus efficace (d), il s'agit des modalités 3, 4 et 5, comprennent le Redeli et le Redeli associé au Dithane neotec. Ces modalités ont des fréquences d'attaques inférieures à 10%, respectivement 7,8%, 6,5% et 3%, ce qui représente une différence de 27% avec le témoin pour la modalité 5. En effet, il s'agit de l'association entre le Dithane neotec et le Redeli dont l'efficacité des deux produits est combinée. Là aussi, l'effet dose est visible au niveau des fréquences d'attaques mais pas au niveau du classement statistique car l'écart entre les deux fréquences est environ de 1%.

3.2.3. Notation 3

Pour cette troisième et dernière notation, réalisée le 30 mai deux groupes statistiques sont distincts (a, b et c) et des groupes intermédiaires comprenant plusieurs lettres communes sont présents (Figure 17). En ce qui concerne les modalités 1, 6 et 7, il s'agit du témoin non traité, et des deux modalités contenant le Bastid seul (faible dose et forte dose), qui sont classées a ou ab avec une fréquence d'attaque de plus de 55%. Pour cette dernière notation, l'effet dose est également visible au niveau des fréquences d'attaques, pour les modalités de Bastid (6 et 7) avec 2% de différence, ce qui ne permet toujours pas de les dissocier au niveau statistique. Vient ensuite la modalité 8 composée de Bastid et de Dithane neotec à une fréquence d'attaque de 30%. Cette modalité a un classement statistique (bc) en commun avec les modalités 6 et 7 mais est également classée dans le groupe c, qui est le groupe des produits les plus efficaces, il s'agit donc d'un groupe intermédiaire. Pour ce qui est des modalités 2, 3, 4 et 5, elles sont toutes dans le groupe c avec une fréquence d'attaque comprise entre 10 et 25%. Ce sont celles qui sont le plus efficace. En effet, il s'agit de la modalité de référence (2) et des modalités comprenant le Redeli seul (3 et 4) ou en association avec le Dithane neotec (5). Pour les deux modalités de Redeli, l'effet dose est également visible au niveau des fréquences d'attaques avec environ 10% d'écart, mais ne sont toujours pas différenciées au niveau statistiques.



Légende

1 : Témoin non traité

2 : Dithane neotec 1,5 kg/ha

3 : Redeli 2,5 l/ha

4 : Redeli 3,5 l/ha

5 : Redeli 2,5 l/ha + Dithane neotec 1,5 kg/ha

6 : Bastid 2 l/ha

7 : Bastid 4 l/ha

8 : Bastid + Dithane neotec

Figure 18 : Représentation graphique des résultats obtenus pour la deuxième notation du 31/05 à Tiercé (49).

Ce graphique représente en ordonnée les fréquences d'attaque de la tavelure en pourcentage, et les numéros de modalités en abscisse. Les lettres au-dessus représentent les groupes statistiques.

Source : D'après BERTHELOT

3.2.4. Notation 2 Angers

Le même essai a été mené dans le Maine et Loire sur la commune de Tiercé. Deux notations sur feuilles ont été réalisées, une le 05 mai et l'autre le 31 mai. Les résultats présentés porteront seulement sur la deuxième notation du 31 mai. En effet, pour la première notation il y avait peu de maladie avec une fréquence d'attaque inférieure à 10% dans les témoins. De ce fait, les résultats ne présentent pas de différences significatives.

Pour cette notation il y a quatre groupes statistiques. Il est possible de voir que les modalités 1, 6 et 7 sont dans le groupe des modalités les moins efficaces ou équivalentes au témoin (Figure 18). Cependant, il est possible de remarquer qu'ici, la modalité 7 qui a été appliquée à plus forte dose que la modalité 6 a une fréquence d'attaque supérieure (62%) comparée à la modalité 6 (53,5%) et au témoin (57,67%). Cela peut être expliqué comme pour l'essai précédant par le fait que les rameaux notés sont pris au hasard et que le produit appliqué, quel que soit la dose n'est que très peu voire pas efficace.

Dans le second groupe statistique (b) se trouvent les modalités 3 et 4. Il s'agit des deux modalités comprenant le Redeli seul. Les fréquences d'attaques observées sont respectivement de 27 et 18%.

Dans le troisième groupe statistique se trouvent les modalités 2 et 8 avec des fréquences d'attaque de 9,5 et 6%. Il s'agit de la modalité de référence composée de Dithane neotec et de l'association Dithane neotec – Bastid. Etant classés dans le même groupe cela signifie que la Bastid n'apporte pas une réelle efficacité en plus du Dithane neotec. Pour finir, le dernier groupe statistique pour cette notation est le groupe d, composé de l'association Dithane neotec – Redeli (modalité 5). La fréquence d'attaque pour cette modalité est seulement de 1,5%, ce qui diminue de 56% la fréquence d'attaque en comparaison au témoin. Le Redeli apporte une réelle efficacité en association avec le Dithane neotec en comparaison au Bastid.

4. Discussion

4.1. Attaque du témoin

Il a été possible de remarquer que la maladie était fortement présente dans les témoins avec des fréquences d'attaque comprises entre 30 et 56%, sur des étages foliaires différents avec les dernières feuilles sorites. Ces fréquences d'attaques sur feuilles sont importantes. Cependant, pour la première notation, l'attaque est considérée comme faible du fait qu'il s'agisse de la contamination primaire et qu'il y a peu de feuilles présentes sur les arbres. L'attaque pour les autres notations est considérée comme plus importante, car les premières feuilles ont été touchées par l'inoculum primaire et par la suite le reste du feuillage a été touché par l'inoculum secondaire. La maladie évoluant entre les notations, les écarts observés entre les fréquences d'attaque d'une même modalité, ne sont pas forcément une augmentation de l'efficacité mais l'écart entre le témoin et les modalités qui s'agrandit. Les taches nécrotiques peuvent atteindre l'ensemble de la feuille, cela peut entraîner une diminution de la photosynthèse suivie d'une diminution de rendement, et générer de l'inoculum pour les fruits mais aussi pour les années suivantes. De plus, les traitements de l'essai et les notations se sont arrêtés fin mai, ces fréquences d'attaques auraient pu augmenter suivant les conditions climatiques, jusqu'à la fin de la culture qui dure encore plusieurs mois, jusqu'à la récolte et la chute des feuilles. C'est pourquoi un traitement a été réalisé sur la totalité de l'essai, pour éviter de perdre le verger et contenir la maladie à des niveaux acceptables pour les années suivantes.

4.2. Efficacité de la référence

Le Dithane neotec (modalité 2) était la référence pour cet essai. Le Dithane neotec est composé de mancozèbe, la dose utilisée dans l'essai est de 1,5 kg/ha, la dose d'homologation est de 2 kg/ha. Cette dose a été choisie pour pouvoir comparer l'efficacité et l'intérêt des associations à cette dose. Cette modalité représente un produit homologué, utilisé pour lutter contre la tavelure en verger de pommiers. Son efficacité semble s'améliorer au cours des notations, mais il s'agit de la fréquence d'attaque dans le témoin qui augmente, ce qui accroît les écarts entre les parcelles. Il est possible de remarquer que ce produit était classé comme modalité intermédiaire pour la première notation avec une lettre commune avec le témoin. Pour la deuxième notation, il se retrouve également dans un groupe intermédiaire mais il n'a plus de lettre commune avec le témoin, il dispose de trois lettres dont celle qui représente le groupe de produits les plus efficaces. Pour la troisième notation, il se retrouve dans le groupe des produits les plus efficaces. En ce qui concerne la fréquence d'attaque, il est possible de voir l'écart entre les fréquences d'attaque des parcelles augmente au fur et à mesure des notations. Cela peut s'expliquer par le fait que la fréquence d'attaque dans le témoin augmente, par son mode d'action préventif de contact, qui agit sur la germination des spores mais aussi de sa persistance d'action sur la végétation (Baudet et Béranger, 2015). De plus, ce produit ayant un niveau de protection efficace dès la première application, les contaminations primaires sont réduites et de ce fait il y a moins d'inoculum secondaire par la suite, sachant que la protection continue. Cependant, cette modalité n'atteint pas les meilleurs résultats qui sont compris entre 67 et 90 % d'efficacité pour les modalités 4 et 5. De plus, la dose utilisée dans l'essai, n'est pas la dose

d'homologation et le nombre d'applications n'est pas non plus celui préconisé pour l'homologation. En effet, cette dose ainsi que le nombre d'application ont été déterminés pour pouvoir comparer les résultats avec les autres modalités. Pour ce qui est du nombre d'applications préconisées, douze traitements ont été réalisés lors de cet essai, le nombre d'applications préconisées est de 3 pour ce produit, pour éviter l'apparition des résistances et car les DAR sont longues (21 jour), normalement les produits sont alternés pour maintenir l'attaque de tavelure. Les produits ont en effet, des caractéristiques différentes avec le nombre d'application et les DAR qui varient. Par exemple, le Merpan de la famille des dicarboximides qui a une action préventive peut être appliqué 10 fois dans la saison et, le Difcor de la famille des triazoles, a une DAR de 14 jours. Cependant, ici il est nécessaire de traiter sur la durée de l'essai avec ce même produit pour pouvoir comparer l'efficacité avec les associations qui contiennent le Dithane neotec. En effet, ce n'est pas l'efficacité du Dithane neotec qui est testé dans cet essai mais l'efficacité des produits de biocontrôle et de l'association avec ceux-ci. Il aurait été possible de mettre en place un programme comportant deux produits différents. Ce programme aurait été utilisé à la fois pour la modalité de référence et les associations. Cependant, dans un premier temps, lorsque l'on cherche des informations sur les produits (comme ici l'efficacité contre la tavelure), l'utilisation de programme n'est pas utilisée, cela vient par la suite. En effet, lorsqu'un programme est testé, il est plus difficile d'interpréter les résultats et de comprendre le rôle de chaque produit. C'est pourquoi il est préférable dans un premier temps de tester un programme composé d'un seul produit, comme dans cet essai. Il serait également possible de remplacer le Dithane neotec, qui est un produit préventif de contact par un produit curatif systémique comme le score composé de difénoconazole.

4.3. Efficacité des produits de biocontrôle

4.3.1. Bastid

a) Produit seul

Le Bastid concerne les modalités 6 et 7, à deux doses différentes. La modalité 6 est à 2 l/ha et la modalité 7 à 4 l/ha. Tout d'abord, il est possible de voir que ces deux modalités font parties des modalités ayant une moins bonne efficacité, sauf pour la première notation où il y a peu de différences de par le manque de pression de maladie. Pour les deux autres notations elles ont une efficacité inférieure à 10%, voire inférieure à 5% pour la troisième notation. Elles ont à chaque fois une lettre commune avec le témoin. De plus, les modalités n'ayant pas une bonne efficacité après le premier traitement, disposent de plus d'inoculum pour la suite, il est donc plus difficile de contrôler la maladie. Il est tout de même possible de remarquer à chaque fois une légère différence liée à l'effet dose.

L'utilisation de ce produit seul contre la tavelure du pommier n'est donc pas envisageable. Cela générerait un coût pour les producteurs qui ne permettrait pas un gain économique suffisant pour pallier au montant engendré par l'achat du produit et aux coûts annexes aux traitements (carburant, temps de travail).

Tableau IV : Efficacité du Bastid sur l'oïdium sur cultures légumières.

Résultats d'essais sur l'efficacité du Bastid en pourcentage, basé sur l'intensité d'attaque, réalisés en 2013 sur tomates au Pays-Bas et en Espagne, sur poivron en Espagne et sur concombre en Belgique.

Source : Lascaux et Buonatesta, 2017

		Efficacité du Bastid	Efficacité de la référence
Tomate	Essai Pays-Bas	90,79	97,63
	Essai Espagne	75,44	84,21
Poivron		77,50	77,50
Concombre		85,26	93,68

Ce produit de biocontrôle sans classement a tout de même un intérêt sur d'autres cultures, d'où son homologation sur vigne et cultures légumières.

Par exemple, pour ce qui est de l'efficacité du Bastid en cultures légumières ([Tableau IV](#)), les résultats sont différents. En effet, l'efficacité du Bastid seul peut être équivalente au produit de référence. Par exemple, sur tomate en Espagne et aux Pays-Bas, les essais ont montré une efficacité respectivement de 90% contre 97% pour la référence et de 75% contre 84%. Les résultats d'essai sur poivron en Espagne montrent une efficacité de 77,5% pour la référence et pour le Bastid. Pour finir sur concombre en Belgique, l'essai lui donne une efficacité de 85% contre 93% pour la référence. Ces résultats menés en 2013 sous les normes BPE ont été réalisés avec une dose de Bastid à 4 l/ha et une pression modérée à sévère (Lascaux et Buonatesta, 2017).

C'est pour cela qu'il a été décidé de tester ce produit sur tavelure. En effet, certaines matières actives homologuées sur tomate et vigne contre l'oïdium sont homologuées contre la tavelure comme le bicarbonate de potassium et le soufre, certaines homologuées contre l'oïdium seulement sur vigne comme le difeconazole, le fenbuconazole, ou le kresoxim-méthyl et certaines homologuées sur pommiers et sur vigne contre l'oïdium comme le tetraconazole et le trifloxystrobine sont également homologuées contre la tavelure. Il était donc intéressant de tester des SDN efficaces contre l'oïdium, sur tavelure. C'est pourquoi cet essai a été mis en place.

Ce produit est tout de même intéressant sur plusieurs cultures pour réduire les IFT et les doses de produits conventionnels car il est sans classement, il n'y a pas de DAR et il est classé comme substance à faible risque à l'annexe IV et, il est exempt de LMR (Lascaux et Buonatesta, 2017). Après des essais complémentaires ou les doses seraient modifiées, il serait possible de voir l'utilité de ce produit en vergers de pommiers pour lutter contre la tavelure ou sur d'autres cultures contre d'autres maladies, comme il a déjà été fait. Des essais supplémentaires peuvent être mis en place après une adaptation des protocoles. De plus, étant un stimulateur de défense naturelle il permet à la plante d'être en état d'alerte, pas seulement contre la tavelure mais aussi contre les autres maladies ou ravageurs, cela pour mieux se défendre et plus rapidement.

b) Association Bastid - Dithane neotec

L'association Dithane neotec - Bastid est représentée par la modalité 8. Pour cette dernière, mis à part pour la première notation elle est classée en groupe intermédiaire avec à chaque fois une lettre commune avec le groupe des meilleures efficacités. Pour les deux dernières notations, les efficacités sont de 49 et 47%.

Cette association a une efficacité comparable à la modalité 2 qui est le Dithane neotec seul. L'association Bastid + Dithane neotec apporte une légère augmentation de l'efficacité comparé au Dithane neotec seul, pour les deux premières notations. En effet, il est possible d'interpréter cela part le fait qu'il s'agisse de l'efficacité du Dithane neotec, légèrement améliorée par le Bastid. Cela n'est pas visible au niveau statistique mais au niveau des fréquences d'attaques avec entre 2 et 8% de différence. En effet, lorsque la maladie progresse et s'intensifie l'efficacité diminue jusqu'à ne plus être observable.

Matières actives homologuées contre la tavelure du pommier	bicarbonate de potassium
	captane
	cuivre
	cyprodinil
	difeconazole
	dithianon
	dodine
	fenbuconazole
	kresoxim-methyl
	mancozebe
	pyrimethanil
	soufre
	tetraconazole
	thirame
	trifloxystrobine
	zirame

Figure 19 : Matières actives homologuées contre tavelure du pommier.

Source : Baudet et Béranger, 2016

Tableau V : Efficacité du Bastid en vigne.

Résultats d'essais sur l'efficacité du Bastid seul ou en association en pourcentage, basé sur l'intensité d'attaque, réalisés en 2012 sur grappes.

Source : Lascaux et Buonatesta, 2017

Maladie	Lieu	Matière active	Efficacité de la référence	Efficacité référence/2	Efficacité de la référence/2 + Bastid	Efficacité du Bastid
Oïdium sur grappes	Vaucluse	Soufre	90	80	93	61
Mildiou sur grappes	Charentes maritimes	Cuivre	91	71	81	

Des recherches sur les produits de biocontrôle sont menées pour permettre la réduction des doses de produits phytopharmaceutiques. De ce fait, les associations sont recherchées avec une efficacité comparable à un produit phytopharmaceutique seul, pour diminuer les doses de ceux-ci. Dans cet essai, la dose du Dithane neotec en association n'a pas été diminuée en comparaison à la dose de la référence seule car la dose seule est déjà réduite par rapport à la dose d'homologation qui est de 2 kg/ha, ce pour comparer avec l'association, cela pour permettre de voir l'efficacité du Bastid. Il aurait été possible pour un prochain essai de modifier la dose de Bastid en l'augmentant, cela n'est toutefois pas envisageable pour une utilisation par les producteurs car le coût serait élevé. Cela aurait été intéressant si les résultats de la modalité à 4 L/ha avaient montré une grande différence par rapport à la modalité à 2 L/ha. De ce fait, cette association ne paraît pas être la plus optimale pour lutter contre la tavelure du pommier.

Par ailleurs, il est possible de tester une autre association avec une autre matière active parmi celles déjà homologuées contre la tavelure ([Figure 19](#)). Dans un essai réalisé à Grisolles sur le mildiou de la vigne, une association cuivre-soufre est comparée à une association cuivre-soufre-Bastid. Les résultats sur feuilles et sur grappes montrent que le Bastid apporte 3 à 4% d'efficacité en plus par rapport au cuivre-soufre. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les deux modalités. Ces résultats sont corroborés avec un essai réalisé en 2012 dans le Vaucluse contre l'oïdium sur grappes ([Tableau V](#)). Dans cet essai le soufre est utilisé à la dose d'homologation, à cette dose divisée par deux, à la dose divisée par deux associée au Bastid et le Bastid seul. Les résultats ne montrent pas d'écart statistique, cependant, il est possible de voir que l'association permet d'augmenter l'efficacité de 3% par rapport à la pleine dose de la référence et de 13% par rapport à la dose de référence divisée par deux (Lascaux et Buonatesta, 2017).

Par ailleurs, un essai réalisé en 2012 dans les Charentes maritimes contre le mildiou sur grappes montre des différences au niveau statistique. Cet essai a été réalisé avec du cuivre comme produit de référence, avec la dose d'homologation, cette dose divisée par deux et la dose divisée par deux associée au Bastid. Les résultats montrent qu'il y a un effet du Bastid, avec une augmentation de 10% par rapport à la dose divisée par deux. Cependant cette association n'atteint pas l'efficacité de la référence à la dose d'homologation.

Il serait donc intéressant de tester une autre association avec le Bastid pour voir s'il serait possible de l'utiliser contre la tavelure du pommier.

Le Bastid a sa place sur le marché du biocontrôle en vigne. En effet, ces produits ne sont pas reconnus pour avoir de très bonnes efficacités lorsqu'ils sont utilisés seuls. Ils permettent la réduction des doses des produits conventionnels ou des produits comme avec le cuivre ou le soufre qui sont utilisables en AB mais qui sont utilisés fréquemment et qui par accumulation entraîne une pollution des sols. De ce fait, il pourrait après d'autres essais avoir sa place sur le marché en culture de pommiers.

4.3.2. Redeli

Le Redeli est représenté par les modalités 3 et 4 à deux doses différentes. La modalité 3 est composée de la dose la plus faible à 2,5 L/ha et la modalité 4 est composée de la dose la plus forte à 3,5 L/ha. Tout d'abord, il est possible de voir que ces deux modalités font parties des modalités ayant la meilleure efficacité. En effet, pour ces modalités les efficacités sont comprises entre 67 et 78%. Ce sont de très bonnes efficacités pour un produit de biocontrôle, valorisées par l'effet fongicide sur les stades précoces du champignon. Le Redeli est, pour les trois notations et les deux modalités, classé dans le groupe des produits les plus performants, avec de bonnes efficacités, qui sont toujours supérieures à la modalité de référence. On remarque également un effet dose entre les modalités, au niveau des fréquences d'attaque, mais cela ne se différencie pas au niveau statistique.

Par ailleurs, il n'y a pas de différences statistiques qui se voient entre les modalités des produits ayant la meilleure efficacité car la fréquence d'attaque des témoins est importante. De ce fait, les écarts entre les autres modalités ne ressortent pas statistiquement. Il est possible de supposer qu'en enlevant le témoin dans les analyses statistiques, les modalités composées de Redeli soient dans un groupe statistique à part, comme étant le plus efficace. Cependant, ici, c'est l'efficacité par rapport au témoin qui est recherchée car il s'agit d'un premier essai pour évaluer si des études complémentaires seraient intéressantes à mener.

Il est possible d'envisager que si une demande d'extension d'usage est déposée, la dose la plus faible de l'essai, à 2,5 L/ha (modalité 3) serait retenue car son efficacité est, pour les trois notations, supérieure à la modalité de la référence et il n'y a pas d'écart au niveau statistiques entre les deux doses. Cette demande aurait de fortes chances d'être acceptée.

Ce produit de biocontrôle sans classement, déjà autorisé contre le mildiou de la vigne a donc du potentiel pour être utilisé sur d'autres cultures comme le pommier. Au vu de son efficacité contre l'oïdium de la vigne et la tavelure du pommier, d'autres essais peuvent être mis en place sur d'autres cultures afin de voir son efficacité contre d'autres maladies.

4.3.3. Association Redeli - Dithane neotec

L'association Dithane neotec – Redeli (modalité 5) quant à elle, obtient les meilleurs résultats. En effet, il s'agit de la modalité avec la meilleure efficacité : entre 70% et 90%. Il s'agit ici d'un effet synergisant et non pas d'un effet additif. En effet, le Redeli apporte un réel intérêt dans cette association, en comparaison avec la modalité de référence (modalité 2). L'efficacité augmente entre 25 et 45% suivant la notation par rapport à la modalité comprenant le Dithane neotec seul (modalité 2).

L'extension d'usage de ce produit est intéressante pour lutter contre la tavelure. Il est envisageable de l'utiliser seul ou en association. De plus, il est possible d'envisager la diminution de la dose de Dithane neotec dans cette association. Avec les résultats actuels, il est possible d'imaginer que l'efficacité serait encore supérieure au Dithane neotec seul, cela malgré une diminution de dose du Dithane neotec dans l'association.

Tableau VI : Tableau récapitulatif des efficacités de l'essai réalisé à Tiérce.

Les fréquences d'attaque et l'efficacité de chaque modalité sont comparées à la référence.

Source : D'après BERTHELOT

	Modalité 2 : Dithane neotec (Référence)	Modalité 3 : Redeli	Modalité 4 : Redeli	Modalité 5 : Redeli + Dithane neotec	Modalité 6 : Bastid	Modalité 7 : Bastid	Modalité 8 : Bastid + Dithane neotec
Fréquence d'attaque (%)	9,5	27	18,17	1,5	53,5	62	6,17
Efficacité comparée à la référence (%)	/	-17,5	-8,67	+8	-44	-52,5	+3,33

Tableau VII : Tableau récapitulatif des efficacités de l'essai réalisé à Grisolles.

Les fréquences d'attaque et l'efficacité de chaque modalité sont comparées à la référence.

Source : AUSSIBAL Manon

	Modalité 2 : Dithane neotec (Référence)	Modalité 3 : Redeli	Modalité 4 : Redeli	Modalité 5 : Redeli + Dithane neotec	Modalité 6 : Bastid	Modalité 7 : Bastid	Modalité 8 : Bastid + Dithane neotec
Fréquence d'attaque (%)	24,5	23,5	18,3	10,83	55,5	54,3	29,5
Efficacité comparée à la référence	/	+1	+6,2	+13,67	-31	-29,8	-5

Ce produit non classé permettrait soit de réduire les doses, soit les IFT. Son mode d'action de type SDN, complétement avec un effet fongicide est un atout, en plus de sa double systémie. De plus, ce produit multisite, n'a pas de résistance connue et a une action directe sur les stades précoces des champignons (Danon, communication personnelle).

4.4. Essai Tiercé

Les résultats de cet essai réalisé en Maine et Loire sont proches de l'essai de Grisolles par certains points. En effet, les modalités 6 et 7 représentent les modalités les moins efficaces et la modalité 5 la plus efficace. Quelques différences se font, cependant sur les modalités intermédiaires. Sur Grisolles les modalités 3 et 4 contenant le Redeli seul étaient dans le trio de tête pour leur efficacité, cependant à Tiercé, elles arrivent après le groupe du témoin mais avec tout de même une différence significative. Les modalités 2 et 8, qui à Grisolles étaient des modalités intermédiaires, sont parmi les meilleures à Tiercé. Cela peut s'expliquer par les conditions d'applications telles que les températures ou l'humidité qui peuvent avoir un impact sur les produits. En effet, dans l'essai réalisé à Grisolles, des traitements ont été avancés par rapport aux conditions climatiques, lorsque des pluies importantes étaient prévues, ce qui a peut-être permis une meilleure valorisation du Redeli. Cela peut également dépendre de la façon de noter, peut-être que le choix des bouquets de feuilles ont été différents. Cela peut modifier la notation suivant qu'il s'agit des dernières feuilles sorties ou de feuilles plus âgées.

Il est possible de comparer l'efficacité par rapport à la référence. En effet, une modalité peut être considérée intéressante si elle a une meilleure efficacité que la référence ou une efficacité comparable. Il est donc possible de voir que pour l'essai de Tiercé deux modalités sont supérieures à l'efficacité de la modalité de référence ([Tableau VI](#)). Il s'agit des deux modalités en association. Cela indiquerait que les deux produits apporteraient un plus au Dithane avec un gain d'efficacité de 8% pour l'association Dithane neotec – Redeli et de 3,33% pour l'association Dithane neotec – Bastid, ce par rapport à la référence. Cependant, les autres modalités comprenant les produits de biocontrôle seuls n'ont pas une efficacité supérieure à la référence, ce avec une différence de 8,75% et 17,5% pour les modalités de références et de 44% et de 52,5% pour les modalités de Bastid.

Sur le site de Grisolles comme dit auparavant, ce sont les modalités composées de Redeli qui apparaissent plus efficaces que la modalité de référence ([Tableau VII](#)). Même la modalité avec la plus faible dose à une efficacité comparable à la modalité de référence, la plus forte dose a un gain d'efficacité de 6,2% et l'association Dithane neotec- Redeli un gain de 13,67%.

Ces différences entre les résultats des deux sites peuvent être dues aux conditions climatiques, aux conditions d'application et de notation. Ces essais indiquent tout de même que l'application du Bastid seul, ne serait pas retenue pour une demande d'extension d'usage car il n'est pas suffisamment efficace. Toutefois l'association de celui-ci serait à revoir et d'autres essais pourraient être mis en place pour améliorer l'efficacité d'associations comprenant le Bastid.

Tableau VIII : Comparaison des bénéfices ou pertes économiques en fonction des efficacités et des prix des produits.

Source : MARIN, communication personnelle

Produit	Dithane	Redeli	Bastid	Dithane + Redeli	Dithane + Bastid
Prix	16,20 € les 2 kg	30,5 les 2,5 l	248 € les 10L		
Dose utilisée	1,5 kg/ha	2,5 L/ha	2 L/ha	1,5 kg/ha + 2,5 L/ha	1,5 kg/ha + 2 L/ha
Prix à l'hectare	12,15 €	30,5 €	49,6 €	12,15 € + 30,5 €	12,15 € + 49,6 €
Efficacité pour la troisième notation	56 %	58%	1%	81%	47%
Gain /pertes par hectare	/	+18,35€ pour 2% d'efficacité en plus	+ 37,45 € pour 57% d'efficacité en moins	+ 30,5€ pour 25% d'efficacité en plus	+ 49,6 € pour 9% d'efficacité en moins

4.5. Discussion générale

Une comparaison économique peut également être réalisée (Tableau VIII). En effet, une lutte alternative peut parfois être plus onéreuse qu'une lutte conventionnelle. Il est possible de constater cela dans cet essai. Les produits SDN ont un prix à l'hectare correspondant pratiquement au double de la référence conventionnelle. Cependant, avec une association comprenant le Redeli, l'efficacité augmente de 25%, le prix est à ce moment-là pratiquement triplé, mais la dose de Dithane pourrait probablement être diminuée, cela réduirait le coût. Comme nous l'avons vu précédemment, le Bastid ne donnant pas de bons résultats et le coût étant plus élevé que la référence, il n'est pas envisageable de l'utiliser pour le moment, que ce soit seul ou en association avec le Dithane. Il se peut qu'après plusieurs essais complémentaires en adaptant les doses et les produits, une association efficace soit homologuée.

Par ailleurs, d'autres essais peuvent être mis en place contre la tavelure du pommier. En effet, il s'agit d'essais en conditions contrôlées, ce type d'essai est disposé sur des pommiers en pots, sous tunnel pour contrôler le plus de paramètres tels que l'arrosage et les contaminations. Ils sont mis en place avant la mise sur le marché d'un produit ou pour rechercher des caractéristiques précises d'un produit. En effet, il est possible de réaliser une contamination artificielle sur une feuille précise qui est marquée, les traitements sont appliqués et les notations s'effectuent sur les deux feuilles situées en dessous de la feuille contaminée et les trois feuilles du dessus.

Cela permet par exemple, de connaître l'effet curatif, préventif, systémique, pénétrant ou de contact du produit. Cela permet aussi d'affiner la période optimale pour l'application d'un produit. Ce type d'essai n'a pas été réalisé dans ce cas, car les produits sont déjà homologués sur d'autres cultures, il s'agit de prouver l'efficacité pour une extension d'usage. Cependant il faut un maximum d'informations sur les produits pour les mettre sur le marché et pouvoir prouver leur utilité. Il aurait pu être intéressant de réaliser ce type d'essai, si les caractéristiques du produit changeaient avec la culture.

5. Conclusion

L'objectif de cet essai était de tester l'efficacité de deux produits de biocontrôle de la firme phytosanitaire Syngenta, pour voir leur efficacité contre la tavelure du pommier, ce en vue d'une possible extension d'usage. Il s'agissait d'un essai d'évaluation permettant de voir si les produits fonctionnés contre la tavelure du pommier, pour pouvoir mettre en place des essais d'homologation pour les années à venir.

La tavelure du pommier causée par *Venturia inaequalis* est une maladie qui occasionne de graves pertes économiques chez les producteurs par la perte de la récolte, l'augmentation de l'inoculum pour les années suivantes mais aussi une dégradation du verger. Pour cela, ils sont contraints d'appliquer de nombreux traitements phytosanitaires. Cependant, l'arrivée de produits de biocontrôle permettrait d'avoir des solutions alternatives pour lutter contre la tavelure. En effet, les méthodes alternatives sont recherchées dans le contexte actuel pour le respect de la santé et de l'environnement, mais il s'agit également d'une demande du gouvernement avec la mise en place du plan Ecophyto qui vise à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires en France. Les produits de biocontrôle permettraient donc de diminuer les IFT et les doses de produits phytosanitaires conventionnels, par exemple en stimulant les défenses des plantes.

Les résultats de cette étude ont pu montrer que le Redeli, produit déjà homologué sur vigne contre le mildiou a un réel intérêt pour lutter contre la tavelure du pommier, qu'il soit utilisé seul ou en association. En effet, il a obtenu des résultats qui dépassaient l'efficacité de la référence même avec la plus faible dose testée. De plus, il a un mode d'action multisite et potentialisateur, une double systémie, il n'y a pas de résistance connue et il est sans classement. Cela représente des atouts pour une possible extension d'usage de ce produit pour lutter contre la tavelure du pommier.

Par ailleurs, les intérêts pour le Bastid sont moins bons au niveau de l'efficacité. Comme nous avons pu le voir, le Bastid en utilisation seule n'est pas envisageable contre la tavelure du pommier car son efficacité est moindre. Cependant, ce produit est efficace sur d'autres cultures et contre d'autres maladies. En effet, chaque produit a un spectre d'action différent. Le Bastid a des effets par exemple, sur tomate et concombre contre l'oïdium et en vigne contre le mildiou. Il permet la synthèse d'acide salicylique et l'accumulation des protéines PR. Cela entraîne une résistance systémique acquise. Il s'agit d'un processus cumulatif, il faut donc plusieurs applications pour une meilleure stimulation de défense des plantes et une protection plus efficace (van Aubel et al. 2016). Ce produit permet de limiter la propagation du champignon mais pas la gravité des symptômes. De plus, l'acide salicylique protégerait seulement contre les champignons biotrophes, la tavelure étant hemibiotrophe, la protection ne serait pas totale (van Aubel, Buonatesta, et Van Cutsem 2014).

Des améliorations auraient pu être apportées à cet essai, ou d'autres essais peuvent être mis en places les années suivantes en testant les associations avec des demi-doses, tester d'autres références pour les associations comme le Merpan qui est également un produit de contact, à base de captane, tester d'autres

doses par exemples pour l'association avec le Redeli diminuer la dose de référence, ou noter les fruits pour voir l'impact de la maladie sur l'organe qui est commercialisé.

Mis à part le mode d'action, plusieurs facteurs influencent l'efficacité des produits. En effet, une protection optimale dépend : de la dose de substance active et de sa formulation, des cadences, du volume pulvérisé qui dépend du développement de la végétation, de la pression de maladie, des conditions d'applications (type de matériel, pression et conditions climatiques) (van Aubel, Buonatesta, et Van Cutsem 2014).

De ce fait, après avoir prouvé l'efficacité et l'utilité des produits il faut également réaliser des essais pour optimiser l'utilisation de ces produits par les producteurs.

L'exploration du spectre d'action des SDN déjà connu permet le développement de ceux-ci et une meilleure connaissance des mécanismes. Une extension d'usage est favorable pour la firme mais aussi pour les producteurs qui peuvent utiliser un même produit sur plusieurs cultures.

En effet, ce type de produit dispose de nombreux avantages mis à part la réduction des IFT ou des doses de produits conventionnels. En effet, il dispose de DAR et de délai de réentrée plus courts voire inexistants, d'une diminution du risque pour l'environnement et la santé, il s'agit d'un nouveau mode d'action, et cela permet d'éviter l'apparition des résistances (van Aubel, Buonatesta, et Van Cutsem 2014).

Le but de ces produits n'est pas toujours de les utiliser seuls, mais en association pour pouvoir baisser les doses des produits conventionnels. Il est donc possible d'envisager de tester ce produit avec une autre référence contre la tavelure. Il est également possible de chercher à étendre l'usage de ce produit à d'autres cultures, pour lutter contre d'autres agents pathogènes. De plus, une demande d'homologation en agriculture biologique est envisageable.

6. Bibliographie

6.1. Articles

- Benoit M., Cardon J-C, Corroyer B., Lebon G., Dupont N., et Corroyer N. (2009) Gestion de la Tavelure en pommier à cidre dans des vergers en agriculture biologique. *Pomme à cidre*, n° 21 (mars), 16-19 p.
- Bloesch B., et Viret O. (2013). Stades phénologiques des fruits à pépins en grand format!. *Revue suisse viticulture, arboriculture, horticulture*. Vol.45 n°3: 197p.
- Brun L., Didelot F., et Parisi L. (2008) Effects of apple cultivar susceptibility to *Venturia inaequalis* on scab epidemics in apple orchards. *Crop Protection*, vol. 27, n°6, 1009-19 p.
- Burr T., Matteson M., Smith C., Corral-Garcia M. et Tze-Chung Huang. (1996) Effectiveness of bacteria and yeasts from apple orchards as biological control agents of apple scab. *Biological Control* vol.6, n°2, 151-57 p.
- Gessler, Cesare, et Ilaria Pertot. (2012) Vf Scab Resistance of Malus. *Trees* vol.26, n°1, 95-108 p.
- Hossain M. B., Piotrowski M., Lensing J., et Gau A. E. (2009). Inhibition of conidial growth of *Venturia inaequalis* by the extracellular protein fraction from the antagonistic bacterium *Pseudomonas fluorescens* Bk3. *Biological Control*, vol. 48, n° 2, 133-39 p.
- Kellerhals M., Angstl J., Pfammatter W., Rapillard C., et Weibel F. (2004) Portrait des variétés de pommes résistantes à la tavelure. *Revue suisse viticole, arboricole, horticole*, vol. 36, n°1, 29-36 p.
- Lascaux, E., et Buonatesta R. (2017) Le COS-OGA, SDP contre l'oïdium et le mildiou. *Phytoma*, n° 702 (mars), 60-62 p.
- Parisi L., Gros C., Combe F., Parveaud C-E., Gomez C., et Brun L. (2013) Impact of a cultivar mixture on scab, powdery mildew and rosy aphid in an organic apple orchard. *Crop Protection* vol.43 (janvier), 207-12p.
- Percelavl G., et Boyle S. (2009). Evaluation of film forming polymers to control apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.) under laboratory and field conditions. *Crop Protection* vol.28, n°1, 30-35 p.
- Spinelli F., Rademacher W., Sabatini E., et Costa G. (2010) Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. *Crop Protection*, vol. 29 n°7, 691-98 p.
- Van Aubel G., Buonatesta R., et Van Cutsem P. (2014). COS-OGA: A novel oligosaccharidic elicitor that protects grapes and cucumbers against powdery mildew. *Crop Protection* vol.65 (novembre), 129-137p.
- Van Aubel G, Cambier P., Dieu M., et Van Cutsem P. (2016). Plant immunity induced by COS-OGA elicitor is a cumulative process that involves salicylic acid. *Plant Science* vol.247 (juin) 60-70 p.

6.2. Ouvrages

- Baudet A. et Béranger M. (2015) Index phytosanitaire ACTA 2016 :52e édition. ACTA. 1004 p.
- Baudet A. et Béranger M. (2016) Index phytosanitaire ACTA 2017 : 53e édition. ACTA. 1060 p.

6.3. Ressources en ligne

- Allain E. (2015). La pomme en 2014-2015. [Novembre 2015]
<http://www.franceagrimer.fr/content/download/40897/381190/file/BIL-POMME-camp%202014-15.pdf>.

- ANSES (2017a). E-phy. [Consulté le 03/06/2017]
[https://ephy.anses.fr/resultats_recherche/ppp?search_api_aggregation_3=stimulateur&sort_by=search_api_relevance&sort_order=ASC&f\[0\]=field_intrant%253Afield_etat_produit%3A10](https://ephy.anses.fr/resultats_recherche/ppp?search_api_aggregation_3=stimulateur&sort_by=search_api_relevance&sort_order=ASC&f[0]=field_intrant%253Afield_etat_produit%3A10).
- ANSES (2017b). La notion d'usage. [Consulté le 03/06/2017] <https://ephy.anses.fr/produits-substances-usages/notion-d%E2%80%99usage>.
- Aquaportail (2012). Phytoalexine : définition et explications. [Consulté le 04/07/2017]
<https://www.aquaportail.com/definition-8906-phytoalexine.html>.
- Association nationale pomme poire (2014). Consommation en France. [Consulté le 22/04/2017]
<http://www.lapomme.org/chiffres/consommation-en-france>.
- Beauvais, M., et G. Gouffier. (2017). Fiche de culture : le pommier. *Rustica.fr*. [Consulté le 03/08/2107]
<https://www.rustica.fr/articles-jardin/pommier,8795.html>.
- Bayer 2013. [Dossier Tavelure] Prendre des mesures prophylactiques. [14/03/2013]
<http://www.bayer-agri.fr/articles/2995/dossier-tavelure-prendre-des-mesures-prophylactiques/>.
- Cordial (2017). Définition : potentialisateur. [Consulté le 04/07/2017]
<http://dictionnaire.cordial-enligne.fr/potentialisateur-adjectif>.
- Dictionnaire santé (2009). Définition effet additif - Terme médical du Dictionnaire Santé. [12/06/2009].
<http://www.dictionnaire-sante.com/definition-effet-additif>.
- Ephytia (2013). *Venturia inaequalis* (tavelure du pommier). [07/05/2013].
<http://ephytia.inra.fr/fr/C/11581/hypp-Venturia-inaequalis-tavelure-du-pommier>.
- Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C., et Dechanteloup A. (2014). Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes- Etude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques.
- FAOSTAT (2017). Comparer les données. [Consulté le 25/04/2017] <http://www.fao.org/faostat/fr/#compare>.
- Ferron, P. (2017). La lutte biologique: définition, concept et stratégie. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*. [Consulté le 19/08/2017].
<http://www7.inra.fr/dpenv/ferlbd19.htm#7>.
- FranceAgrimer (2017) Chiffres-clés 2015 de FranceAgrimer . [02/2017].
<http://www.franceagrimer.fr/content/download/50484/484947/file/chiffres%20cl%C3%A9s%202015%20FL.pdf>.
- Gerbeaud. (2017). Pommier. [Consulté le 03/08/2107].
<http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/pommier.php>.
- Giraud M., Didelot F. et Caffier V. (2016). Ephytia - *Venturia inaequalis* (tavelure du pommier). [28/09/2016].
<http://ephytia.inra.fr/fr/C/20846/Di-gno-Pom-Venturia-inaequalis-tavelure-du-pommier>.
- Jonville D. (2016). Episode 1: De 8 à 10 ans pour développer un nouveau produit phytosanitaire. [Consulté le 06/06/2017]
http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/news_2/videos/cultures_videos/web_serie_experts_sdhi/nov12_fongicide_sdhi_bertrand_debret_1.html.
- Larousse, Éditions. (2017a). Définitions : andain. [Consulté le 27/05/2017].
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/andain/3350>.
- Larousse, Éditions. (2017b). Définitions : antagoniste. [Consulté le 27/05/2017].
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/antagoniste/3783>.
- Larousse, Éditions. (2017c). Définitions : prophylaxie. [Consulté le 27/05/2017].
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/prophylaxie/64379>.
- Larousse, Éditions. (2017d). Définitions : synergie. [Consulté le 04/07/2017].
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/synergie/76178>.
- Larousse, Éditions. (2017e). Définitions : systémique. [Consulté le 03/06/2017].
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/syst%C3%A9mique/76265>.

- Le Crenn-Brulon P. (2010). Séquençage du génome de la pomme : de nombreux arbres fruitiers vont en récolter les fruits. *INRA science & impact*. [07/03/2013].
<http://www.inra.fr/Entreprises-Monde-agricole/Resultats-innovation-transfert/Toutes-les-actualites/genome-pomme>.
- MAAARO. (2011). La tavelure du pommier. [21/07/2011].
<http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/apscab.htm#biology>.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2015). Le plan Écophyto, pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires en France. [26/10/2015]. <http://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-pour-reduire-lutilisation-des-produits-phytosanitaires-en-france>.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2017). Qu'est-ce que le biocontrôle? [Consulté le 05/07/2017]
<http://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-le-biocontrole>.
- Naim, P. (2017). Mieux connaître le pouvoir pathogène des champignons. *Insitut Français de l'éducation*. [Consulté le 03/08/2017].
<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/biodiversite/accompagnement-pedagogique/accompagnement-au-lycee/pomme-pomme-pomme/une-bonne-pomme-aujourd'hui/mieux-connaître-le-pouvoir-pathogene-des-champignons>.
- Pépinières Gromolard. (2017). Pommier Golden Délicious (*Malus domestica* "Golden Délicious" 972). [Consulté le 04/07/2017]
<http://www.pepinieres-gromolard.com/fruitiers/pommier-golden-delicious-972.html>.
- Saudreau, M. (2015). Pommier – Tavelure. [28/04/2015].
<https://www6.inra.fr/epiarch/Pathosystemes/Pommier-Tavelure>.
- Syngenta. (2016). Qui sommes-nous ? [03/08/2015]. <https://www.syngenta.fr/qui-sommes-nous>.

ANNEXES

ANNEXE I: Fiche technique du Dithane neotec

Dithane® Neotec

Fongicide contre les maladies de la vigne, des arbres fruitiers, des grandes cultures, des légumes et des plantes d'ornement

- Large spectre d'efficacité
- Bien toléré, favorise la croissance
- Granulé, sans poussière, facile à doser

Matière active

75% Mancozèbe

Formulation

Granulé à disperser dans l'eau (WG)

Mode d'action

Dithane Neotec possède un large spectre d'efficacité lié à une excellente sélectivité. C'est un fongicide de contact qui doit donc être appliqué préventivement. Il faut que la bouillie soit bien répartie sur toute la surface à protéger et qu'elle ait le temps de bien sécher de manière à former un film protecteur sans faille. Dithane Neotec est bien toléré par les plantes et stimule leur croissance. La nouvelle formulation Neotec possède des avantages indéniables pour l'utilisateur (moins de poussière). Grâce à une solubilité rapide du granulé, la bouillie demeure homogène plus longtemps. Le produit adhère mieux à la surface des feuilles, sa résistance à la pluie est améliorée et sa persistance est plus élevée. Ainsi son efficacité est augmentée.

Application

Pommes de terre

3 kg/ha contre le mildiou et l'alternariose.

Premier traitement dès qu'il y a risque d'infection ou selon l'indication d'un service d'avertissement ; traitements suivants à intervalles de 7 à 10 jours. Les 2 ou 3 dernières applications sont à réaliser avec 0,5 l de Mapro. Délai d'attente : 3 semaines, pommes de terre précoces : 2 semaines.

Vigne

0,25% contre le mildiou ; 0,3% contre le rougeot parasitaire, l'exco-riose et le black-rot. Application autorisée jusqu'à mi-août. Autorisé pour une seule application par voie aérienne.

Arboriculture

En badigeonnage à 6% comme protection contre l'abrouissement des lièvres et lapins de garenne. En mélange avec 5% de Ramag C.

0,15% contre la tavelure des arbres à pépins ; 0,2% contre la maladie criblée des arbres à noyaux ainsi que la rouille du prunier.

Délai d'attente : 3 semaines.

Tomates, Aubergines

0,2–0,3% contre l'alternariose, le mildiou (phytophthora), la septoriose. Délai d'attente : 3 semaines.

Haricots

2–3 kg/ha contre l'antracnose et la rouille. Délai d'attente : 3 semaines.

Carottes

2–3 kg/ha contre l'alternaria. Délai d'attente : 3 semaines.

Céleris branches et pomme

2–3 kg/ha contre la septoriose. Délai d'attente : 3 semaines.

Chou (production de plantons)

2–3 kg/ha contre le mildiou.

Salade pommée

1,6 kg/ha contre le mildiou. Jusqu'à 14 jours après la plantation.

Asperges

0,2–0,3% contre les brûlures des feuilles (stemphylium).

Oignons

2–3 kg/ha contre le mildiou. Délai d'attente : 3 semaines.

Plantes d'ornement

0,2–0,3 % contre les taches des feuilles, le mildiou, la rouille, marsonia des plantes ornementales ; 500 g/m³ contre les champignons du sol en mélange au terreau ; 0,2–0,3% contre les champignons du sol du gazon ; 0,4% contre les maladies des conifères ; 0,4% contre la rouille grillagée des genévriers en pépinière ; 0,2–0,3% contre la fumagine étoilée des roses ; 0,2% contre la ramularia des primevères.

Tabac

0,2% contre le mildiou du tabac en plein air. Délai d'attente : 3 semaines.

syngenta

Préparation de la bouillie

Verser la quantité nécessaire de Dithane Neotec dans environ un dixième de la quantité d'eau nécessaire, laisser le produit se diluer puis brasser vigoureusement et ajouter le reste d'eau.

A observer

Ne pas pulvériser sur les façades, car le produit tache. Observer les directives de la PER (Protection Environnementale Réglementée).

Miscibilité

Dithane Neotec est miscible avec les insecticides, fongicides et engrais foliaires indiqués dans le guide Syngenta.

Emballage

10 kg

Marque

© Registered trademark of
Dow AgroSciences, Germany

Conseil de prudence

N Dangereux pour l'environnement
Xn Nocif

Version

03/2009

ANNEXE II: Fiche technique du Bastid

UNE SOLUTION QUI MIME LA NATURE POUR PROTÉGER VOTRE VIGNE CONTRE LE MILDIOU ET L'OÏDIUM



syngenta.

POURQUOI CHOISIR BASTID

ORIGINE NATURELLE

- Demande des consommateurs.

PAS DE LMR

- Compatible avec les cahiers des charges des coopératives, GMS, caves,...

FACILE À UTILISER

- Intégration simple dans les programmes de protection.
- Pas de contrainte de stockage.

MULTI-CIBLES ET USAGES

- Vigne : mildiou et oïdium.
- Légumes sous serre : oïdium (tomate, fraise, concombre, poivron).

BIOCONTRÔLE

- Réduction des IFT*.
- Valorisation de la production et du savoir-faire.

MODE D'ACTION ORIGINAL & UNIQUE

- Management des résistances.



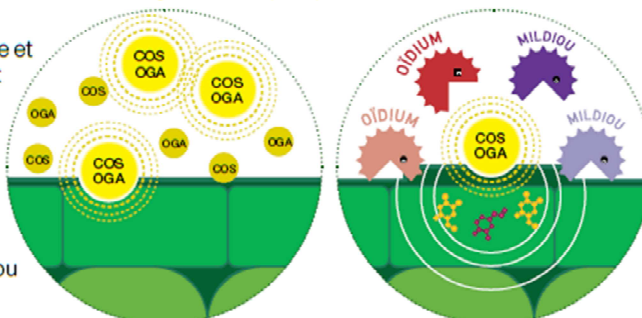
UN MODE D'ACTION QUI MIME LA NATURE

Bastid est une solution de biocontrôle d'origine naturelle composée de COS-OGA, au mode d'action de type SDN éliciteur. Il agit de façon préventive contre le mildiou et l'oïdium.

Lors de l'application de Bastid :

- Le COS, fragments de sucres issus de carapaces de crustacés, mime les débris de la membrane du champignon pathogène et est reconnu par la plante comme un signal d'attaque qui déclenche des mécanismes de défense.
- L'OGA, fragments de sucres issus de pectine de fruits, mime, lui, les débris de la paroi des cellules de la plante et est aussi reconnu comme un signal d'attaque qui déclenche des mécanismes de défense.
- Le COS-OGA, association inédite et brevetée, stimule plus fortement les défenses de la plante.

La reconnaissance de ces signaux va stimuler les défenses naturelles de l'ensemble des organes (feuilles et grappes) ayant reçu le produit et leur permettre de se défendre contre les futures attaques de mildiou et d'oïdium.



* Selon les certifications

LES 5 FACTEURS CLEFS DE SUCCÈS

- Utiliser à la dose de 2 L/ha en association avec un fongicide conventionnel,
- Positionner en préventif par rapport aux contaminations de mildou et d'oïdium, en début de saison contre le mildou, appliquer dès les pluies contaminatrices, sans attendre les repiquages,
- Utiliser en séquence de 2 à 4 applications pour une mise en place optimale des défenses en pré-floraison ou à partir de la nouaison,
- Renouveler l'application tous les 10 jours (8 jours en cas de forte pression de maladies),
- Appliquer de façon homogène sur les deux faces des feuilles et sur les grappes.

COMMENT INTÉGRER BASTID DANS VOTRE PROGRAMME DE PROTECTION ?

Exemple de programmes en vigne



Exemple 1 : Positionnement de Bastid en post-floraison.



Exemple 2 : Positionnement de Bastid en pré-floraison.



Exemple 3 : Positionnement de Bastid en pré et en post-floraison.



En pré-floraison, adaptation recommandée du volume de bouillie à la surface foliaire par la fermeture de buses/diffuseurs, travailler à concentration constante et ne pas descendre en dessous de 50 % du volume en pleine végétation.

Pour les associations avec du cuivre à partir de début véraison, diriger autant que possible la pulvérisation sur le feuillage.

CARTE D'IDENTITÉ

- **Composition** : 12,5 g/L COS-OGA.
- **Formulation** : Concentré soluble (SL).
- **Usage** : Stimulateur des défenses naturelles.
- **Cibles** : mildiou et oïdium.
- **Doses** : 2 L/ha en association.
- **Classement toxicologique** : Non classé.
- **DAR** : 3 jours.
- **LMR** : -
- **ZNT** : 5 m.
- **DRE** : 6 heures.
- **Nb maximum d'applications/an** : 8.
- **Emballage** : 10 litres - Pas de condition de stockage particulière.

BASTID® - AMM N° 2150479 - Composition : 12,5 g/L COS-OGA * - Non Classé - EUH401 - Respectez les instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement. P102 Tenir hors de portée des enfants. P280 Porter des gants de protection/des vêtements de protection (se reporter au livret de l'étiquette pour le détail des protections aux différentes phases). P501 Éliminer le contenu/réceptacle dans une installation d'élimination des déchets agréée. SP1 Ne pas polluer l'eau avec le produit ou son emballage. Sp3 Pour protéger les organismes aquatiques, respecter une zone non traitée de 5 mètres au minimum par rapport aux points d'eau pour l'usage vigne.

* marque déposée par Joulfa-Dillaud et * substance active brevetée par FytoFend.

Pour les conditions d'emploi et les usages, doses et conditions préconisées* : se référer à l'étiquette du produit ou www.syngenta.fr (nouveau catalogue des usages).



syngenta.

Syngenta France SAS - 12, Chemin de l'Hobit 31790 Saint-Sauveur France. SAS au capital de 111 447 427 Euros.
RCS - RSAO Toulouse 443 716 832. Numéro de TVA intra-communautaire : FR 11 443 716 832.
N° d'agrément MPO2249 : distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels.

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION. AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.

ANNEXE III: Fiche technique du Redeli



Biocontrols

**REDELI STIMULE LES DÉFENSES NATURELLES DE LA VIGNE
POUR UNE PROTECTION OPTIMALE CONTRE LE MILDIOU**



syngenta.

Pourquoi choisir REDELI ?

EFFICACITÉ RENFORCÉE CONTRE LE MILDIOU

- Mode d'action de type SDN potentialisateur, complémentaire de l'action du fongicide associé
- Mode d'action multisite, pas de résistance connue
- Systémie ascendante et descendante complémentaire de l'action du fongicide associé
- À l'abri du lessivage en 2 heures
- Dose unique de 2,5 l/ha

SOUPLESSE ET FACILITÉ POUR LE VITICULTEUR

- Pas de contrainte pour les mélanges
- Très bonne compatibilité de Redeli avec tous les fongicides testés dont les différentes formes de cuivre
- Excellente sélectivité pour la vigne des associations testées
- Sécurisation de la cadence de renouvellement



VECTEUR D'IMAGE POUR LA VITICULTURE ET LE VIN

- Nouvelle approche de la protection de la vigne s'appuyant sur les défenses naturelles

Une large palette de mélanges testés avec REDELI*

PRODUITS

Organiques

Pénétrants

Cuivres

Engrais foliaires

Anti-oïdium

Insecticides

TYPE

Mancozèbe,
métrame, folpel

Mandipropamide,
cymoxanil

Toutes formes

N, Mg, Bore

Tous


Tous



157 parcelles de références
Compatible avec tous les
produits associés
Excellente efficacité des associations

* Selon la réglementation en vigueur

VI

	Diplôme/Mention: Master 2 Sciences Technologie Santé, Mention Biologie et Technologie du Végétal Spécialité: Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours: Productions Végétales Spécialisées Option: Réglementation, produits phytosanitaires, méthodes alternatives
Auteur (s): Manon AUSSIBAL Date de naissance : 16/06/1992	Organisme d'accueil: Syngenta Adresse: 1738 Route d'Ondes, 82170 Grisolles
Nb pages: 30 Annexe(s): 3	Maître de stage: Angel MARIN
Année de soutenance: 2017	
Titre français: Essai d'efficacité de deux produits de biocontrôle contre la tavelure du pommier. Titre anglais: Efficacy trial of two biocontrol products against apple scab.	
Résumé: La France est un des premiers pays producteurs de pommes au monde, ce fruit est l'un des plus consommé dans ce pays. De nombreux traitements sont réalisés sur cette culture. L'essentiel de ces traitements sont réalisés contre la tavelure du pommier, causée par <i>Venturia inaequalis</i> . Dans le contexte actuel de diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires, des solutions alternatives sont recherchées comme l'utilisation de produits de biocontrôle tels que les stimulateurs de défenses naturelles. En effet, ces produits permettent d'induire la mise en place des défenses des plantes pour une meilleure réactivité de celles-ci face à une attaque d'agents pathogènes ou de ravageurs. Deux produits homologués sur d'autres cultures que le pommier ont été testés lors de cet essai. Il s'agit du Bastid, composé de COS-OGA et du Redeli composé de disodium phosphanate. Les résultats ont prouvé un réel intérêt du Redeli pour une possible extension d'usage avec une efficacité entre 58 et 78% suivant la dose et la notation. Une association avec ce produit a également montré de très bonnes efficacités entre 70 et 90%. Pour le second produit, le Bastid, les efficacités sont pour les deux dernières notations, inférieures à 10% mais là aussi une association est testée. Elle semble efficace car équivalente à la dose de référence seule. L'utilisation de ces produit seuls, ou en association permet de réduire les Indicateur de Fréquences de Traitements et les doses de produits phytosanitaire. De plus ils sont plus respectueux de la santé et de l'environnement.	
Abstract : France is one of the world's leading apple-producing countries and is one of the most consumed fruits in France. Many treatments are carried out on this crop. Most of these treatments are realized against apple scab, caused by <i>Venturia inaequalis</i> . In the current context of reduced use of plant protection products, alternative solutions are sought, such as the use of biocontrol products such as natural defenses stimulation. Indeed, these products enable to induce the setting up of the defenses of the plants for a better reactivity of the latter in the face of an attack of pathogens or pests. Two products registered on crops other than apple trees were tested in this trial. Bastid, composed of COS-OGA and Redeli composed of disodium phosphanate. The results showed a real interest of Redeli for a possible extension of use with an efficiency between 58 and 78% depending on the dose and the rating. An association with this product also showed very good efficiencies between 70 and 90%. For the second product, the Bastid, the efficiencies are for the last two notations, less than 10% but here again an association is tested. It appears to be effective because it is equivalent to the reference dose alone. The use of these products alone, or in combination, reduces the Frequency Indicator of Treatments and the doses of pesticides. In addition, they are more respectful of health and the environment.	
Mots-clés: Tavelure, biocontrôle, pommier, COS-OGA, disodium phosphanate Key Words: Scab, biocontrol, apple tree, COS-OGA, disodium phosphanate	