

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

La tavelure en verger de pommiers :
Evaluation de l'efficacité de produits
phytopharmaceutiques classiques et alternatifs dans le
cadre d'une production intégrée contre *Venturia
inaequalis* (Cke) Wint. lors de sa phase d'infection
primaire

Amandine HÉYÈRE

Agronomie, Productions Végétales et Environnement

2014

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

La tavelure en verger de pommiers :
Evaluation de l'efficacité de produits
phytopharmaceutiques classiques et alternatifs dans le
cadre d'une production intégrée contre *Venturia
inaequalis* (Cke) Wint. lors de sa phase d'infection
primaire

Amandine HÉYÈRE

Agronomie, Productions Végétales et Environnement

2014

Maître de stage : Emile KOKÉ

Tuteur pédagogique: Salwa ES SAKHI

L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup.

Résumé

Les produits phytopharmaceutiques sont indispensables dans la lutte contre la tavelure, principale maladie fongique en verger de pommiers. Cependant, leur utilisation sera de plus en plus réduite dans les années à venir et il convient donc de sélectionner les plus efficaces d'entre eux. Pour cela, des essais d'efficacité sont réalisés au CEFEL sur la période des contaminations primaires du champignon. Ces derniers concernent : des produits classiques, nouveaux (appartenant à la famille des SDHI) ou anciens, pouvant être sujets à l'apparition de résistances de la part de *Venturia inaequalis* ; des produits alternatifs, utilisables en AB et pouvant également être intégrés dans des stratégies de lutte classiques. Les produits sont testés seuls ou en association. En parallèle, un suivi des projections de spores et des conditions météorologiques de la saison est effectué afin de mieux comprendre les résultats d'efficacité obtenus. Les modalités les plus efficaces (en tendance) en pré-floraison sont le Syllit et le Produit D (de la famille des SDHI) associé au Dithane Néotec. En post-floraison, il s'agit du Brocélian, du Syllit et du Merpan 80 WG associé au Score. Le Chorus et le Score montrent des dérives d'efficacité qui peuvent être dues à des conditions météorologiques défavorables lors de leur application et/ou à l'apparition d'une résistance qui devra être vérifiée par l'ANSES. Le produit alternatif le plus efficace, en tendance, est le Trilog 5 kg associé à la Bouillie bordelaise RSR. Le Vacciplant, stimulateur de défense des plantes, ne présente pas de résultats statistiquement différents de la modalité témoin.

Mots clés : Tavelure, *Venturia inaequalis*, infection primaire, suivi biologique, essais d'efficacité, produit phytopharmaceutique, production fruitière intégrée

Abstract

Plant protection products are essential to control apple scab, the most important disease in apple orchards. However, their use is going to decrease more and more in the coming years, which explains that we have to select the most efficient. That's why CEFEL is conducting efficacy trials during apple scab primary infections. The trials are concern: 1) conventional products, new (belonging to the SDHI group) or old ones, which could be subject to an outbreak of resistant populations of *Venturia inaequalis*; 2) alternative products, which can be used for organic farming, but also be integrated in the conventional strategies of protection against the fungus. The products are tested alone or combined. At the same time, spore projection and the season's weather conditions are monitored, to better understand the results of the products' efficacy. The most efficient treatments before bloom seem to be Syllit and "Produit D" (belonging to the SDHI group) combined with Dithane Néotec. After bloom, the highest efficacy was obtained with Brocélian, Syllit and Merpan 80 WG combined with Score. The products Chorus and Score tend to be less efficient this year, which can be explained by unfavorable weather conditions at the moment of the application of these products and/or by the development of resistance. The most efficient alternative product seems to be Trilog 5kg combined with Bordeaux mixture. Vacciplant, a stimulator of the natural defence mechanisms in plants, doesn't show statistically different results from the control.

Key Words: Apple scab, *Venturia inaequalis*, primary infection, biological monitoring, efficacy trials, plant protection product, integrated fruit production

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Marie-Eve Biargues, ingénieur et directrice adjointe du CEFEL, qui a dans un premier temps su m'enthousiasmer quant à ce sujet de stage, et m'apporter par la suite de précieux conseils dans la rédaction de ce mémoire.

Je remercie également Emile Koké, qui m'a suivie et encadrée pendant ces 6 mois, tout en me faisant partager son savoir sur la tavelure mais également sur d'autres maladies du pommier et autres arbres fruitiers.

Je n'oublie pas non plus tous les autres salariés du CEFEL, qui ont su m'intégrer avec chaleur et bonne humeur au sein de leur station.

Et enfin, ce stage n'aurait pas été le même sans les rires et les tâches partagés avec mes camarades stagiaires. Cela reste toujours un plaisir que de rencontrer des personnes passionnées par l'agriculture, et qui ont pour volonté de la faire progresser.

Préface – Présentation du CEFEL

Le **Centre d'expérimentation en fruits et légumes de Midi-Pyrénées** (CEFEL) est une société coopérative d'intérêt collectif agricole (SCICA) qui a été créée en 1979 et qui fait partie des **stations régionales** du réseau coordonné par le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Ctifl). Son implantation dans le Tarn et Garonne (82) à Moissac et Montauban, lui permet d'être au plus près des préoccupations des producteurs et des professionnels de la filière fruits et légumes. Elle compte aujourd'hui 54 adhérents, dont les cotisations constituent une partie de son financement. On retrouve parmi eux tous les groupements de producteurs et la plupart des organismes agricoles, le Ctifl ou encore l'INRA.

Le CEFEL s'affaire à « **développer un savoir-faire innovant, tout en répondant aux attentes des entreprises du Grand Sud-Ouest** » (CEFEL, 2013). Six espèces sont travaillées dans ce centre d'expérimentations à ce jour ; il s'agit, par ordre d'importance, de la pomme, du melon, du raisin de table, de la prune de table, de l'ail et de la cerise.

La mission actuelle du CEFEL est d'améliorer la qualité des produits et de la maintenir après la récolte, avec un volet important concernant la lutte des maladies en intégrant la préservation de l'environnement et la limitation des coûts de production. Les objectifs assignés à l'expérimentation par les professionnels des filières concernés se déclinent en 5 points principaux : la sécurité alimentaire / production intégrée / raisonnée et traçabilité l'optimisation des coûts de production, la valorisation des terroirs, la qualité, et enfin la veille technique nationale et internationale. Les deux premiers points justifient que l'ensemble des essais sur espèces fruitières mis en place par le CEFEL entrent dans une **démarche de production fruitière intégrée** (PFI). Cela passe par le test de nouvelles molécules et de stratégies de protection phytosanitaire intégrée, qui mettent en avant des méthodes de luttés alternatives utilisables en agriculture biologique, des méthodes de lutte biologique ou encore des mesures prophylactiques.

Le CEFEL possède également l'agrément Bonnes pratiques d'expérimentations (BPE), qui lui permet de réaliser pour les firmes phytopharmaceutiques des essais officiellement reconnus pour l'homologation de nouveaux produits (CEFEL, 2013).

Table des matières

Table des sigles et des abréviations.....	1
Table des figures.....	1
Introduction	1
1. Synthèse bibliographique.....	2
1.1 La tavelure : des symptômes caractéristiques.....	2
1.2 Le pathosystème « pommier – tavelure » : aspects biologiques et climatiques	2
1.2.1 Le pommier, plante hôte de la tavelure	2
1.2.2 Le pathogène responsable de la Tavelure : <i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) Winter	3
1.3 La lutte contre <i>Venturia inaequalis</i>	7
1.3.1 La lutte contre <i>Venturia inaequalis</i> à l'aide de la prophylaxie : des méthodes nécessaires mais insuffisantes	7
1.3.2 Présentation et objectif de la lutte chimique.....	8
1.3.3 Une classification en fonction des propriétés des fongicides	9
1.3.4 L'apparition de résistance : une préoccupation majeure	10
1.3.5 La pénétration des produits et le mode d'action associé	12
1.3.6 Les recommandations générales d'utilisation des fongicides.....	12
1.3.7 L'arrivée de nouveaux fongicides anti-tavelure sur le marché : les SDHI.....	13
2. Objectifs de l'étude.....	15
3. Matériels et méthodes.....	16
3.1 Le suivi biologique	16
3.1.1 Le matériel végétal	16
3.1.2 Le dispositif expérimental	16
3.1.3 L'observation et le comptage des spores.....	16
3.1.4 La modélisation du risque d'infection à l'aide du modèle RIMpro.....	17
3.2 Les essais efficacité produits	17
3.2.1 Le matériel végétal	18
3.2.2 Le matériel de traitement.....	18
3.2.3 Les dispositifs expérimentaux et modalités comparées.....	19
4. Résultats	23
4.1 Suivi biologique de <i>Venturia inaequalis</i> et modélisation.....	23
4.1.1 Les conditions climatiques lors de la période des contaminations primaires.....	23
4.1.2 La dynamique de projection des ascospores de <i>Venturia inaequalis</i> selon le suivi biologique réalisé à l'aide du piège Marchi.....	23
4.1.3 La comparaison des dynamiques de projections d'ascospores selon le suivi biologique et selon le modèle RIMpro	24

4.1.4 Discussion du suivi biologique de <i>Venturia inaequalis</i>	24
4.2 Essais « efficacité des produits ».....	25
4.2.1 Les essais efficacité de produits classiques en pré- et en post-floraison – 14 POM PFI 06 et 14 POM PFI 07.....	25
4.2.2 L’essai efficacité de produits alternatifs – 14 POM PFI 08	34
5. Discussion générale.....	38
5.1 Des efficacités de produits alternatifs qui sont prometteuses.....	38
5.2 Des limites liées aux protocoles expérimentaux.....	38
5.3 Des limites liées à l’analyse statistique	39
Conclusions et perspectives	40
Bibliographie.....	42
Annexes	47

Table des sigles et des abréviations

AB : Agriculture biologique

ACTA : Association de coordination technique agricole

AFPP : Association française de protection des plantes

Anova : Analysis of variance

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

BBCH : Biologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **C**hemische Industrie

BPE : Bonnes pratiques d'expérimentation

CEB : Commission des essais biologiques

CEFEL : Centre d'expérimentation en fruits et légumes de Midi-Pyrénées

Ctifl : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

et al. : *et alii* (et autres auteurs)

GRAB : Groupe de recherche en agriculture biologique

IBS : Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols

IDM : Inhibiteurs de la déméthylation

IFT : Indice de fréquence de traitement

INRA : Institut national de la recherche agronomique

LMR : Limite maximale de résidus

PCR : Polymerase chain reaction

PFI : Production fruitière intégrée

RIM : Relative infection measure

SCICA : Société coopérative d'intérêt collectif agricole

SDH : Succinate deshydrogenase

SDHI : Succinate deshydrogenase inhibitors

SRAL : Service régional de l'alimentation

Table des figures

Figure 1 : Tâches de tavelure sur feuilles. A gauche : Sur Challenger® Dalivair ; A droite : sur Smoothee 2832 ® CG 10 Yellow Delicious	2
Figure 2 : Tâches de tavelure sur fruits. A gauche ; sur Challenger® Dalivair ; A droite : Sur Smoothee 2832 ® CG 10 Yellow Delicious	2
Figure 3 : Evolution du nombre de lésions par cm ² dues à la tavelure en fonction de l'âge des feuilles (jours) (MacHardy, 1996).....	3
Figure 4 : Représentation de l'évolution du nombre de pseudothèces sur une feuille de 240 mm ² en fonction de la température (°C) (à gauche) et Représentation de l'évolution du diamètre des pseudothèces (µm) en fonction de la température (°C) (à droite) sur feuilles de pommier (trait plein) et sur gel d'agar (trait en pointillé) – (MacHardy, 1996)	4
Figure 5 : Observation au microscope optique de deux spores de <i>Venturia inaequalis</i> (entourées en rouge)	4
Figure 6 : Relation entre la température (°C) et le taux de germination des ascospores (%) (MacHardy, 1996).....	5
Figure 7 : Relation entre température d'incubation (°C) et croissance des lésions de tavelure (µm) sur la face supérieure des feuilles de pommier après inoculation par conidies (MacHardy, 1996)	5
Figure 8 : Relation entre l'humidité relative (%) et la germination des conidies (%) après une incubation de 24 h à 20°C (MacHardy, 1996).....	5
Figure 9 : Effet de l'interruption de la période d'humectation par des périodes sèches sur l'infection des pommes par <i>Venturia inaequalis</i> , 6 et 18 semaines après la pleine floraison ; Les périodes sèches ont été placées 24 et 48 h après le début des périodes humides pour les fruits âgés de 18 semaines et de 24 semaines respectivement (Schwabe <i>et al.</i> , 1984)	6
Figure 10 : Cycle de la tavelure et facteurs climatiques impliqués dans ce cycle (d'après Agrios, 2005 ; Leca, 2011 ; Osbert, 2011)	6
Figure 11 : Courbes de risque d'infection en fonction de la température (°C) et de la durée d'humectation (heures) permettant de déterminer la sévérité du risque (Giraud <i>et al.</i> , 2006 d'après Mills, 1944)	7
Figure 12 : Diagramme représentant les distributions bimodale et unimodale des degrés de sensibilité qui sont caractéristiques des modèles "discret" et "continu" du développement de résistances. Le bleu foncé indique les populations sensibles originelles, et le rouge indique les populations résistantes ultérieures (Brent et Hollomon, 2007).....	10
Figure 13 : Dispositif expérimental permettant le suivi biologique et le comptage des spores, avec : Les deux pièges Marchi (a.), contenant chacun un boîtier cylindrique renfermant un tambour ainsi qu'un moteur électrique (b.), et reliés aux deux caisses en bois dans lesquelles sont placés les lits de feuilles ; le tambour sur lequel est placé le film Rhodoïd (d.) qui va être découpé (e.) puis observé au microscope (f.).....	16

Figure 14 : Paramètres d'entrée et de sortie du modèle RIMpro pour l'estimation des risques de contamination primaire (Monteban, 2009 d'après Trapman, 2013)	17
Figure 15 : Interface graphique du modèle RIMpro avec le nombre de spores éjectées par épisode de projection (en jaune), la valeur du RIM (en rouge), les spores en germination (en blanc) et la période de 300 degrés heure durant laquelle il est possible d'effectuer une intervention curative (en orange). 17	
Figure 16 : Récapitulatif de la méthode suivie lors de la réalisation des tests statistiques et de leur analyse.....	22
Figure 17 : Conditions de précipitations (mm) et de températures (°C) lors de la période des contaminations primaires (10/03 – 30/06).....	23
Figure 18 : Dynamique de projection des « grosses » spores (de <i>Venturia inaequalis</i>) et des « petites » spores (d'un champignon appartenant supposément au genre <i>Venturia</i>) (% cumulés), en fonction des précipitations (mm)	23
Figure 19 : Observation de grosses spores (<i>Venturia inaequalis</i> , en rouge), de petites spores (non clairement identifiées et supposément du genre <i>Venturia</i> , en vert) et d'autres spores (en bleu) au microscope optique.....	24
Figure 20 : Mise en parallèle des dynamiques de projection des spores selon le logiciel RIMpro (en violet) et selon le suivi biologique (en vert et en rouge) (% cumulés).....	24
Figure 21 : Positionnement des différents traitements et notations par rapport aux projections des spores (petites et grosses ajoutées) et aux précipitations (mm) pour les essais 14 POM PFI 06 et 07..	25
Figure 22 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation sur pousses du 06/05/2014 ; chaque chiffre qui figure au-dessus de chaque modalité correspond à un groupe qui contient des modalités non significativement différentes les unes des autres selon les différents tests de Mann-Whitney.....	26
Figure 23 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation sur pousses du 02/06/2014.....	26
Figure 24 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation du 09/07/2014	27
Figure 25 : Pourcentages d'efficacité sur pousses de chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 06, notation du 09/07/2014	27
Figure 26 : Pourcentages moyens de fruits attaqués par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation du 27/06/2014	27
Figure 27 : Pourcentages d'efficacité sur fruits pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 06, notation du 27/06/2014	28
Figure 28 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 12/05/2014	30
Figure 29 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 02/06/2014	31

Figure 30 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 17/06/2014	31
Figure 31 : Pourcentages d’efficacité sur pousses pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 07, notation du 17/06/2014	31
Figure 32 : Pourcentages moyens de fruits attaqués par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 27/06/2014	32
Figure 33 : Pourcentages d’efficacité sur fruits pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 07, notations du 27/06/2014.....	32
Figure 34 : Positionnement des différents traitements et notations par rapport aux projections des spores (petites et grosses ajoutées) et aux précipitations (mm) pour l'essai 14 POM PFI 08.....	34
Figure 35 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 14/05/2014	35
Figure 36 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 03/06/2014	35
Figure 37 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014	35
Figure 38 : Pourcentages d’efficacité sur pousses par rapport au TNT, pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014	36
Figure 39 : Pourcentages moyens de fruits attaqués par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014	36
Figure 40 : Pourcentages d’efficacité sur fruits par rapport au TNT de chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014	36

Table des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie de <i>Venturia inaequalis</i>	3
Tableau 2 : Caractérisation du taux d'inoculum selon la Méthode Olivier (d'après Michel Giraud <i>et al.</i> , 2006).....	6
Tableau 3 : Caractérisation de la gravité du risque d'infection en fonction de la sensibilité de la variété à la tavelure, de l'estimation du potentiel d'inoculum d'automne et de l'intensité de la projection des ascospores (d'après Giraud <i>et al.</i> , 2006).....	7
Tableau 4 : Etude de la validité des courbes de Mills entre 1951 et 1996 (Leca, 2011 d'après MacHardy, 1996).....	7
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des substances actives homologuées contre la tavelure du pommier, de leur propriété, de leur pénétration et de leur mode d'action (d'après ACTA, 2013 ; e-phy, 2014)..	12
Tableau 6 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 06.....	19
Tableau 7 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 07.....	20
Tableau 8 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 08	20
Tableau 9 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 06 – évaluation de l'efficacité de produits classiques en pré-floraison	25
Tableau 10 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 07 – évaluation de l'efficacité de produits classiques en post-floraison.....	25
Tableau 11 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI sur les années 2013 et 2014, en pré-floraison (d'après Hébrard, 2013).....	29
Tableau 12 : Comparaison des efficacités du Score et du Chorus sur les années 2013 et 2014, en pré-floraison (d'après Hébrard, 2013).....	30
Tableau 13 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI sur les années 2013 et 2014, en post-floraison (d'après Hébrard, 2013)	33
Tableau 14 : Comparaison des efficacités du Score sur les années 2013 et 2014, en post-floraison (d'après Hébrard, 2013).....	33
Tableau 15 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI en pré- et en post-floraison.....	34
Tableau 16 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 08 – évaluation de l'efficacité de produits alternatifs.....	34

Introduction

Aujourd'hui, la pomme est le fruit **le plus consommé** en France et correspond à la production fruitière dominante. En 2013, la surface en production représentait 39 508 ha, avec un volume de production de 1 737 472 t. Plus précisément, c'est le département du Tarn et Garonne qui est le premier département producteur de pommes avec une production de 249 133 t répartie sur 4 611 ha en 2013 (FranceAgriMer, 2014).

La protection de ces vergers contre les nombreux ravageurs et maladies est une **condition essentielle** pour atteindre une production régulière, ainsi que des rendements élevés et des fruits de qualité. La tavelure est la maladie la plus importante en verger de pommier. Elle est présente dans le monde entier, mais son impact est plus sévère dans les zones où les printemps et les étés sont plutôt frais et humides. En France, toutes les régions sont concernées, mais c'est surtout dans le Sud-Ouest et dans le Val de Loire que la maladie est la plus virulente (Crété, 2005).

Pour autant, la date de son apparition n'est pas bien connue. Le premier rapport sur la maladie date de 1819, mais un tableau plus ancien de Michel Angelo Caravaggio datant du XVII^{ème} siècle fait figurer des pommes sur lesquelles sont représentés des points noirs caractéristiques de la maladie. Ces mêmes points noirs sont observables sur le tableau « Nature morte avec une pomme et une grenade » peint par Gustave Courbet en 1871-72. Ces représentations font penser que la maladie était alors assez commune et considérée comme normale (MacHardy *et al.*, 2001). Aujourd'hui, cette approche a considérablement évolué car la production doit être assurée en répondant à des critères européens de qualité qui proscrivent les maladies et les défauts des fruits (EUR-Lex, 2011). La perte de production qui en résulte peut atteindre 100% car aucune tolérance n'existe pour cette maladie : tout fruit infecté est écarté (Brun *et al.*, 2007a).

La lutte contre cette maladie est donc primordiale et consiste bien souvent en une forte utilisation de produits phytopharmaceutiques. Ainsi, la tavelure totalise à elle seule environ **50% de l'indice de fréquence de traitement** (IFT) total sur verger de pommier en Midi-Pyrénées (Groupe projet « Ecophyto pomme 82 », 2010). Cependant, la volonté de l'Europe est aujourd'hui de réduire leur utilisation, comme le montre la mise en place du plan Ecophyto. Si la prophylaxie est primordiale et de plus en plus remise au goût du jour avec des techniques telles que le broyage des feuilles mortes et l'apport d'urée au verger, elle n'est cependant pas suffisante pour assainir un verger. La lutte chimique apparaît donc comme indispensable, même si elle se doit aujourd'hui d'entrer dans une démarche de production fruitière intégrée en utilisant les bonnes doses, au bon moment. En plus de cela devront également être pris en compte les phénomènes de résistance de certaines souches du champignon à des fongicides dont l'utilisation devra être raisonnée en conséquence.

Depuis les années 2000, la tavelure occupe une place majeure au sein du programme d'expérimentation sur la pomme au CEFEL. Dans un contexte de **réduction des intrants**, la volonté est aujourd'hui d'associer réduction des produits phytopharmaceutiques et fruits indemnes de défaut, afin d'obtenir des résultats satisfaisants sur les plans environnemental et économique. Les nombreux essais en production fruitière intégrée mis en place au CEFEL, dont l'étude qui a fait l'objet de ce mémoire fait partie, visent à atteindre cet objectif.

C'est ainsi que la question de l'efficacité qui peut être attribuée aux produits phytopharmaceutiques permettant de lutter contre *Venturia inaequalis*, nouveaux ou anciens, peut légitimement être posée.

Afin d'étudier cette question, une synthèse bibliographique décrivant le pathogène et les principes de la lutte contre ce dernier à l'aide de produits phytopharmaceutiques sera présentée dans une première partie. L'approche expérimentale sera développée par la suite au travers de la présentation des objectifs de l'étude, les matériels et méthodes utilisés, les résultats obtenus. Des discussions partielles permettant de comprendre et d'expliquer les résultats seront présentées après les résultats de chaque essai. Enfin, une discussion générale, soulevant notamment quelques limites liées aux expérimentations suivies, constituera la dernière partie.



Figure 1 : Tâches de tavelure sur feuilles. A gauche ; sur Challenger® Dalivair ; A droite : Sur Smoothee 2832® CG 10 Yellow Delicious



Figure 2 : Tâches de tavelure sur fruits. A gauche : Sur Challenger® Dalivair ; A droite : sur Smoothee 2832® CG 10 Yellow Delicious

1. Synthèse bibliographique

1.1 La tavelure : des symptômes caractéristiques

Au printemps, avec le développement de la maladie, des **symptômes caractéristiques** sont observables dans le verger. Un arbre atteint par la tavelure se remarque par la présence de ces symptômes sur feuilles, fleurs et finalement sur fruits.

Sur les **feuilles**, les tâches sont tout d'abord petites, pâles et irrégulières puis, en vieillissant, elles prennent une forme circulaire mieux définie, une teinte olivâtre et un aspect duveteux (**Figure 1**). A un stade avancé, les tâches deviennent noires et se soulèvent légèrement. Ces tâches sont souvent présentes sur la face supérieure de la feuille et les symptômes s'étendent le long des nervures au cours de la saison. Les tâches qui se développent sur les jeunes feuilles sont larges, faisant parfois plus d'1 cm de diamètre. Sur les feuilles plus âgées, les tâches sont plus petites car les feuilles sont alors plus résistantes à l'infection (*Cf. paragraphe 1.2.1.2*) (Vaillancourt et Hartman, 2000). Si la feuille est très infectée, elle peut se dessécher, se déformer et finir par tomber (Bovey *et al.*, 1967 ; Agrios, 2005 ; Carisse et Jobin, 2006). Si la tavelure ne tue généralement pas les arbres, la chute des feuilles les affaiblit et peut nuire à leur survie durant l'hiver et augmenter leur sensibilité aux autres maladies, aux blessures faites par les insectes et au froid (Vaillancourt et Hartman, 2000).

Les tâches que l'on peut observer sur les **fleurs** ressemblent à celles des feuilles ; cependant, une seule tâche sur le pédoncule ou les sépales peut suffire à dessécher et faire tomber la fleur, ce qui peut faire diminuer les rendements (Vaillancourt et Hartman, 2000 ; Carisse et Jobin, 2006).

Les **fruits** sont sensibles à *Venturia inaequalis* à tous les stades de leur développement. Les tâches qui les affectent sont tout d'abord duveteuses et olivâtres (comme sur les feuilles) puis deviennent plus foncées, et forment une croûte qui peut se craqueler. La cuticule du fruit se rompt autour de la lésion (**Figure 2**). Les fruits infectés tôt se déforment, se craquellent et tombent souvent prématurément. A l'approche de la maturité (fin de l'été-début de l'automne), ils développent des lésions plus petites (de 0,1 à 4 mm de diamètre), superficielles, qui peuvent cependant se transformer en point noirs craquelés durant le stockage (Agrios, 2005 ; Carisse et Jobin, 2006).

Ces différents dégâts ont pour conséquence une réduction de la qualité des fruits et donc de la valeur marchande de la production. Sur des variétés sensibles et en l'absence de protection, la perte de production peut atteindre 100% car aucune tolérance n'est faite pour cette maladie : tout fruit infecté est écarté (Brun *et al.*, 2007a).

La gestion de la maladie ne peut se faire qu'à l'aide d'une connaissance pointue du fonctionnement du pathosystème « pommier-tavelure ».

1.2 Le pathosystème « pommier - tavelure » : aspects biologiques et climatiques

1.2.1 Le pommier, plante hôte de la tavelure

1.2.1.1 Les stades phénologiques

Il est important de connaître les stades phénologiques de la plante hôte de la maladie, en l'occurrence le pommier. En effet, cela permet de déterminer ceux qui sont les plus sensibles à l'infection par la maladie, et par conséquent les moments privilégiés pour effectuer les éventuels traitements qui doivent être les plus efficaces possibles. Les stades phénologiques du pommier, identifiés par Fleckinger en 1948 sont présentés en **Annexe 1**.

Les stades B, C-C3 apparaissent comme étant ceux où le pommier commence à développer une sensibilité à l'infection (Giraud *et al.*, 2006), puis cette sensibilité continue tout au long du

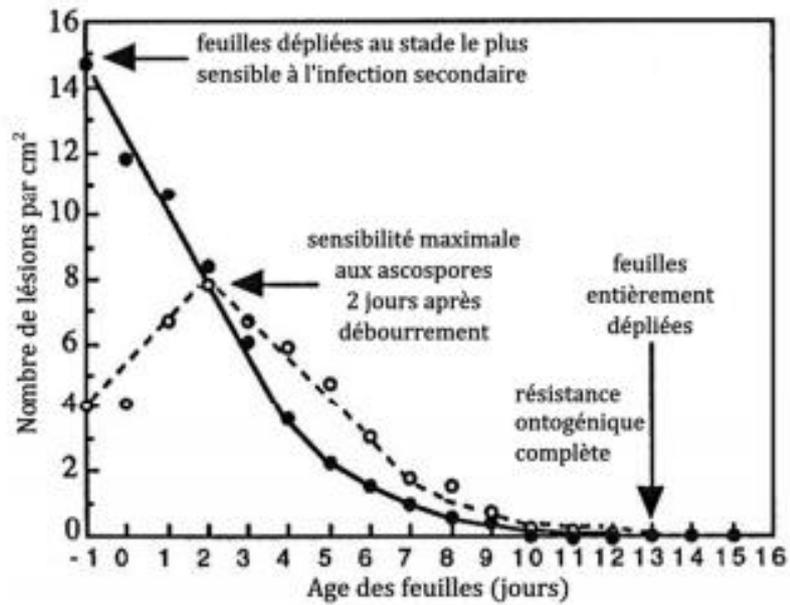


Figure 3 : Evolution du nombre de lésions par cm² dues à la tavelure en fonction de l'âge des feuilles (jours) (MacHardy, 1996)

Tableau 1 : Taxonomie de *Venturia inaequalis*

Domaine	<i>Eukaryota</i>
Sous-domaine	<i>Opisthokonta</i>
Règne	<i>Fungi</i>
Embranchement	<i>Ascomycota</i>
Sous-embranchement	<i>Pezizomycotina</i>
Classe	<i>Dothideomycetes</i>
Ordre	<i>Pleosporales</i>
Famille	<i>Venturiaceae</i>
Genre	<i>Venturia</i>
Espèce	<i>Venturia inaequalis</i>

développement de l'arbre. Si la sporulation du pathogène coïncide avec ces périodes de sensibilité, l'infection sera maximale.

1.2.1.2 La résistance ontogénique du pommier

Aderhold a été le premier, en 1900, à noter une différence de sensibilité entre les jeunes et les vieilles feuilles (MacHardy, 1996). Le phénomène a été mis en évidence expérimentalement en 1979 par Schwabe avec des inoculations artificielles d'ascospores et de conidies. Les jeunes tissus, et notamment les feuilles qui n'ont pas achevé leur croissance, sont davantage susceptibles d'être infectés par *Venturia inaequalis*. En effet, la sensibilité des feuilles augmente fortement à partir de deux jours avant leur étalement pour atteindre un maximum de sensibilité entre deux (pour les conidies) et quatre jours (pour les ascospores) après l'étalement (Schwabe, 1979). Les feuilles ayant terminé leur développement bénéficient du phénomène de résistance ontogénique, c'est-à-dire une résistance à la maladie qui augmente avec l'âge. Cette dernière croît rapidement avec l'âge des feuilles, puisque les feuilles atteignent une forte résistance après 9 à 13 jours pour les ascospores et 16 jours pour les conidies (Schwabe, 1979). Elle est exprimée de façon forte notamment dans les bouquets de feuilles juste avant la floraison (Falk *et al.*, 1995), mais également dans les deux ou trois plus jeunes feuilles de chaque pousse (MacHardy *et al.*, 2001). La résistance ontogénique permet non seulement de diminuer le nombre d'infections (**Figure 3**), mais ralentit également le temps d'apparition des lésions et le temps d'apparition des lésions suivantes (MacHardy *et al.*, 2001). Cette résistance est perdue en partie à l'automne, notamment sur la face inférieure de la feuille (Olivier et Lespinasse, 1981 ; MacHardy *et al.*, 2001)). Ces attaques d'automne augmentent très fortement le nombre d'organes atteints et la probabilité d'avoir plus d'une tache par feuille, ces taches étant donc à l'origine de l'inoculum pour le printemps suivant.

La résistance ontogénique n'est pas héritée par la plante : les feuilles des nouvelles pousses ou des pousses de la saison suivante seront alors toujours plus sensibles à la maladie. Si la nature de la résistance ontogénique n'est toujours pas connue, elle semble tout de même être stable (MacHardy *et al.* 2001)

1.2.2 Le pathogène responsable de la Tavelure : *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter

1.2.2.1 Taxonomie, cycle de développement et processus d'infection du champignon

La tavelure est une maladie cryptogamique causée par le champignon pathogène *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter et son anamorphe *Spilocaea pomi* Fr. Il affecte les membres du genre *Malus*, de la famille des *Rosaceae* et de la sous-famille des *Maloideae*. Ces derniers peuvent être des cultivars, ou bien des variétés sauvages (Leca, 2011). La taxonomie de *Venturia inaequalis* est reportée dans le **Tableau 1**.

Le cycle du champignon se décompose en **deux phases** : une phase sexuée saprophytique, c'est-à-dire durant laquelle il se nourrit de matière organique non vivante (dans le cas présent, il s'agit de feuilles mortes) dont il induit la minéralisation, et une phase asexuée parasitaire (sur les feuilles et les fruits). La phase saprophytique a lieu en automne et en hiver, alors que la phase parasitaire a lieu au printemps et en été. Ainsi, ce champignon est hémibiotrophe, c'est-à-dire qu'il infecte tout d'abord les tissus vivants d'un organisme et poursuit son développement sur les tissus morts.

La forme sexuée est représentée par *Venturia inaequalis*. Elle est appelée **forme « parfaite »**. Durant cette phase, les pseudothèces qui correspondent à la structure sous laquelle le champignon passe l'hiver, ont une croissance amphigène sur les feuilles mortes des pommiers. Ces pseudothèces, qui peuvent être plus de 100 par cm² de feuille, contiennent 100 à 140 asques qui contiennent elles-mêmes 8 ascospores (Crété, 2005). Ainsi, une feuille peut contenir jusqu'à plus de 300 000 ascospores.

La forme asexuée est représentée par l'anamorphe de *Venturia inaequalis* : *Spilocaea pomi* Fr. qui représente la **forme « imparfaite »**. Il s'agit d'une forme parasitaire, c'est-à-dire que le champignon se nourrit et se développe au profit d'un organisme vivant. Présent sous la cuticule du tissu infecté, le champignon produit alors de grandes quantités de conidiophores qui percent la

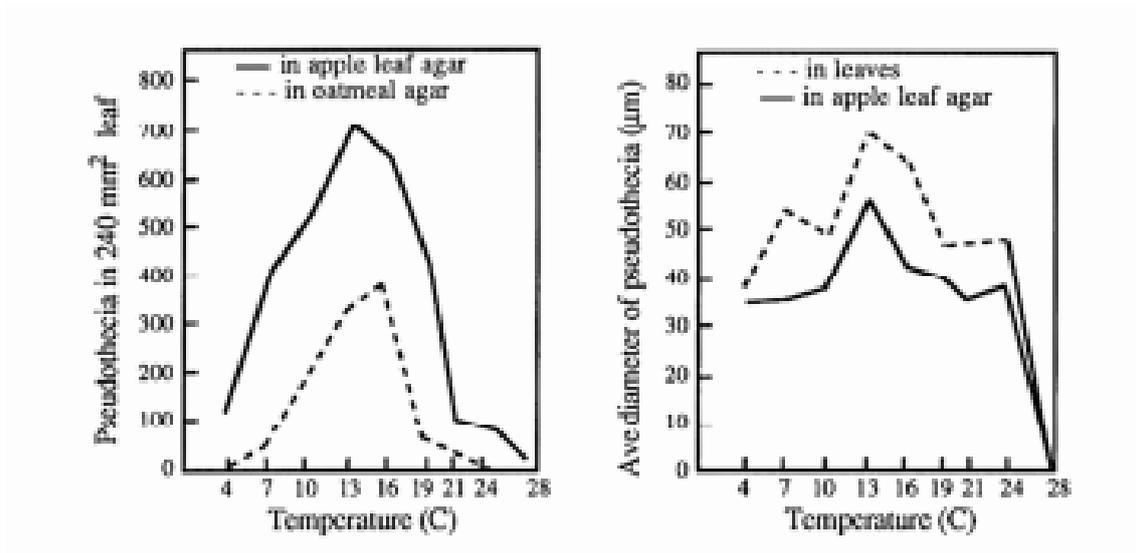


Figure 4 : Représentation de l'évolution du nombre de pseudothèces sur une feuille de 240 mm² en fonction de la température (°C) (à gauche) et Représentation de l'évolution du diamètre des pseudothèces (µm) en fonction de la température (°C) (à droite) sur feuilles de pommier (trait plein) et sur gel d'agar (trait en pointillé) – (MacHardy, 1996)

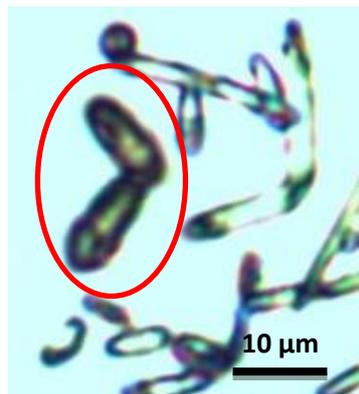


Figure 3 : Observation au microscope optique de deux spores de *Venturia inaequalis* (entourées en rouge)

cuticule et produisent des conidies (Agrios, 2005 ; Leca, 2011). Cette phase commence avec le début des projections d'ascospores et continue tant qu'il y a des spores à projeter, soit généralement de début Mars à fin Mai (Crété, 2005).

- **L'infection primaire, étape clef du cycle de *Venturia inaequalis***

Venturia inaequalis passe l'hiver sous forme de **pseudothèces immatures et de mycélium** présents sur les feuilles mortes de l'hôte étendues au sol. Ces pseudothèces immatures proviennent de la reproduction sexuée entre deux types sexuels. Cette reproduction consiste en la fusion de l'organe mâle (anthéridie) avec un hyphes femelle réceptif (trichogyne) d'un autre type sexuel, situé dans un ascogone. La reproduction sexuelle peut également se faire au printemps (Vaillancourt et Hartman, 2000). Les pseudothèces immatures achèvent ensuite leur croissance grâce à l'augmentation des températures (**Figure 4**).

Pseudothèces et ascospores mûrissent alors successivement. Les ascospores sont de couleur brune, bicellulaires et ont une forme caractéristique de « trace de pas » (**Figure 5**). Ces spores mesurent de 5 à 7 µm de large et 11 à 15 µm de long. La taille variable des spores a inspiré le nom latin du champignon, « inaequalis » (Vaillancourt et Hartman, 2000). En parallèle, l'hôte se développe à la faveur de l'alternance entre périodes sèches et humides et des températures qui augmentent. Les ascospores sont alors généralement matures au moment du débourrement des pousses de printemps (Agrios, 2005 ; Leca, 2011). Cette maturation se fait quand les feuilles sur lesquelles sont situés les pseudothèces sont sèches (Brook, 1968).

L'infection primaire se divise en plusieurs étapes : la sporulation, la dissémination et l'infection.

Sporulation : Lorsqu'ils sont gorgés d'eau au printemps, les pseudothèces présents dans les feuilles de la litière relâchent les asques. Sous l'effet de la pression hydrostatique, ces dernières éjectent à leur tour les **ascospores** matures. Un cumul de 0,2 mm.h⁻¹ minimum est nécessaire à cette libération (Hirst et Stedman, 1962). Une pluie faible favorise le transport et le dépôt d'ascospores (Gadoury *et al.*, 1993). La rosée seule peut être à l'origine de la projection d'ascospores, mais les conditions climatiques qui suivent une période de rosée sont rarement favorables au transport et à la germination des spores (Hirst et Stedman, 1962 ; MacHardy et Gadoury, 1986 ; Gadoury *et al.*, 1993 ; MacHardy *et al.*, 2001).

La projection est d'autant plus forte que les pseudothèces sont exposés à une **atmosphère humide**, à une **température élevée avant l'humectation** et à une **lumière forte** (Brook, 1968). Le maximum d'éjection est variable selon la région (MacHardy, 1996 ; Osbert, 2011). Selon MacHardy et Gadoury (1986), le pic de projection a lieu entre 11h et 12h. Les lâchés d'ascospores semblent être stimulés par les longueurs d'onde comprises entre 625 et 725 nm ; les longueurs d'onde inférieures à 500 nm n'influencent pas la projection de spores (Gadoury *et al.*, 1998). De même, peu de spores matures sont libérées dans l'obscurité : 8 à 10% des spores seraient projetées la nuit (MacHardy et Gadoury, 1986). Cette libération est favorisée si la pluie et les projections ont démarré avant le coucher du soleil (Stensvand *et al.*, 1997).

De même, elles sont peu à être libérées après une période de plusieurs heures durant lesquelles les feuilles ont été **sèches ou froides** (Brook, 1968) qui peut entraîner leur mort. La température optimale pour les éjections d'ascospores est de 20°C (MacHardy, 1996). La projection est d'autant plus tardive que la température est basse (Hirst et Stedman, 1962). A une température égale ou inférieure à 0°C, la libération des spores est quasiment stoppée (Stensvand *et al.*, 1997). Au-dessus de 32°C, les pseudothèces avortent (James et Sutton, 1982).

La maturation des ascospores coïncide généralement avec le stade C3 du pommier, qui est le stade où les organes sont les plus sensibles à l'infection.

Dissémination : Cette libération des spores perdure 3 à 5 semaines après la chute des pétales (Agrios, 2005). La projection mécanique se fait entre 0,1 à 13,2 mm du périthèce, la distance moyenne étant de 3 mm (Aylor et Anagnostakis, 1991 ; Gadoury *et al.*, 1993). La dissémination se fait ensuite à l'aide du **vent**, mais surtout lors des périodes de **pluie** par le biais du phénomène d'éclaboussement ou « splashing » en anglais (MacHardy, 1996).

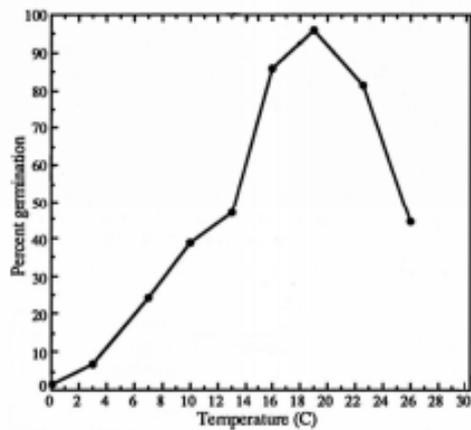


Figure 6 : Relation entre la température (°C) et le taux de germination des ascospores (%) (MacHardy, 1996)

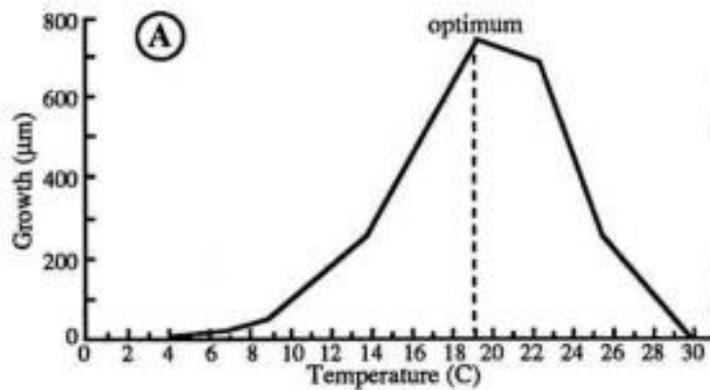


Figure 7 : Relation entre température d'incubation (°C) et croissance des lésions de tavelure (µm) sur la face supérieure des feuilles de pommier après inoculation par conidies (MacHardy, 1996)

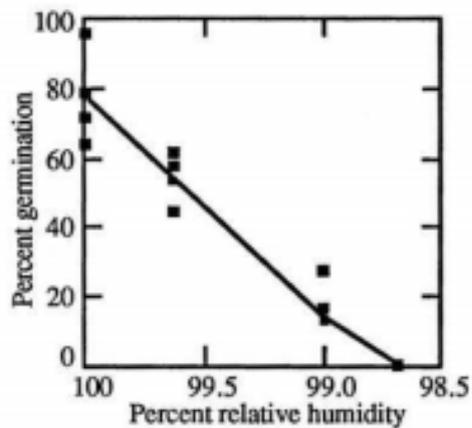


Figure 8 : Relation entre l'humidité relative (%) et la germination des conidies (%) après une incubation de 24h à 20°C (MacHardy, 1996)

Infection : Les ascospores ainsi déposées sur les organes peuvent germer et infecter les tissus. Une fois sur l'hôte, le champignon émet un **tube germinatif** qui se renfle au niveau de la cuticule, appelé *appressorium*. Il la transperce ensuite mécaniquement puis forme un stroma à partir duquel le mycélium va diffuser. Ce stroma se situe entre les cellules de la cuticule et les cellules épidermiques. Les cellules épidermiques puis les cellules du mésophylle voient alors leur contenu diminuer, avant de mourir. Le champignon reste cependant sous la cuticule (Agrios, 2005). Pour que l'infection ait lieu, les ascospores doivent idéalement se situer dans de l'eau dont la température est comprise entre 2 et 26 °C (**Figure 6**) (MacHardy, 1996).

La vitesse de germination est dépendante de la **durée d'humectation**. En effet, les spores doivent être en conditions d'humectation continue pendant 28 heures si la température est de 6°C, 14 heures si elle est de 10°C, 9 heures si elle est de 18-24°C, ou encore 12 heures si elle est de 26°C (MacHardy, 1996). Les couples température-durée d'humectation peuvent changer d'une aire géographique à une autre, et diffèrent parfois selon les auteurs qui se sont attachés à établir cette relation, tels que Mills (1944), MacHardy (1996) ou encore MacHardy et Gadoury (1989) (*Cf. paragraphe 1.2.2.3*). Il a également été observé que les spores pouvaient germer à 1°C, après une durée d'humectation de 30 heures (Stensvand *et al.*, 1997).

La **période d'incubation** moyenne nécessaire à l'apparition des tâches est de 180 degrés-jour en base zéro selon la courbe de Calmégane. Une variation peut être observée en fonction de l'âge de la feuille lors de sa contamination. Ainsi, les symptômes apparaissent plus rapidement lorsque l'infection a lieu sur des jeunes feuilles (MacHardy, 1996).

- **L'infection secondaire**

Sporulation : Situé entre la cuticule et les cellules épidermiques, le mycélium va produire des conidiophores courts, droits et brunâtres qui vont donner naissance à plusieurs **conidies** de type *Spilocaea*, unicellulaires. Jusqu'à 100 000 conidies peuvent être produites par une seule lésion. Elles mesurent entre 6 et 12 µm de large et 12 et 22 µm de long (Vaillancourt et Hartman, 2000). Ces dernières émergent alors en perçant la cuticule. En 8 à 15 jours maximum elles formeront des tâches vert-olive et duveteuses à la surface des tissus infectés (Agrios, 2005). Selon MacHardy (1996), les conidies ne sont plus viables au-delà de 18 jours, tandis que pour Vaillancourt et Hartman (2000), la production de conidies peut se faire jusqu'à 30 jours après l'infection. Dans tous les cas, ceci aura lieu si les conditions de lumière, de température et d'humidité le permettent. En effet, l'humidité optimale de sporulation des conidiophores est de 90% ; au-dessous de 60% d'humidité relative, aucune conidie ne sera produite. En ce qui concerne la température, l'optimum pour la sporulation se situe entre 16 et 20°C, le minimum étant 4°C et le maximum se situant entre 26 et 28°C. Enfin, il a été montré que l'absence prolongée de lumière entraîne une réduction de la sporulation de l'ordre de 33% (MacHardy, 1996). La production de conidies s'arrête en général après 30 à 36 jours (MacHardy, 1996).

Dissémination : Elle est essentiellement diurne (Hirst et Stedman, 1962). Tout comme pour l'infection primaire, l'eau joue un rôle important dans la dissémination des conidies. La **pluie** seule permettra aux conidies de passer des feuilles contaminées aux feuilles saines, grâce au ruissellement et au splashing. La présence de **vent** permettra en plus une dissémination entre les arbres du verger. Le vent seul n'a qu'un faible pouvoir de dissémination (MacHardy, 1996). Les contaminations se succèdent au gré des épisodes pluvieux tout au long de la période végétative (Bovey *et al.*, 1967)

Infection : Le succès de l'infection par les conidies dépend des mêmes conditions que celle par les pseudothèces. Pour ce qui est de la température, les conditions favorables à la germination se situent à 14-15°C, avec un minimum de 3°C et un maximum de 31°C (Doran, 1922 cité par MacHardy, 1996). La croissance des lésions est ensuite maximale à une température de 19°C (**Figure 7**). La germination est maximale pour 80% d'humidité (**Figure 8**) (MacHardy, 1996).

Selon Mills et LaPlante (1951), 2/3 des durées d'humectation nécessaires à l'infection primaire sont nécessaires pour déclencher l'infection secondaire par conidies. D'autres études montrent au contraire que les durées d'humectation nécessaires à l'infection par conidies sont quasiment identiques à celles nécessaires à l'infection par ascospores pour les basses températures,

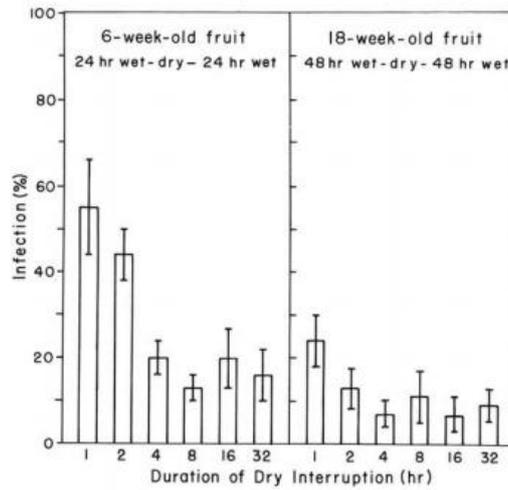


Figure 9 : Effet de l'interruption de la période d'humectation par des périodes sèches sur l'infection des pommes par *Venturia inaequalis*, 6 et 18 semaines après la pleine floraison ; Les périodes sèches ont été placées 24 et 48 h après le début des périodes humides pour les fruits âgés de 18 semaines et de 24 semaines respectivement (Schwabe *et al.*, 1984)

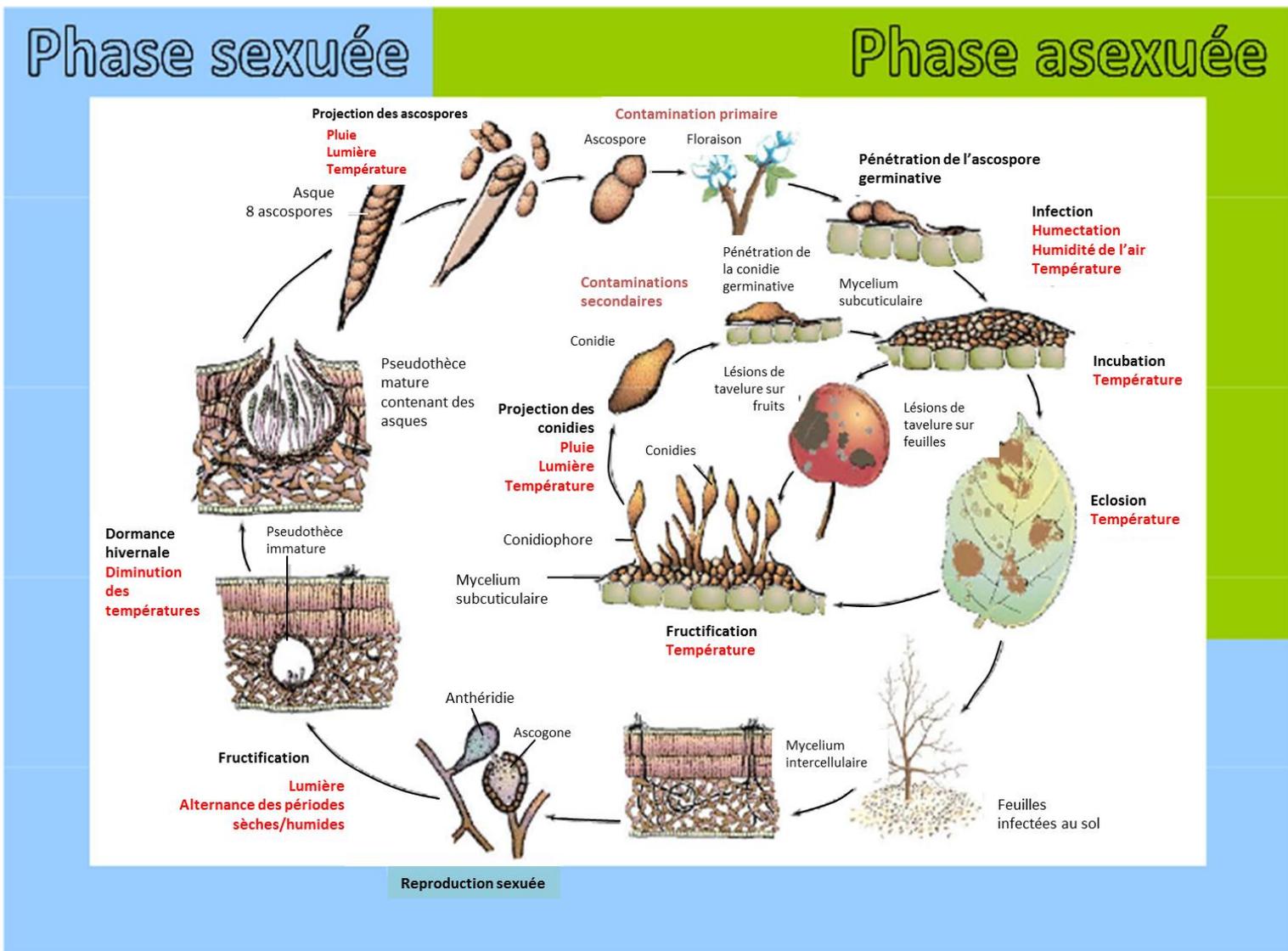


Figure 10 : Cycle de la tavelure et facteurs climatiques impliqués dans ce cycle (d'après Agrios, 2005 ; Leca, 2011 ; Osbert, 2011)

Tableau 2 : Caractérisation du taux d'inoculum selon la Méthode Olivier (d'après Michel Giraud *et al.*, 2006)

	Note <20	Note >20
Type F dominant	Inoculum faible	Inoculum moyen
Type I dominant	Inoculum moyen	Inoculum fort

et sont mêmes supérieures à partir de 5°C (Stensvand *et al.*, 1997 ; MacHardy et Gadoury, 1989). Ces divergences pourraient s'expliquer par le fait que Mills n'a pas pris en compte les différences d'intensité de projection entre le jour et la nuit (MacHardy, 1996).

Pour une température comprise entre 10 et 25°C, une durée d'humectation de 15 minutes suffit pour lancer le processus de germination des tubes des conidies. Cependant, les conidies survivent moins bien à des conditions de milieu sec. L'infection des fruits notamment est moindre lorsque la période d'humectation est interrompue par des périodes sèches. Même une interruption d'une heure entraîne une réduction importante du pourcentage d'infections (Schwabe *et al.*, 1984) (**Figure 9**).

Ainsi, l'infection dépend de la température, de l'humidité relative et de la période d'humectation.

A l'automne, les conditions de contamination deviennent plus fréquentes avec la baisse des températures et l'augmentation des périodes pluvieuses : les contaminations d'automne sont à l'origine de la constitution de la majeure partie de l'inoculum de l'année suivante. Ces contaminations ne sont possibles qu'avec la levée (totale ou partielle) de la résistance ontogénique (*Cf. paragraphe 1.2.1.2*).

Le cycle de la tavelure ainsi que les facteurs climatiques impliqués dans ce dernier sont récapitulés dans la **Figure 10**.

1.2.2.2 L'estimation du potentiel d'inoculum primaire d'après J. M. Olivier

Le taux d'inoculum primaire est un des éléments essentiels qui déterminent la gravité de l'infection primaire. Afin de l'évaluer, J. M. Olivier a mis au point une méthode d'estimation de cet inoculum. Si une autre méthode existe (la méthode dite « séquentielle »), la « méthode Olivier » constitue aujourd'hui la référence française. Elle consiste à réaliser une notation à l'automne (fin octobre) sur 100 pousses par parcelle élémentaire. Il s'agit alors de rechercher la première feuille tavelée par pousse en partant du haut de la pousse (qui correspond aux feuilles les plus jeunes), en regardant les faces inférieure et supérieure. S'il n'y a pas de tâche sur la pousse, alors l'inoculum est considéré comme étant nul, et une note de 0 est affectée à la pousse ; si une tâche est repérée, la pousse se voit affecter une note de 1. Dans ce cas, il faut vérifier 2 ou 3 étages foliaires en dessous de la même pousse : s'il y a une ou quelques tâches isolées, le qualificatif est F et si les tâches sont plus nombreuses et susceptibles d'être convergentes, le qualificatif est I. Ainsi, chaque pousse possède donc **une note de 0 ou 1** et un **qualificatif F ou I**. Le croisement de ces données permet de caractériser le taux d'inoculum pour l'année suivante, qui sera faible, moyen ou fort (**Tableau 2**).

Ces données seront prises en compte au printemps pour le choix de la courbe de Mills (*Cf. paragraphe 1.2.2.3*).

1.2.2.3 L'évaluation du risque, nécessaire dans une démarche de gestion intégrée de la maladie

L'évaluation du risque est nécessaire afin de pouvoir **optimiser les traitements**. Elle repose sur la prévision du risque d'infection afin d'intervenir seulement lorsqu'il est atteint. Si l'apparition des tâches est évitée, la protection peut s'arrêter à la fin des projections d'ascospores qui correspond à la fin des contaminations primaires. La détermination des périodes de contamination nécessite l'utilisation de **données climatiques**, qui interviennent fortement dans le cycle de la tavelure (*Cf. paragraphe 1.2.2*) : la durée d'humectation, la température, la pluviométrie et l'hygrométrie (Giraud *et al.*, 2006).

Comme cela a été dit précédemment (*Cf. paragraphe 1.2.2.1*), les ascospores nécessitent une durée d'humectation suffisante pour germer sur feuille ou sur fruit et ainsi pénétrer la cuticule et provoquer l'infection primaire. L'infection secondaire repose sur les mêmes principes. L'existence d'une **durée minimale d'humectation pour la réussite de l'infection** et le lien exclusif et direct entre le développement de la maladie et cette durée d'humectation ont été montrés dès les années 1920 (Keitt et Jones, 1926). Les recherches se sont ensuite tournées vers l'étude de cette durée d'humectation, avec la supposition qu'une bonne estimation de la durée d'humectation permettrait

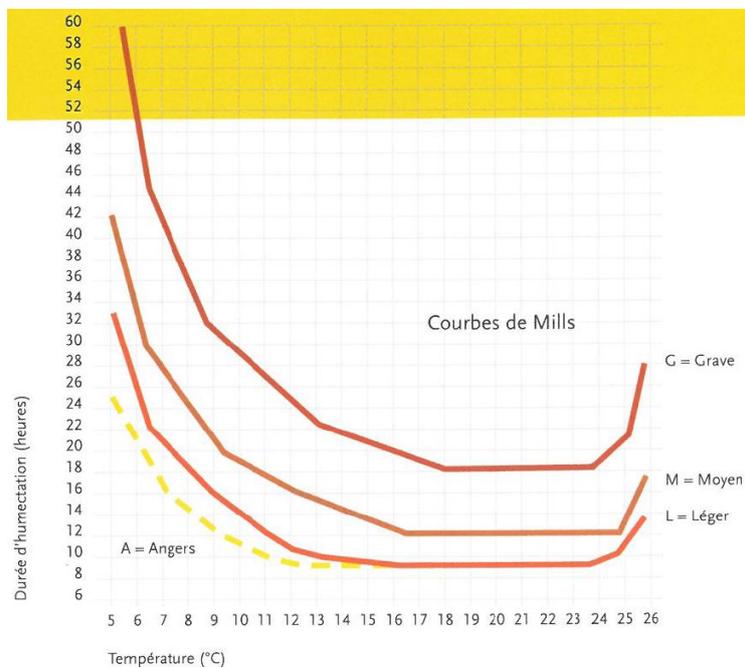


Figure 11 : Courbes de risque d'infection en fonction de la température (°C) et de la durée d'humectation (heures) permettant de déterminer la sévérité du risque (Giraud *et al.*, 2006 d'après Mills, 1944)

Tableau 3 : Caractérisation de la gravité du risque d'infection en fonction de la sensibilité de la variété à la tavelure, de l'estimation du potentiel d'inoculum d'automne et de l'intensité de la projection des ascospores (d'après Giraud *et al.*, 2006)

	Variétés très sensibles			Variétés sensibles			Variétés peu sensibles		
	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense
Inoculum d'automne	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense
Projection faible	Moyen	Léger	Angers	Grave	Moyen	Léger	(-)	Grave (Moyen)	Moyen
Projection forte	Léger	Angers	Angers	Moyen	Léger	Angers	Grave	Moyen	Léger

	Coïncidence avec les critères de Mills (1951)	Localisation
Etudes en vergers	Accord (sans publication des données)	Belgique France Italie
	Accord (avec données publiées généralement en accord)	Angleterre Australie Belgique Yougoslavie
	Désaccord (avec publication des données)	Allemagne France
Etudes en laboratoire	Désaccord (avec publication des données)	Afrique du Sud Belgique Italie USA
	Désaccord avec l'assertion que l'infection des conidies est 1,5 fois plus rapide que celle des ascospores (avec publications de données)	<i>idem</i>
Etudes spécifiques	Correction des courbes de Mills pour alimenter les modèles d'alerte de risques	Afrique du Sud Belgique France Suisse
	Relation entre température et durée d'humectation pour évaluer le risque d'infection exprimable sous forme de degrés-jours et donner un indice d'infection	Afrique du Sud Allemagne

Tableau 4 : Etude de la validité des courbes de Mills entre 1951 et 1996 (Leca, 2011 d'après MacHardy, 1996)

de cibler les **périodes propices au développement de la maladie** et par la même occasion le moment opportun pour traiter les arbres (Mills, 1944). Mills s'est affairé, dans les années 1930, à mettre en place des tables déterminant la durée d'humectation nécessaire à l'infection, à une température donnée, et ceci à partir des travaux de Keitt et Jones (1926). Les valeurs qu'il a obtenues se sont révélées 1,5 fois supérieures à celles de Keitt et Jones sans que cette différence soit pour autant expliquée (MacHardy et Gadoury, 1989). Les valeurs de Mills ont été validées en 1943 lors de nouvelles observations au verger (Lewis, 1943). Mills a alors élaboré les « **Courbes de Mills** » qui établissent un seuil au-dessus duquel un risque d'infection primaire est présent, et ceci pour chaque couple de valeurs de température de l'air et de durée d'humectation. Ces courbes permettent de déterminer le degré de sévérité du risque, qui peut être léger, moyen ou grave (**Figure 11**). Une quatrième courbe a été mise au point par J. M. Olivier : la courbe d'Angers. Elle délimite un risque plus faible que le risque qualifié de « léger » et qui abaisse donc le seuil à partir duquel les agriculteurs peuvent commencer à traiter leur verger. Les degrés de sévérité du risque peuvent être déterminés à partir de l'estimation du potentiel d'inoculum réalisée à l'automne à l'aide de la méthode Olivier (Cf. *paragraphe 1.2.2.2*) couplée aux notions d'intensité de projection des ascospores et de sensibilité de la variété concernée (**Tableau 3**).

Selon Leca (2011), de nombreuses études ont été menées entre les années 1950 et les années 1990 afin de vérifier si les courbes de Mills sont universelles ou doivent au contraire être adaptées à différents modes de cultures et zones géographiques du monde. Certaines de ces études se sont révélées en accord avec les résultats obtenus par Mills, d'autres en désaccord, sans que les résultats ne soient publiés pour autant (**Tableau 4**).

Des travaux réalisés en 1989 par MacHardy et Gadoury ont mené à une révision des courbes de Mills donnant un coefficient de corrélation de 0,99 entre les équations proposées et les observations réellement faites (Leca, 2011).

Aujourd'hui encore, les courbes de Mills sont utilisées pour la détermination des périodes à risque tavelure, dans leur forme originale ou corrigée.

1.3 La lutte contre *Venturia inaequalis*

1.3.1 La lutte contre *Venturia inaequalis* à l'aide de la prophylaxie : des méthodes nécessaires mais insuffisantes

« La prophylaxie est définie comme tout acte technique contre un phyto-agresseur destiné à réduire ou éliminer la production, le développement (ou la présence) d'inoculum primaire avant qu'il ne puisse infecter les tissus sensibles » (MacHardy, 1996).

La note nationale tavelure du pommier 2008 co-signée par l'INRA, le Ctifl et le Ministère de l'agriculture et de la pêche (INRA *et al.*, 2008) signale qu'il devient maintenant impératif d'intégrer de façon systématique les facteurs agronomiques et les mesures prophylactiques dans la stratégie de lutte contre la tavelure. C'est ainsi que l'efficacité de plusieurs de ces mesures est testée dans le cadre de nombreuses expérimentations.

La première d'entre elle est l'**utilisation de variétés résistantes** dans les vergers. Cette méthode, très efficace, peut permettre de réaliser une économie de 70% des traitements fongicides (Parisi, 1995). Cependant, ces variétés sont très peu vendues, ne représentant qu'une infime portion des surfaces plantées (Parisi *et al.*, 2004). Cependant, la résistance monogénique, aussi appelée oligogénique, en cause est une résistance non durable (bien que totale) (Brun *et al.*, 2007a), et elle a déjà été contournée notamment dans le Nord et l'Ouest de la France (Parisi *et al.*, 2004). A ce titre, l'utilisation de variétés plus tolérantes à la tavelure, qui présentent donc une résistance partielle à la maladie, semble plus intéressante (Brun *et al.*, 2007b).

La **réduction de l'inoculum par action sur les feuilles** constituant la litière hivernante est une autre méthode de prophylaxie permettant de lutter contre la tavelure. Le but est alors de supprimer la litière qui est le support du champignon. Cette action peut consister en un broyage des feuilles en automne ou au printemps, qui favorise leur décomposition et réduit le potentiel de formation des pseudothèces (INRA *et al.*, 2008). Plusieurs travaux ont montré que cette technique, si elle est bien mise en œuvre, pouvait diminuer le stock d'ascospores projetables de 40 à 90%.

Cependant, la sensibilité des variétés plantées et le climat favorable à la tavelure dans le Sud-Ouest ne permettent pas de modifier la stratégie de protection à l'aide de produits phytopharmaceutiques réalisée au printemps (Sagnes et Koké, 2011). **L'enfouissement des feuilles** est une autre technique permettant de diminuer l'inoculum. Un essai réalisé en 2003 et 2004 avec le GRAB chez un arboriculteur en AB de la Drôme chez qui les feuilles ont été enfouies sur le rang et ramassées sur l'inter-rang enherbé a montré, en 2004, une réduction de 95% des spores piégées par capteurs aériens (Brun *et al.*, 2007a). Evidemment, cette technique n'est adaptée que pour les vergers dont le rang de plantation est travaillé. Enfin, le **balayage** et l'enlèvement des feuilles peut se révéler également efficace : il permettrait de réduire de 63% l'incidence sur feuille par rapport au broyage (Gomez *et al.*, 2012). A ce jour, le problème demeure la faisabilité d'une telle opération à l'échelle du verger entier (Crété, 2005)

La réduction de l'inoculum peut également se faire par **pulvérisation d'urée**, qui peut se faire à la chute des feuilles ou au printemps. Les deux principaux rôles de l'urée sont de favoriser le développement des organismes responsables de la dégradation des feuilles et d'inhiber le développement du champignon dans la feuille grâce à son rôle fongitoxique (Crété, 2005). Sutton *et al.* (2000) ont montré que l'application d'une solution d'urée à 5% sur la litière de feuilles en Novembre (quand environ 95% des feuilles étaient tombées) peut réduire de 50% le nombre d'ascospores piégées (lorsque la contamination des feuilles était faible à l'automne précédant). L'urée appliquée sur la litière en Avril (avant le débourrement) peut réduire le nombre de spores capturées de 66%, toujours lorsque la contamination des feuilles à l'automne précédent n'a pas été élevée.

Enfin, des **moyens de lutte indirects** peuvent permettre de limiter la quantité d'inoculum dans les vergers. Parmi eux on retrouve la taille des arbres, qui doit être aérée pour limiter la durée d'humectation ; l'apport de fumure azotée, qui ne devra pas être excédentaire pour ne pas favoriser la pousse de jeunes feuilles plus sensibles à la maladie ; un bon nettoyage des filets paragrêles, qui ne doivent pas stocker les feuilles mortes. L'utilisation de composés naturels permettant une résistance systémique induite peut également être citée, puisqu'elle n'a pas une action biocide directe mais permet à l'arbre de développer des défenses lui permettant de lutter contre le pathogène (INRA *et al.*, 2008).

Si la prophylaxie est aujourd'hui indispensable dans les systèmes de gestion intégrés de la tavelure, elle ne semble pas permettre à elle seule d'assainir un verger. Ainsi, la lutte chimique reste encore actuellement la méthode indispensable contre la tavelure.

1.3.2 Présentation et objectif de la lutte chimique

L'objectif de la lutte chimique est de parvenir à passer la période de contamination primaire (qui se situe environ entre la première quinzaine de Mars et fin Mai) **sans voir apparaître de tâches dans le verger**. Le succès de la lutte chimique sur *Venturia inaequalis* repose donc sur le bon positionnement des traitements fongiques durant cette période. Afin de répondre aux objectifs de production intégrée qui sont aujourd'hui très présents, il s'agira d'appliquer la bonne dose (qui correspond ici à la dose homologuée), au bon moment, ce qui passe comme cela a été présenté précédemment par l'évaluation du risque (Cf. *paragraphe 1.2.2.3*). Si l'objectif « zéro contamination » durant la période d'infection primaire est atteint, il est alors inutile de traiter pour la période d'infection secondaire, qui n'aura pas lieu puisqu'elle est initiée par l'infection primaire (Cf. *paragraphe 1.2.2.1*). Le cas échéant, la lutte est prolongée jusqu'à la récolte.

Les produits de lutte contre la tavelure sont recensés sur le site e-phy ainsi que dans l'Index phytosanitaire ACTA, 2013. Différents critères permettent de les classer.

1.3.3 Une classification en fonction des propriétés des fongicides

Le premier élément de classification des produits fongicides contre la tavelure est lié à leurs propriétés.

1.3.3.1 Les produits multi-sites

Les produits multi-sites ont en commun la capacité d'interagir avec de **nombreux constituants cellulaires** et en particulier ceux possédant des groupements thiols, ce qui **inhibe la germination des spores**. A des faibles concentrations, cette inhibition est corrélée avec un blocage de la consommation d'oxygène (en inactivant des enzymes de la chaîne respiratoire) et un catabolisme des substances de réserve des spores (lipides et sucres, en inactivant des enzymes intervenant dans la glycolyse et le cycle de Krebs) (Brent et Hollomon, 2007).

Parmi les substances actives de ces produits se retrouvent, entre autres, le bicarbonate de potassium, le cuivre et le soufre et certains de leurs dérivés qui appartiennent à la famille chimique des produits minéraux, le mancozèbe de la sous-famille des dithiocarbamates, le captane et la dodine de la famille des N-chloroalkyl-mercaptans et respectivement des sous-familles des phtalimides et des guanidines (ACTA, 2012 ; e-phy, 2014). Ces produits, souvent utilisés depuis plusieurs décennies (Brent et Hollomon, 2007) présentent de multiples barrières empêchant la germination du champignon.

1.3.3.2 Les produits uni-sites

Les produits uni-sites ne possèdent, comme leur nom l'indique, qu'une seule « cible » sur laquelle ils peuvent agir : ils ne perturbent qu'**une seule voie métabolique**. Ces produits sont plus récents, puisque leur mise sur le marché date des années 1970 et 1990 (Brent et Hollomon, 2007). Les cibles les plus communes de ces derniers sont la synthèse de composés essentiels au développement du champignon, la respiration et les processus de division cellulaire (Carisse et Jobin, 2006). C'est ainsi que figurent parmi les fongicides uni-sites (dont les substances actives font toutes parties de la famille des Hétérocycles azotés) des produits dont la substance active vise à **inhiber le complexe mitochondrial III** (BC1 : face externe du cytochrome B « QOI ») ; c'est le cas du krésoxim-méthyl et de la trifloxystrobine de la sous-famille des strobilurines. Font également partie de la composition des fongicides uni-sites des substances actives de la sous-famille des triazoles, tels que le difénoconazole. Ces derniers sont des produits de type IBS (Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols), c'est-à-dire qu'ils agissent sur la biosynthèse des stérols en **inhibant la 14- α déméthylase** qui entraîne la déméthylation des stérols « IDM ». Enfin, les substances actives de la sous-famille des anilinopyrimidines telles que le cyprodinil ont une action sur la **méthionine** (ACTA, 2012).

1.3.3.3 La laminarine, stimulateur de défense des plantes

La laminarine est un (1,3)- β -D-glucane naturel, et correspond à la substance active extraite de l'algue brune *Laminaria digitata*. Il s'agit d'un **stimulateur de défense des plantes** qui fait également partie des substances homologuées pour lutter contre la tavelure. Son poids moléculaire variant entre 4000 et 5000 Dalton, elle n'est vraisemblablement pas transloquée en tant que telle dans la plante (Lateur, 2001). Ce produit est reconnu utilisable en AB aux niveaux français et européen. Il ne possède pas de résidu toxique et est donc sans limite maximale de résidus (LMR). Il ne possède pas non plus de délai d'emploi avant récolte. Son action serait « multivoie » ou multi-site, ce qui l'écarterait des phénomènes de résistance (Cf. *paragraphe 1.3.3.1*) (Bernardon-Méry et Joubert, 2013).

Le statut scientifique de la laminarine est « **éliciteur exogène** » : elle stimule les réactions de défense, c'est-à-dire qu'elle aide la plante à se protéger elle-même contre les parasites (Aziz *et al.*, 2003). 33 essais ont été menés de 2000 à 2011, surtout en Europe (France, Italie, Belgique, Pologne) pour évaluer l'efficacité de la laminarine sur la tavelure du pommier (Bernardon-Méry et Joubert, 2013). Ces **essais**, réalisés par la firme commercialisant le produit contenant la laminarine, ont été conduits en contamination naturelle sur des variétés sensibles à la tavelure telles que Golden Delicious, Gala ou encore Pink Lady. Ainsi, des essais d'efficacité utilisant uniquement de la

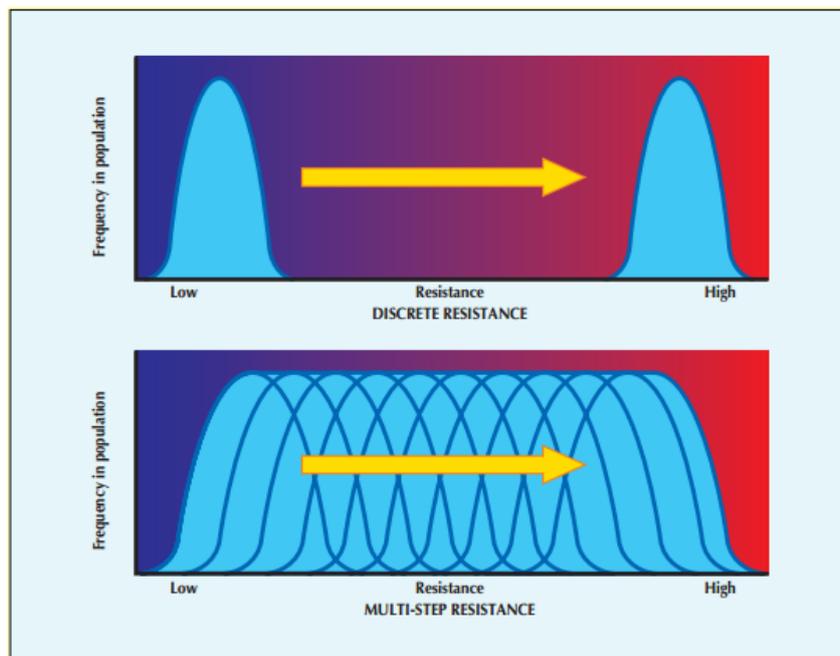


Figure 12 : Diagramme représentant les distributions bimodale et unimodale des degrés de sensibilité qui sont caractéristiques des modèles "discret" et "continu" du développement de résistances. Le bleu foncé indique les populations sensibles originelles, et le rouge indique les populations résistantes ultérieures (Brent et Hollomon, 2007)

laminarine sur la période entière des contaminations (primaire et secondaire) ont permis de mettre en évidence une efficacité de 49 à 60% sur la fréquence des feuilles tavelées, de 63 à 67% sur l'intensité des feuilles tavelées et de 60% sur la fréquence des fruits tavelés de 60%, pour une cadence d'application de 8-10 jours, à une dose de 33,7 g/ha. Cependant, l'utilisation de la laminarine seule ne peut être effectuée qu'en situation de **pression moyenne**, et lors de la période d'**infection secondaire** (Bernardon-Méry et Joubert, 2013).

1.3.4 L'apparition de résistance : une préoccupation majeure

1.3.4.1 Définition

La résistance d'un champignon à une molécule est un phénomène naturel, qui est lié au fait que certaines spores sont capables d'éviter ou de réduire l'effet de cette molécule suite à **une ou plusieurs mutation(s)** au sein du génome du pathogène. Cette mutation peut d'ailleurs pré-exister chez un petit nombre d'individus de la population concernée (Brent et Hollomon, 2007). Les individus concernés résistent alors à la molécule concernée, et sont capables de transmettre cette résistance à leurs descendants. Après plusieurs cycles de reproduction et applications de fongicides, leur nombre peut augmenter et ainsi affecter l'efficacité du fongicide sur la maladie (Carisse et Jobin, 2006). L'inverse d'une population résistante est qualifié de population « sensible ».

L'apparition de populations résistantes se traduit généralement comme une réponse à un **usage répété d'un même fongicide**, ou d'un autre fongicide dont le mode d'action pour lutter contre le champignon est le même (Brent et Hollomon, 2007).

L'apparition de résistance a souvent été associée à un échec du contrôle de la maladie total ou quasiment total. Cependant, il faut veiller à ne pas systématiquement associer toutes les difficultés de contrôler la maladie à l'apparition d'une résistance à un produit fongicide. En effet, ces difficultés peuvent être dues à plusieurs autres raisons, telles qu'un mauvais positionnement du produit, un produit détérioré ou appliqué lors de conditions climatiques défavorables ou encore une pression de la maladie anormalement élevée. Il est donc nécessaire de réaliser des tests en conditions contrôlées afin de vérifier si la sensibilité anormalement faible du pathogène est due à un phénomène de résistance ou non (Brent et Hollomon, 2007).

Le type de résistance décrit précédemment, caractérisé par une **perte soudaine et marquée d'efficacité** et par une séparation sans équivoque entre les populations sensibles et résistantes de par des réponses très différentes, est qualifié de « qualitatif », « discret », « single step » (en une étape), « discontinu » ou encore « disruptive » (**Figure 12**). Une fois développé, ce type de résistance a tendance à être stable, et les populations résistantes peuvent le rester pendant plusieurs années après le retrait ou la diminution de l'usage des fongicides responsables de la résistance. La résistance peut parfois se développer de manière moins soudaine, comme c'est le cas pour les fongicides IBS. Dans de tels cas, ce sont à la fois un déclin du contrôle de la maladie et une diminution de la sensibilité des populations du pathogène qui sont observés ; ils se manifestent de **façon progressive**, sont partiels et variables. Ce type de résistance est alors qualifié de « quantitatif », « continu », « multi-step », « progressif » ou encore « directionnel » (**Figure 12**). Les populations résistantes retournent vers des sensibilités plus élevées lorsque le fongicide concerné est utilisé de façon moins intensive et que des fongicides alternatifs sont appliqués pour lutter contre la maladie concernée (Brent et Hollomon, 2007).

1.3.4.2 Des mécanismes de résistance divers

Plusieurs types de mécanismes de résistance sont connus, parmi lesquels : l'altération de la cible biochimique de telle façon qu'elle n'est plus sensible au fongicide ; l'augmentation de la production de la protéine cible ; le développement d'un chemin métabolique alternatif qui contourne le site cible ; la dégradation du fongicide ; l'exclusion ou l'expulsion du fongicide à travers des transporteurs protéiques dépendant de l'ATP-ase (Brent et Hollomon, 2007).

Le mécanisme de résistance le plus commun apparaît comme étant l'altération **de la cible biochimique du fongicide**. Ceci pourrait expliquer pourquoi les fongicides multi-sites, qui ont la capacité d'agir sur plusieurs cibles métaboliques, sont peu sujets au phénomène de résistance. En

effet, les fongicides à base de soufre, de cuivre, mais également les fongicides des sous-familles des dithiocarbamates (exemple : mancozèbe) et des phthalimides (exemple : captane) ont gardé leur totale efficacité malgré leur large et parfois unique utilisation durant de nombreuses années. Au contraire, les fongicides uni-sites, qui n'agissent que sur une cible métabolique, sont davantage sujets au phénomène de résistance (Brent et Hollomon, 2007).

1.3.4.3 Les phénomènes de résistance chez *Venturia inaequalis* face aux fongicides uni-sites et la mise en place de stratégie de gestion de ces résistances

- **La résistance face aux strobilurines**

Parmi les fongicides uni-sites, les molécules de la sous-famille des strobilurines sont notamment sujettes à l'apparition de résistances de la part de *Venturia inaequalis*. Les premiers cas de résistance ont été détectés en France aux alentours de 2002 (Rémusson *et al.*, 2007). Le mécanisme de résistance le plus rencontré pour ce type de molécules correspond à la **mutation G143A** dans le gène codant pour le cytochrome B. Cette mutation semble prédominer dans les populations résistantes du champignon, notamment dans les régions arboricoles du Sud-Est et du Sud-Ouest et s'est étendue entre 2004 et 2006. L'existence d'autres mécanismes de résistance aux strobilurines est également suspectée (Rémusson *et al.*, 2007).

- **La résistance face aux fongicides du groupe IBS**

Les fongicides IDM du groupe IBS (aussi appelés « fongicides IBS ») dont la matière active vise à inhiber la déméthylation des stérols sont également sujets au phénomène de résistance de la part de *Venturia inaequalis* (Köller et Scheinpflug, 1987). Cette résistance s'est développée depuis les années 1980, de façon relativement lente et avec des sévérités fluctuantes, ce qui est caractéristique de la **résistance polygénique** (Brent et Hollomon, 2007). Cette dernière augmente graduellement avec l'action additive des différents gènes de résistance (DeWaard, 1993). Kunz *et al.* (1997) ont suivi pendant 3 ans le développement de populations de *Venturia inaequalis* sensibles aux fongicides IBS et qui n'avaient jamais été traitées par ce genre de produits et ont montré que l'efficacité recherchée contre le champignon était atteinte (pour des doses de fongicides données). Cependant, des populations suivies dans les mêmes conditions et ayant été traitées par le passé avec des fongicides IBS montrent un niveau élevé de résistance au fluzilazole, fongicide de la sous-famille des triazoles. Cette expérience a également permis de mettre en évidence une forte corrélation non-linéaire entre les facteurs de résistance et la somme de tous les traitements par IBS durant les 3 années précédant la collecte de l'échantillon. Il semblerait donc que le risque de résistance augmente avec le nombre de traitements. De plus, les IBS dont les substances actives sont le difénoconazole et le tébuconazole ne sont pas non plus efficaces pour contrôler les populations de *Venturia inaequalis* résistantes au fluzilazole.

- **La résistance face aux anilinopyrimidines**

Les niveaux de sensibilité de *Venturia inaequalis* aux fongicides de la sous-famille des anilinopyrimidines, également sujette au phénomène de résistance, ont été étudiés. Il a ainsi été mis en évidence que ces derniers sont corrélés aux niveaux de sensibilité de *Venturia inaequalis* aux IBS, avec cependant un déclin de cette corrélation pour les populations les moins sensibles à chaque type de fongicide. La supposition qui est alors faite est qu'au moins un des nombreux gènes qui confèrent une résistance aux IBS diminue également la sensibilité aux anilinopyrimidines (Köller *et al.*, 2005). Des programmes expérimentaux impliquant les fongicides cyprodinil et pyrimethanil (anilinopyrimidines) et menés de 1996 à 2000 ont montré que le niveau de contrôle de la maladie était inférieur à celui obtenu à l'aide de fongicides multi-sites (le captane et le mancozèbe) sur les fruits et sur les feuilles terminales (Köller *et al.*, 2005). De même, un essai « efficacité produits » suivi par M. N. Hebrard au CEFEL (2013) a révélé lors d'applications en pré-floraison du Chorus (produit dont la matière active est le cyprodinil) que l'efficacité de ce dernier est significativement inférieure à celle de la matière active de référence (captane). Ces résultats sont valables aussi bien sur pousses que sur fruits.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des substances actives homologuées contre la tavelure du pommier, de leur propriété, de leur pénétration et de leur mode d'action (d'après ACTA, 2013 ; e-phy, 2014)

Propriété	Famille chimique	Sous-famille	Substances actives	Pénétration du produit	Action
Multi-site	Cible et/ou effet : Inhibition de la germination des spores				
	Produits minéraux	-	cuivre et dérivés	C	P
			soufre et dérivés	C	P/E
			bicarbonate de potassium	C	P
	Carbamates	Dithiocarbamates	mancozèbe	C	P
			manèbe	C	P
			thirame	C	P
			zirame	C	P
	N-chloroalkyl-mercaptans	Phtalimides	captane	C	P/C
			folpel	C	P/C
Guanidines		dodine	C/P	P/C	
	Quinones	dithianon	C	P	
Uni-site	Cible et/ou effet : Biosynthèse des stérols : inhibition du complexe mitochondrial III de la chaîne respiratoire (BC1 : face externe du cytochrome B "QoI")				
	Hétérocycles azotés	Strobilurines	krésoxim-méthyl	C	P/E
			trifloxistrobine	P	P/C/E
	Cible et/ou effet : Inhibition de la 14-α déméthylase : déméthylation des stérols "IDM"				
	Hétérocycles azotés	Triazoles	difénoconazole	P	P/C
			fenbuconazole	S	P/C/E
			tébuconazole	S	P/C/E
			fluquinconazole	S	P/C
			myclobutanil	S	P/C
	Cible et/ou effet : Méthionine				
Hétérocycles azotés	Anilinopyrimidines	cyprodinil	S	P/C	
		pyriméthanyl	P	C	
Stimulateur de défense des plantes	Oligosaccharides	-	laminarine	-	-
Pénétration du produit : S : Systémique ; C ; Contact ; P : Pénétrant					
Action : P : Préventive ; C : Curative ; E : Eradiquante					

Si des phénomènes de résistance à la dodine, fongicide multi-site, ont été observés outre-Atlantique (Brent et Hollomon, 2007), ce n'est pas encore le cas en France à notre connaissance.

1.3.5 La pénétration des produits et le mode d'action associé

1.3.5.1 Des modes de pénétration divers

Les fongicides se distinguent également par leur type de pénétration. En effet, les fongicides peuvent être de contact, pénétrants ou encore systémiques (ACTA, 2012).

Les **fongicides de contact**, également appelés fongicides de surface, se répartissent à la surface de la feuille mais ne sont pas absorbés par la plante. Leur action consiste à protéger les feuilles (partie végétale sensible) afin d'empêcher la germination et la pénétration des ascospores du champignon (MacHardy, 1996). Les feuilles qui se développent après l'application ne sont donc pas protégées. Ces produits sont susceptibles d'être lessivés par la pluie ou détériorés par le soleil.

Les **fongicides pénétrants** sont capables de franchir la cuticule et de diffuser dans les parois des premières couches cellulaires (Rocher, 2004).

Un fongicide est dit « **systémique** » lorsqu'il est trouvé dans la plante en dehors de son point d'application, la « systémie » correspondant à l'aptitude d'une molécule à se déplacer dans la plante pour atteindre sa cible. Afin de circuler dans tout le végétal, le produit emprunte les vaisseaux du xylème et les vaisseaux criblés du phloème (Rocher, 2004).

1.3.5.2 Des modes d'actions associés qui s'amenuisent

Trois types d'action associés aux substances actives homologuées contre la tavelure du pommier peuvent être théoriquement répertoriés : préventifs, curatifs et éradiquants. Chaque mode d'action est à relier avec un positionnement précis du produit.

On distingue ainsi (**Tableau 5**):

- Les traitements **préventifs**, qui se positionnent avant la contamination. Selon l'ACTA 2013, tous les fongicides homologués contre la tavelure exceptés le pyriméthanil et la laminarine peuvent avoir une action préventive.
- Les traitements **curatifs**, qui se positionnent quand le champignon a pénétré la cuticule et est en phase d'incubation. Selon l'ACTA 2013, quasiment tous les fongicides peuvent avoir cette action, excepté les produits minéraux, les dithiocarbamates et la laminarine.
- Les traitements **éradiquants**, qui se positionnent en présence de tâches de tavelure sur feuilles et/ou fruits pour limiter la production d'inoculum secondaire (Crété, 2007). Selon l'ACTA 2013, le soufre, les strobilurines et les triazoles peuvent avoir cette action éradiquante.

Un type de positionnement n'est pas spécifié par l'ACTA 2013 : les traitements en « **stop** », qui se positionnent entre le moment correspondant au début de la pluie contaminatrice et la pénétration du tube germinatif dans la cuticule (Crété, 2007).

Dans la réalité des faits, l'action spécifique attribuée à chaque produit est quelque peu différente de ce que propose l'ACTA 2013. En effet, nous pouvons considérer qu'il n'existe plus à ce jour ni traitements éradiquants, ni traitements curatifs contre la tavelure (Biargues, 2014, communication personnelle). Ceci provient du fait que les éventuels fongicides systémiques existants sont uni-sites et qu'ils sont, en tant que tels, soumis à des recommandations générales d'utilisation.

1.3.6 Les recommandations générales d'utilisation des fongicides

1.3.6.1 Les fongicides préventifs ou appliqués en « stop » : une utilisation qui doit être raisonnée

L'application des fongicides en préventif ou en « stop » doit être raisonnée en fonction du risque d'infection, qui dépend des conditions climatiques, mais également de l'existence ou non de résistances à ces mêmes fongicides. Ainsi, des recommandations générales peuvent être faites sur l'utilisation des fongicides permettant de lutter contre *Venturia inaequalis*.

Les **traitements préventifs**, qui correspondent au type d'intervention privilégié, se font avec des **produits de contact**, qui doivent être appliqués juste avant un passage pluvieux ou suite à une information indiquant un potentiel d'ascospores projetables. Les strobilurines sont considérées comme étant des fongicides à action préventive. Elles doivent être appliquées sur feuillage sec avec un temps de séchage en suivant (Giraud *et al.*, 2006).

Les **traitements en « stop »** interviennent quand aucun traitement préventif n'a été fait, quand le traitement préventif a été lessivé, ou encore en cas de situation de forte contamination et que le producteur veut s'assurer de l'efficacité de son traitement. Ces traitements en stop se font de préférence avec un **produit de contact** dans un délai de 24 à 48 heures après le début de la pluie contaminatrice, selon le produit. Sinon, ils peuvent également se faire avec un produit de la famille des IBS 3 à 5 jours après le début de l'humectation selon le produit. Ces produits s'appliquent sur feuillage sec et nécessitent 3 heures de séchage. A noter que leur utilisation est à proscrire pour des températures inférieures à 15°C. Pour ce qui est des anilinopyrimidines, il est préférable de les utiliser avant floraison (Giraud *et al.*, 2006). Ceci s'explique par le fait que leur efficacité est moindre sur fruits (INRA *et al.*, 2008).

Dans tous les cas, il faudra veiller à **alterner l'utilisation des différentes familles chimiques**. Les IBS doivent, de préférence, être ajoutés à un produit de contact. Enfin, IBS (systémiques), strobilurines et anilinopyrimidines (pénétrants) ne doivent pas être utilisés sur tâches déclarées, au risque d'induire l'apparition de souches résistantes (Giraud *et al.*, 2006).

1.3.6.2 La gestion du renouvellement des applications

Un des critères primordiaux à prendre en compte est d'éviter l'apparition de résistances. Voilà pourquoi l'utilisation des produits IBS, des anilinopyrimidines et des strobilurines doit être limitée à **3 – 4 applications au maximum par an** (pour chacun de ces types de produits) afin de limiter l'apparition de souches de *Venturia inaequalis* résistantes (Giraud *et al.*, 2006).

Un lessivage peut entraîner la nécessité de traiter de nouveau. En effet, la protection est **annulée** pour des pluies allant de 20 à 25 mm, et ce pour la plupart des produits sauf ceux indiqués comme étant peu lessivables ; c'est souvent le cas des produits uni-sites, qui lessivent à partir de 40 mm de pluie (Giraud *et al.*, 2006).

Il peut être nécessaire de renouveler un traitement après une forte croissance végétative. En effet, l'**apparition de nouvelles feuilles** non protégées après un traitement peut entraîner une contamination sur ces dernières, à moins que le fongicide utilisé soit un produit systémique (IBS) ou une strobilurine. La sensibilité variétale devra également être prise en compte (Giraud *et al.*, 2006).

1.3.7 L'arrivée de nouveaux fongicides anti-tavelure sur le marché : les SDHI

1.3.7.1 Les SDHI : une famille de produits ancienne

Les fongicides de la famille des SDHI (Succinate deshydrogenase inhibitors) constituent un groupe de fongicides relativement vieux, puisque la première génération de molécules appartenant à cette classe (telles que la carboxine et d'autres substances de la même famille) a été introduite sur le marché à la fin des années 1960 (Veloukas *et al.*, 2013 ; FRAC, 2014). A l'origine, les SDHI permettaient de lutter exclusivement contre les basidiomycètes (Veloukas *et al.*, 2013). La découverte de nouvelles molécules dans cette classe de fongicides a par la suite élargi le spectre des cibles biologiques et ainsi augmenté la pertinence de l'utilisation de ces fongicides en protection des cultures (Glättli *et al.*, 2011). Aujourd'hui, la famille des SDHI comprend sept groupes chimiques différents, pour un total de 15 molécules (FRAC, 2014), mais **une seule substance fongicide** est utilisée en vergers de pommier. Il s'agit du boscalid, qui est par ailleurs associé à la pyrachlostrobine pour former le produit commercial Bellis®, et qui permet de lutter contre l'oïdium du pommier ainsi que d'autres maladies de conservation (Hebrard, 2013).

1.3.7.2 Une cible inédite

L'enzyme cible de ces fongicides est la succinate deshydrogenase (SDH, aussi appelée Complexe II dans la chaîne respiratoire) qui entre en jeu dans le cycle de Krebs et reliée à la chaîne de transport d'électrons mitochondriale (Keon *et al.*, 1991). La SDH est composée de quatre sous-unités (A, B, C et D) et le site d'attache des ubiquinones et des SDHI est constitué par les sous-unités B, C et D (FRAC, 2014). Les SDHI apparaissent donc comme étant des produits uni-sites.

1.3.7.3 Des essais produits concluants

- **Les substances concernées**

Des essais efficacité menés sur des fongicides SDHI en cours d'homologation ont été réalisés en 2013 et suivis par M. N. Hebrard. Trois substances étaient alors concernées. Le **fluopyram**, produit de la société Bayer, est la première d'entre elles ; elle est déjà homologuée en Suisse pour lutter contre la tavelure des fruitiers à pépins, mais également sur d'autres maladies des cultures légumières, fruitières et ornementales (OFAG, 2014). Cette substance est associée au tébuconazole dans l'essai concerné. Le **penthiopyrad** est la deuxième molécule dont l'efficacité a été testée. Cette dernière, issue de la recherche de la société DuPont, est destinée au marché de la protection des céréales contre les maladies foliaires, mais son homologation en France qui devait être faite pour la campagne 2012/2013 n'a pas encore eu lieu à ce jour (Terre-net, 2012). Enfin, l'**izopyrazam**, commercialisée par la société Syngenta, est homologuée sur les céréales à paille au Royaume Uni depuis 2010, avec une volonté de la firme d'étendre cette homologation sur céréales mais également sur fruits dans le monde entier (Syngenta, 2010). L'évaluation de son efficacité s'est faite en l'associant au difénoconazole.

- **De premiers résultats concluants**

L'efficacité des produits SDHI présentés ci-dessus a été évaluée avec des positionnements des traitements en pré et en post-floraison, en comparaison avec un produit de référence : le captane. En pré-floraison, il apparaît que les produits testés ont des efficacités contre la tavelure allant de 75,2% (izopyrazam associé au difénoconazole) à plus de 85% (penthiopyrad et fluopyram associé au tébuconazole), ce qui est satisfaisant en comparaison à la référence captane, qui présente une efficacité de 85%. Sur fruit, les résultats montrent également des efficacités très satisfaisantes pour les produits SDHI. Ces tendances sont confirmées en post-floraison (Hebrard, 2013).

- **Un risque sous-jacent d'apparition de résistance**

Le risque de développement de résistances aux produits SDHI a été évalué comme étant **modéré à élevé**. Bien que les cas de résistance à la première génération de molécules appartenant à cette classe étaient plutôt réduits à cause de leur spectre d'activité relativement réduit, ils se sont ensuite développés après l'introduction du boscalid (fongicide de la famille des SDHI) pour le contrôle de plusieurs maladies importantes causées par les ascomycètes comme la pourriture grise (Leroux *et al.*, 2010) et les deutéromycètes. Les mécanismes de résistances aux SDHI ont été étudiés de façon intensive grâce à l'utilisation de mutants de laboratoire ou issus de mutations naturelles (« field-mutants ») de différents champignons. Il en ressort que la résistance aux produits SDHI provient de **mutations ponctuelles** qui mènent à des substitutions d'acides aminés sur les sous-unités B, C et D (Keon *et al.*, 1991).

Au terme de cette synthèse bibliographique, la problématique suivante peut être énoncée :

Problématique : Dans un contexte de production intégrée dans lequel la prophylaxie est primordiale mais insuffisante, quelle efficacité peut-on encore attribuer à des produits phytopharmaceutiques :

- Classiques, nouveaux ou anciens, de plus en plus sujets au phénomène de résistance ;
 - Alternatifs, utilisables notamment en agriculture biologique et éventuellement intégrables dans une stratégie de lutte classique,
- dans la lutte contre *Venturia inaequalis* (Clarke) Wint., champignon responsable de la tavelure, maladie la plus importante en verger de pommier ? Quel impact les conditions météorologiques de l'année ont-elles sur cette efficacité ?

2. Objectifs de l'étude

Les essais choisis pour réaliser cette étude font partie des essais du programme « Production Fruitière Intégrée » (PFI) du CEFEL, c'est-à-dire que leur mise en place répond à une demande émanant des professionnels de la filière adhérents de la station. Les résultats obtenus leur seront donc communiqués. Les trois essais qui sont au cœur de l'étude sont des essais « **efficacité produits** » qui gardent un intérêt majeur pour les arboriculteurs puisque l'utilisation de produits phytopharmaceutiques reste indispensable dans la lutte contre la tavelure, notamment sur la période d'infection primaire. En effet, cette dernière est à l'origine de l'infection secondaire, et c'est donc en la maîtrisant au mieux que l'on parvient à diminuer les dégâts engendrés par la maladie et le nombre de traitements appliqués en été.

Des **objectifs différents** peuvent être attribués à chacun des trois essais ainsi choisis :

- L'essai intitulé **14 POM PFI 06** a pour but d'évaluer l'efficacité de différents produits phytopharmaceutiques « classiques » (utilisés en agriculture conventionnelle), seuls ou en association, (dont certains ne sont pas encore homologués : les SDHI) sur la période des contaminations primaires de la tavelure, avant floraison.
- L'essai intitulé **14 POM PFI 07** a également pour but d'évaluer l'efficacité de différents produits phytopharmaceutiques « classiques », seuls ou en association, (dont certains ne sont pas encore homologués : les SDHI) sur la période des contaminations primaires de la tavelure, mais après floraison.

Ces deux essais comptent des produits contenant des SDHI parmi les modalités évaluées : cela a pour but de connaître l'**efficacité pratique** de ces produits (qui ne sont pas encore homologués en France) dans les conditions de culture de la région, mais également de vérifier si cette efficacité concorde avec l'efficacité « théorique » avancée par les firmes phytopharmaceutiques et ainsi informer en avance les agriculteurs sur leur intérêt pour lutter contre la tavelure. Il s'agira également de déterminer pour ces deux essais s'il existe des **dérives d'efficacité** de certains produits (fongicides uni-sites appartenant au groupe IBS et aux sous-familles des strobilurines et des anilinyrimidines), qui pourraient être attribuées à l'apparition de phénomènes de résistance de la part de *Venturia inaequalis*. Enfin, ils permettront de voir, pour les produits qui sont testés à la fois en pré- et en post-floraison, quelle est la période sur laquelle ils sont le plus efficaces. Les produits concernés sont le Produit B et le Produit D, deux fongicides de la famille des SDHI qui ne sont pas encore homologués.

- Enfin, l'essai intitulé **14 POM PFI 08** a pour but d'évaluer l'efficacité de produits « alternatifs » (dont certains sont utilisables en agriculture biologique) sur la période des contaminations primaires de la tavelure

Les essais efficacité ont pour but final de déterminer quels seront les produits qui présentent un intérêt et pourront être intégrés dans des stratégies de lutte intégrée.

L'ensemble du travail est complété par un suivi biologique ainsi qu'un suivi par modélisation réalisé à l'aide du logiciel RIMpro. Ceci permet d'avoir une vision précise des événements à risque sur la période des contaminations primaires ; confronter ces derniers avec les conditions de réalisation des traitements permet ainsi une meilleure compréhension des résultats des essais précités.

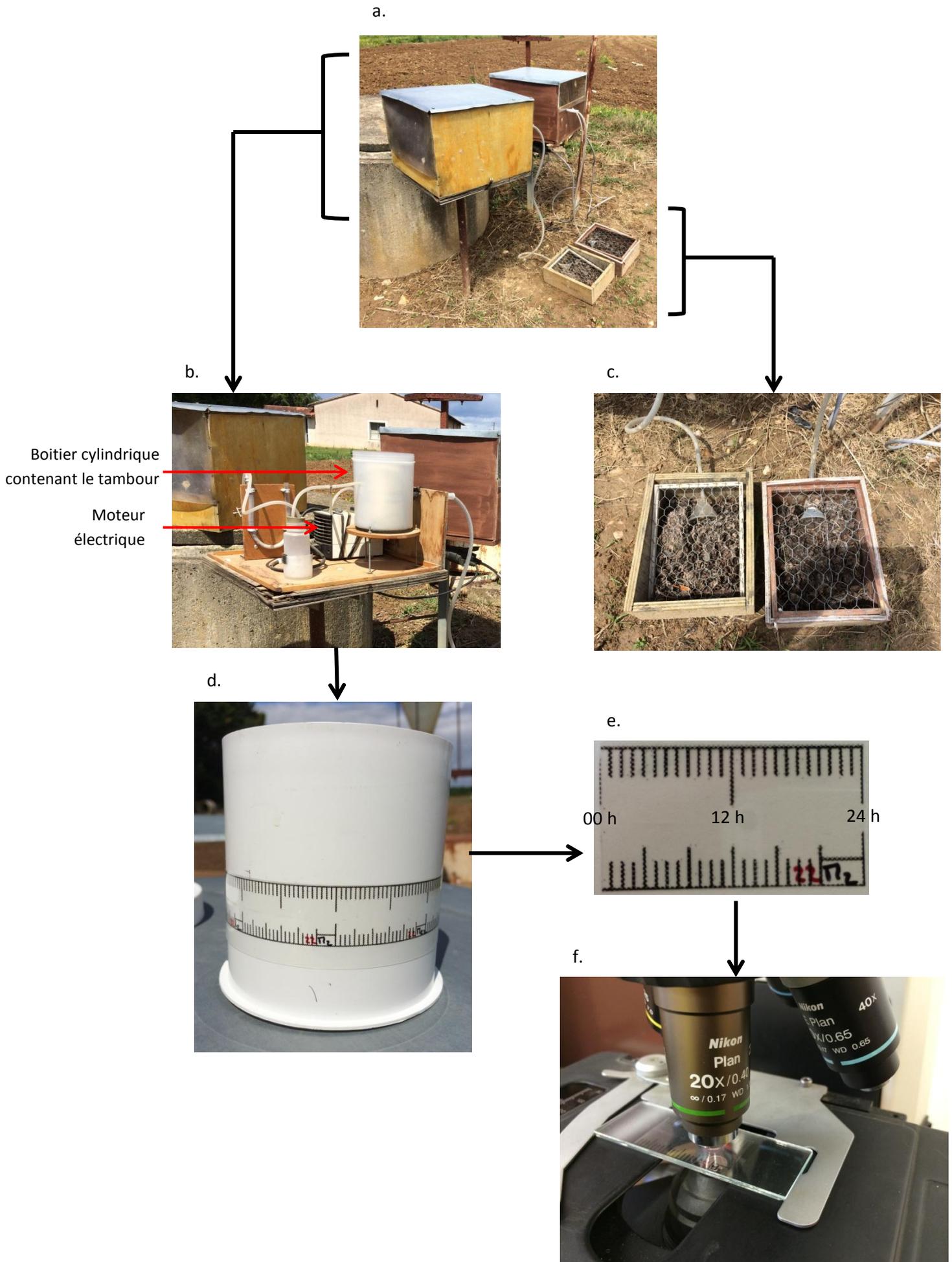


Figure 13 : Dispositif expérimental permettant le suivi biologique et le comptage des spores, avec : Les deux pièges Marchi (a.), contenant chacun un boîtier cylindrique renfermant un tambour ainsi qu'un moteur électrique (b.), et reliés aux deux caisses en bois dans lesquelles sont placés les lits de feuilles ; le tambour sur lequel est placé le film Rhodoïd (d.) qui va être découpé (e.) puis observé au microscope (f.).

3. Matériels et méthodes

3.1 Le suivi biologique

3.1.1 Le matériel végétal

Le suivi biologique se fait à partir d'un lit de **feuilles** présentant des symptômes de tavelure, prélevées sur arbre le 16 Octobre 2013 dans un verger de Galaxy (mutant du cultivar Gala). Ce verger était constitué d'arbres « témoins vrais » pour les saisons 2012 et 2013, c'est-à-dire qui n'avaient reçu aucun traitement durant cette période. Le prélèvement se fait avant Décembre, car les feuilles de pommier se décomposent rapidement. Les feuilles sont ensuite placées à l'extérieur par lot d'origines différentes dans un filet durant tout l'hiver, au sol et dans un endroit suffisamment dégagé. L'objectif de cette étape est d'obtenir un processus de maturation des périthèces du champignon proche de celui réalisé naturellement au verger (Giraud, 2009).

3.1.2 Le dispositif expérimental

Le suivi biologique est réalisé à l'aide de **deux pièges de type « Marchi »** permettant de capter les spores. Les deux pièges ont été construits par le CEFEL à partir d'un modèle de Bernard Longpré et de données du groupe de travail national tavelure. Ce piège présente l'avantage d'être moins coûteux que les autres pièges existants « Burkard » et « Mycotrap » et d'être simple d'utilisation. Il est constitué d'un moteur électrique aspirant l'air au-dessus des feuilles contaminées à l'aide d'un tube en plastique relié à un entonnoir. Les feuilles contaminées ont été assemblées sous forme d'un lit de feuilles situé à l'intérieur de caisses en bois de dimensions 30 × 20 cm. Ce lit de feuilles doit être peu épais (le nombre de feuilles empilées ne doit pas dépasser 4 ou 5 feuilles). Les feuilles sont disposées face supérieure vers le haut, car c'est sur cette dernière que les périthèces sont majoritairement présents. Elles sont également grillagées sur le dessus afin d'éviter la dispersion des feuilles par le vent, mais également en dessous afin de limiter les attaques de la macrofaune du sol tels que les limaces et les lombrics. Cette année, du cuivre a, en plus, été appliqué au sol afin de renforcer cette action. L'air aspiré ressort par un orifice débouchant sur un tambour sur lequel est fixé un film Rhodoïd qui correspond à une bande transparente, graduée sur une échelle de 7 jours, chacun divisé en 24 heures. Le tambour tourne à l'aide d'un mécanisme d'horlogerie à vitesse constante et dans le sens des aiguilles d'une montre. Ainsi, il effectue un tour complet en une semaine. Cette rotation est alimentée par une pile. Les particules transitant dans l'air, dont font partie les ascospores à la suite d'un événement pluvieux, sont alors aspirées et projetées sur le film Rhodoïd sur lesquelles elles se fixent. A noter que la face du film exposée aux projections est rugueuse, facilitant l'accroche des spores (Koké, 2012). Ce dispositif expérimental est présenté dans la **Figure 13 (a. b. c. et d.)**.

Les deux lits correspondant aux deux pièges « Marchi » ont été constitués le 17 Février 2014, qui correspond globalement à la période à partir de laquelle des projections d'ascospores peuvent éventuellement commencer à être observées.

3.1.3 L'observation et le comptage des spores

Chaque **film** est légendé avant d'être posé sur le tambour ; sont ainsi indiqués les jours de la semaine, le numéro de la semaine correspondant ainsi que le numéro du piège sur lequel est fixé le film.

A partir du 10 Mars 2014 (qui marque la date à laquelle la première spore libérée a été observée) et à la suite de chaque **épisode pluvieux** correspondant à une potentielle projection d'ascospores, le film est retiré du tambour et immédiatement remplacé par un nouveau, en prenant garde de bien positionner l'embout par lequel sort les spores en face de l'heure du changement, ce qui est possible grâce aux graduations horaires du film Rhodoïd (**Figure 13 e.**). Le film ainsi retiré est ensuite découpé afin de ne conserver que les jours de la semaine durant lesquels les projections ont potentiellement eu lieu. Les bandelettes obtenues sont placées entre deux lames minces et observées à l'aide d'un microscope optique à contraste de phases, au grossissement ×20 car il permet d'identifier correctement l'aspect bicellulaire des spores de *Venturia inaequalis* (**Figure 13**

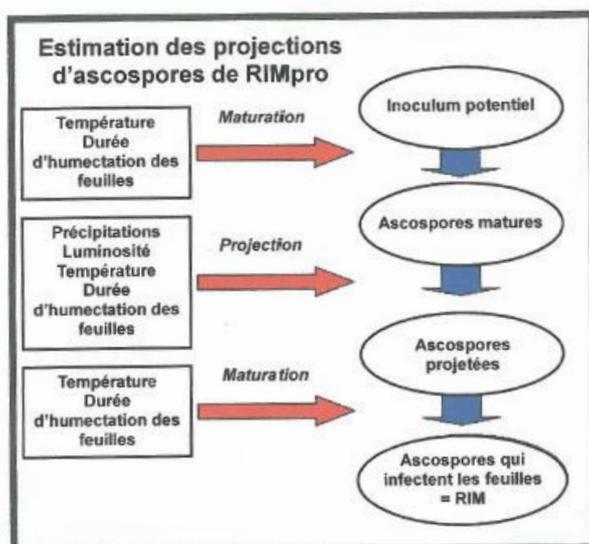


Figure 14 : Paramètres d'entrée et de sortie du modèle RIMpro pour l'estimation des risques de contamination primaire (Montebran, 2009 d'après Trapman, 2013)

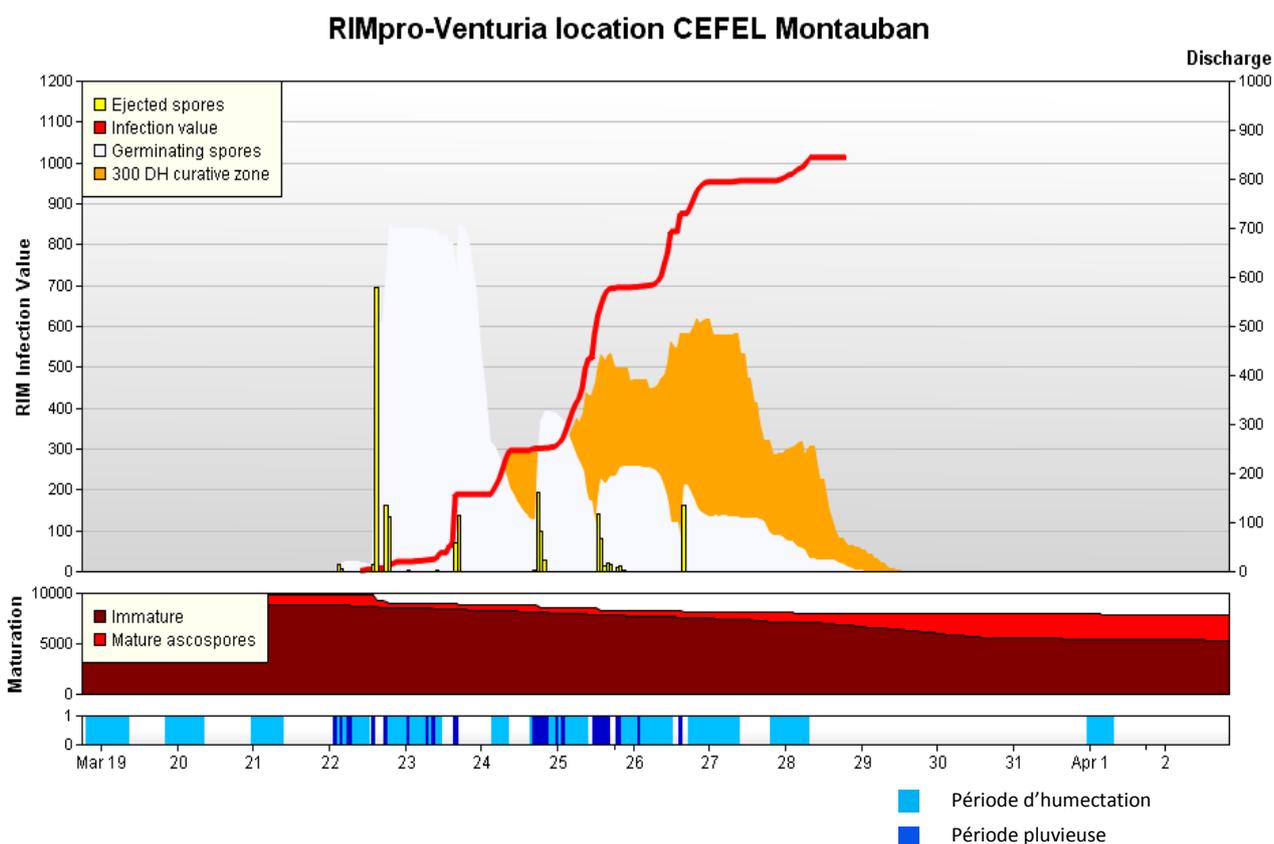


Figure 15 : Interface graphique du modèle RIMpro avec le nombre de spores éjectées par épisode de projection (en jaune), la valeur du RIM (en rouge), les spores en germination (en blanc) et la période de 300 degrés heure durant laquelle il est possible d'effectuer une intervention curative (en orange)

f.). La présence d'un quadrillage permet de **dénombrer les spores**, mais également de réaliser une estimation de leur nombre si ce dernier est très élevé. Ce nombre est ensuite enregistré dans un tableau récapitulatif toutes les projections ayant eu lieu dans la saison. Le pourcentage des ascospores projetées est calculé en fonction du total des projections de la saison, ce qui permet ainsi de déterminer quand ont eu lieu les pics de projection.

3.1.4 La modélisation du risque d'infection à l'aide du modèle RIMpro

La prévision des périodes à risque peut se faire à l'aide de **modèles**. On retrouve parmi eux le modèle RIMpro, utilisé comme référence au niveau européen pour la gestion de la tavelure en verger de pommier. Il exploite des données météorologiques horaires (température, humidité relative, niveau de précipitations et durée d'humectation) et va alors estimer, à partir des courbes de Mills adaptées aux différentes zones climatiques, les risques d'infection qui se manifestent par la projection des spores suivie éventuellement de la contamination des feuilles due à la germination des spores (**Figure 14**).

Pour cela, RIMpro utilise, d'une part, les données enregistrées sur une station météorologique automatique (CIMEL pour le CEFEL) constituée d'un pluviomètre, d'un anémomètre, de capteurs de température et d'humidité relative qui permettent d'avoir les données nécessaires : précipitations, durée d'humectation, humidité relative et températures. Ces dernières sont ensuite visualisées et exportées grâce au logiciel d'acquisition CimSta. Ceci permet d'indiquer un événement de contamination passé ou en cours, et de traiter en stop si nécessaire. RIMpro est relié, d'autre part, à un site norvégien (yr.no) qui lui fournit les données météo des jours à venir et lui permet donc de jouer son rôle de modèle de prévision, en positionnant les éventuels événements contaminants futurs. Ceci permet donc d'anticiper les positionnements de traitements préventifs.

RIMpro, créé par Marc Trapman en 1993, est en constante évolution, notamment grâce aux remarques que les différentes stations qui l'utilisent font remonter à son créateur. Ainsi, RIMpro prend en compte depuis 2005 l'effet de la lumière sur les projections d'ascospores, l'effet de la température et de l'humectation sur la proportion de spores projetées, le blocage de maturation des spores lors de périodes sèches, la dégradation des feuilles au sol, les paramètres agissant sur la survie des ascospores et des conidies pendant leur germination et enfin les nouvelles courbes d'infection par les ascospores (Giraud et Trapman, 2006) (**Figure 14**).

La simulation débute à partir d'une date appelée « biofix », qui doit correspondre à la date à laquelle la **première ascospore a été projetée** (Trapman, 2013). Cette année, le biofix correspond au 10 Mars. Le stock initial est fixé à une valeur théorique de 10 000 ascospores. La maturation est évaluée à partir d'une courbe indiquant le pourcentage d'ascospores matures en fonction du nombre de degrés-jours cumulés à partir de 0°C. Par défaut, le modèle établit que 50% des ascospores sont matures 250 degrés-jours après le « biofix » (Monteban, 2009). Le modèle va ensuite calculer quotidiennement le nombre de spores matures, le nombre de spores éventuellement projetées et le nombre de spores immatures (**Figures 14 et 15**).

L'infection est représentée par le RIM (Relative Infection Measure), qui est calculé en fonction des conditions climatiques citées précédemment. Le RIM correspond au nombre d'ascospores projetées qui sont susceptibles, une fois déposées sur la feuille, de germer et de pénétrer sous la cuticule, provoquant ainsi une infection indépendamment de l'humidité de la feuille. Lorsque la valeur du RIM est située entre 1 et 100, le risque d'infection est considéré comme **léger** ; entre 101 et 300, il est **moyen** ; au-delà de 300 le risque d'infection est **élevé** (Trapman, 2013).

3.2 Les essais efficacité produits

Afin d'élaborer les protocoles expérimentaux des essais efficacité relatifs à la tavelure du pommier, le CEFEL se base sur la méthode CEB n°14 révision 1999. Cette méthode a été établie par les membres de la commission des essais biologiques de l'association française de la protection des plantes (AFPP). Cette commission est composée de spécialistes du Ministère de l'Agriculture (INRA, SRAL), de l'Industrie des produits phytopharmaceutiques et des Organismes professionnels

de l'agriculture. L'AFPP indique qu'il est fortement conseillé d'appliquer cette méthode n°14 si l'étude entreprise est destinée à la constitution d'un dossier biologique d'homologation.

Cette méthode a pour objet l'étude de l'efficacité au champ de préparations fongicides destinées à lutter contre *Venturia pirina* Aderm. et *Venturia inaequalis* (Cke) Wint., responsables respectivement des tavelures de la poire et de la pomme (Commission des essais biologiques de l'Association Française de Protection des Plantes, 1999). Afin de concourir à l'évaluation complète de l'efficacité pratique d'un fongicide, trois types d'études peuvent être appliquées :

- L'étude de l'activité fongicide, qui correspond à l'étude de l'efficacité du produit à fongicide utilisé seul à travers un « essai efficacité » ;
- L'étude de la sensibilité de la culture, qui consiste à réaliser des essais spécifiques appelés « essais de sensibilité de la culture » en plus des essais d'efficacité à proprement parler, est réalisée lorsqu'un effet nocif a été observé dans ces derniers. Ces nouveaux essais peuvent également être l'occasion de vérifier que le produit n'induit pas de rugosité sur fruits ;
- L'étude de la valeur pratique de l'activité fongicide est réalisée dans les « essais de valeur pratique », qui prennent en compte les implications techniques de la préparation testée dans les conditions proches de ses futures applications agronomiques.

Les trois essais présentés dans cette étude correspondent à des **essais d'efficacité**.

3.2.1 Le matériel végétal

- *Essais 14 POM PFI 06 et 07*

Ces deux essais sont conduits sur la parcelle P4 du site du CEFEL de Capou à Montauban (*Annexe 2*), sur un sol limono sablo argileux et sur une surface de 968 m² pour chaque essai. La variété de pomme support de l'étude est **Smoothee 2832 T® CG 10 Yellow Delicious**, qui est un clone de la variété Golden. Les arbres, qui sont greffés sur le porte greffe NAKB, proviennent de pépinières. Le verger a été implanté en 1996 : il est donc en 19^{ème} feuille. Les arbres y sont conduits en axe et l'irrigation se fait par goutte à goutte. Enfin, les distances de plantation sont de 4 m × 1,1 m, ce qui correspond à une densité de 2273 arbres par hectare.

- *Essai 14 POM PFI 08*

Cet essai est conduit sur la parcelle P18 du site du CEFEL de Capou à Montauban (*Annexe 2*), sur un sol limono sablo-argileux et sur une surface de 532 m². La variété de pomme support de l'étude est **Challenger® Dalivair**, qui est un clone de la variété Granny. Les arbres sont greffés sur le porte greffe Pajam® 1 Lancep et proviennent de pépinières. Le verger a été implanté en 2010 : il est donc en 5^{ème} feuille. Les arbres y sont conduits en axe et l'irrigation se fait par micro-aspersion sous-frondaison. Enfin, les distances de plantation sont de 4 m × 0,95 m, ce qui correspond à une densité de 2692 arbres par hectare.

En dehors de la période d'essai, les parcelles sont protégées classiquement contre les ravageurs et les maladies. En ce qui concerne la tavelure, les parcelles élémentaires sont protégées avec un même programme chimique jusqu'aux dates de début des différents essais, mais également après la fin de ces essais. Cette gestion permet de démarrer ces derniers sur des parcelles ayant un passé identique sur le plan des traitements qui leur ont été appliqués ; après la fin de l'expérimentation, elle permet également de contrôler le développement de la maladie sur les témoins et les parcelles qui ont été traitées par des modalités qui se sont révélées peu efficaces. A noter également que les feuilles tombées au sol ont été broyées sur les parcelles P4 et P18 en Décembre 2013.

3.2.2 Le matériel de traitement

Les traitements sont réalisés avec un **pulvérisateur à dos** de marque Stihl®, qui est un matériel adapté au traitement de petites surfaces. Le volume de bouillie est de 1000 L/ha.

Tableau 6 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 06

Modalité	Produit	Substance active	Sous-famille (Groupe)	Dose /hL	Dose / Parcelle élémentaire (22 m²)		Stade / Cadence
					Produit	Eau	
M1	Témoin non traité	-	-	-	-	-	Témoin non-traité durant l'essai
M2	Syllit	Dodine	Guanidines	0,169 L	3,72 mL	2,2 L	Positionnement durant 4 à 6 semaines tous les 7 jours à partir du stade C-C3 et avant la floraison
M3	Chorus	Cyprodinyl	Anilinopyrimidines	0,045 kg	0,99 g	2,2 L	
M4	Score	Difénoconazole	Triazoles (IBS)	0,015 L	0,33 mL	2,2 L	
M5	Produit B	Fluopyram + Tébuconazole	SDHI + Triazoles (IBS)	0,075 L	1,65 mL	2,2 L	
M6	Produit D	Penthiopyrad	SDHI	0,075 L	1,65 mL	2,2 L	
M7	Produit S	Isopyrazam + Difénoconazole	SDHI + Triazoles (IBS)	0,1 L	2,2 mL	2,2 L	
M8	Dithane Néotec (Référence)	Mancozèbe	Dithiocarbamates	0,2 kg	4,4 g	2,2 L	
M9	Dithane Néotec + Chorus	Mancozèbe + Cyprodinyl	Dithiocarbamates + Anilinopyrimidines	0,2 kg + 0,045 kg	0,2 kg + 0,045 kg	2,2 L	
M10	Produit D + Dithane Néotec	Penthiopyrad + Mancozèbe	SDHI + Dithiocarbamates	0,075 L + 0,2 kg	0,075 L + 0,2 kg	2,2 L	
M11	Score + Dithane Néotec	Difénoconazole + Mancozèbe	Triazoles (IBS) + Dithiocarbamates	0,015 L + 0,2 kg	0,018 L + 0,2 kg	2,2 L	

3.2.3 Les dispositifs expérimentaux et modalités comparées

3.2.3.1 Les dispositifs expérimentaux

Chacun des trois essais est organisé en blocs. **4 blocs** sont attribués à chaque répétition, qui compte 10, 12 et 7 modalités pour les essais 14 POM PFI 06, 07 et 08 respectivement. Une parcelle élémentaires sur laquelle est appliquée une modalité est constituée de 5 arbres, pour une surface de 22 m² pour les essais POM PFI 06 et 07, et de 19 m² pour l'essai POM PFI 08. Les plans des essais sont présentés en *Annexe 3*. Ces derniers ont été conçus à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique **StatBox**, de façon à ce que les modalités soient disposées de façon complètement aléatoire sur les blocs.

3.2.3.2 Les modalités comparées

• *Essai 14 POM PFI 06*

Ce premier essai vise à tester l'efficacité de **dix modalités**.

- La modalité M1 correspond à un témoin non-traité (TNT) durant la période de l'essai. Le rôle du témoin non traité durant l'essai est de connaître l'évolution de la pression de la maladie ;
- Le Syllit (M2) est un produit qui montre une efficacité très satisfaisante dans la lutte contre la tavelure ;
- Les produits B, D et S (M5, M6, M7) sont des produits des sociétés Bayer, DuPont et Syngenta respectivement, qui contiennent des substances actives de la famille des **SDHI** dans leur composition et qui ne sont pas encore homologués en France sur pomme. Ceci explique le fait qu'ils ne possèdent pas encore de noms commerciaux dans ces essais. La modalité M7 a cependant été retirée de l'essai, Syngenta ayant finalement décidé de ne pas commercialiser ce produit en France. A noter que les fruits issus des arbres traités avec des modalités contenant des SDHI seront détruits, ces produits n'étant pas homologués contre la tavelure dans notre pays.
- Le mancozèbe, contenu dans la Dithane Néotec (modalité M8), est le produit utilisé comme référence CEB ;
- La modalité M9 associe le Chorus au Dithane Néotec, afin de voir l'intérêt d'apporter du mancozèbe au cyprodynil, qui est suspecté de perte d'efficacité. Le cyprodynil est par ailleurs testé seul (M3) ;
- L'efficacité du Produit D, qui est le seul SDHI à ne pas être associé à un produit multi-site dans sa formulation, est testée lorsqu'il est associé au Dithane Néotec (M10) ;
- La modalité M11 associe le Dithane Néotec au Score (par ailleurs testé seul dans la modalité M4) qui est suspecté de dérive d'efficacité de par l'appartenance de sa substance active (le difénoconazole) à la famille des IBS.

Les modalités et les doses appliquées sont récapitulées dans le **Tableau 6**.

• *Essai 14 POM PFI 07*

Cet essai vise à comparer l'efficacité de **douze modalités**.

- Le témoin non-traité est représenté par la modalité T1 ;
- Le produit de référence correspond au Merpan 80 WG (modalité T2) avec le captane comme substance active ;
- Le Brocélian (T3) est un produit qui associe dans sa formulation un strobilurine (testée seule par ailleurs dans la modalité T10) à du captane. Ceci a pour but de vérifier l'intérêt de cette formulation face au problème connu de résistance aux strobilurines ;
- L'efficacité des produits B et D (T5 et T6) est ici encore testée, afin d'évaluer leur « comportement » sur la période post-floraison et sur jeunes fruits ;
- Le Syllit (T7) est également testé en post-floraison ;
- Comme en pré-floraison, le Produit D est testé en association avec un produit multi-site (le captane) ;

Tableau 7 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 07

Modalité	Produit	Substance active	Sous-famille (Groupe)	Dose /hL	Dose / Parcelle élémentaire (22 m ²)		Stade / Cadence
					Produit	Eau	
T1	Témoin non traité	-	-	-	-	-	Non-traité durant l'essai
T2	Merpan 80 WG (Référence)	Captane	Phtalimides	0,19 kg	4,18 g	2,2 L	Positionnement durant 4 à 6 semaines tous les 7 jours à partir de la floraison (stade F2 – G)
T3	Brocélian	Trifloxystrobine + Captane	Strobilurines + Phtalimides	0,187 kg	4,11 g	2,2 L	
T4	Score	Difénoconazole	Triazoles (IBS)	0,015 L	0,33 mL	2,2 L	
T5	Produit B	Fluopyram + Tébuconazole	SDHI + Triazoles (IBS)	0,075 L	1,65 mL	2,2 L	
T6	Produit D	Penthiopyrad	SDHI	0,075L	1,65 mL	2,2 L	
T7	Syllit	Dodine	Guanidines	0,169 L	3,72 mL	2,2 L	
T8	Produit D + Merpan 80 WG	Penthiopyrad + Captane	SDHI + Phtalimides	0,075L + 0,19 kg	1,65 mL + 4,18 g	2,2 L	
T9	Delan WG	Dithianon	Quinones	0,05 kg	1,1 g	2,2 L	
T10	Flint	Trifloxystrobine	Strobilurines	0,150 kg	3,3 g	2,2 L	
T11	Score + Merpan 80 WG	Difénoconazole + Captane	Triazoles (IBS) + Phtalimides	0,015 L + 0,19 kg	0,33 mL + 4,18 g	2,2 L	
T12	Merpan 80 WG + TM 1301	Captane	Phtalimides	0,19 kg + 0,2%	4,18 g + 4,4 mL	2,2 L	

Tableau 8 : Modalités et doses appliquées dans le cadre de l'essai 14 POM PFI 08

Modalité	Produit	Substance active	Sous-famille (Groupe)	Dose /ha	Dose / Parcelle élémentaire (19 m ²)		Stade / Cadence
					Produit	Eau	
T1	Témoin non traité	-	-	-	-	-	Non-traité durant l'essai
T2	Sigma DG (Référence)	Captane	Phtalimides	1,8 kg	3,42 g	1,9 L	6 interventions tous les 7 jours à partir du stade E
T3	Vacciplant	Laminarine	Oligosaccharides	1 L	1,9 mL	1,9 L	
T4	Trilog	Soufre micronisé	-	7,5 kg	14,25 g	1,9 L	
T5	Bouillie Bordelaise RSR	Cuivre de sulfate	-	0,8 kg	1,52 g	1,9 L	
T6	Bouillie Bordelaise RSR + Trilog	Cuivre de sulfate + Soufre micronisé	-	0,8 kg + 5 kg	1,52 g + 9,5 g	1,9 L	
T7	Trilog	Soufre micronisé	-	5 kg	9,5 g	1,9 L	

- Le Delan WG (T9) est une référence couramment utilisée au niveau régional ;
- La modalité T11 a pour but de tester l'efficacité de l'association entre un uni-site suspecté de dérive d'efficacité et un produit multi-site de référence : le captane ;
- La modalité T12 permet de tester l'intérêt de l'ajout d'un adjuvant au Merpan 80 WG, le TM 1301, censé augmenter son efficacité en améliorant sa tenue sur les feuilles et donc en limitant son lessivage.

Les modalités et les doses appliquées sont récapitulées dans le **Tableau 7**.

- **Essai 14 POM PFI 08**

Ce dernier essai de l'étude vise à comparer l'efficacité de **sept modalités**.

- Le témoin non-traité est représenté par la modalité T1 ;
- Le produit de référence est représenté par le Sigma DG (modalité T2) ;
- La préparation Vacciplant (T3) est évaluée sur la période des contaminations primaires. Ceci a pour but de connaître son efficacité sur cette période, car elle n'est pour l'instant homologuée que sur la période de contaminations secondaires et pour de faibles pressions tavelure (Goëmar, 2013) ;
- Le Trilog est testé à deux doses différentes : 5 kg (T7) et 7,5 kg (T4) afin de mettre en évidence un éventuel effet dose ;
- La Bouillie bordelaise est testée seule (T5) et en association avec le Trilog (5 kg) afin de mettre en évidence une éventuelle synergie entre ces deux produits.

Les modalités et les doses appliquées sont récapitulées dans le **Tableau 8**.

A noter que la validité des essais repose sur la pression en tavelure du TNT, qui doit être élevée.

3.2.3.3 Les époques et les cadences de traitements

Six traitements sont effectués au total pour chacun des essais. La première application se fait en fonction des premiers risques de contamination. Les applications suivantes se font à une cadence de 7 jours. Un décalage d'un ou plusieurs jours peut être cependant nécessaire par rapport aux dates prévues, notamment à cause de conditions météorologiques défavorables à l'application (vent, pluie).

Ainsi, les traitements ont été effectués aux dates suivantes :

- 14 POM PFI 06 : 21/03 ; 28/03 ; 04/04 ; 11/04 ; 18/04 ; 25/04
- 14 POM PFI 07 : 16/04 ; 23/04 ; 30/04 ; 07/05 ; 14/05 ; 22/05
- 14 POM PFI 08 : 24/03 ; 31/03 ; 07/04 ; 14/04 ; 22/04 ; 29/04

3.2.3.4 Les mesures et les notations

Elles consistent à observer et relever au champ les **dégâts dus à la tavelure** sur feuilles tout d'abord, puis sur fruits. L'apparition éventuelle de phytotoxicité est surveillée pour chaque modalité, ainsi que la rugosité lors de la notation sur fruits.

Les notations réalisées sur pousses commencent début Mai, sachant que les premières tâches de tavelure apparaissent à partir de 180 degrés-jour en base zéro (c'est-à-dire environ 3 semaines) après les premières projections de spores déterminées par le suivi biologique. Cette période correspond à la période d'incubation nécessaire à l'apparition des tâches de tavelure. Les notations suivantes se font aux alentours de la mi-mai, puis à la fin des contaminations primaires. Les notations consistent à évaluer la présence de tavelure sur 100 pousses par microparcelle (ce qui correspond globalement à 20 pousses par arbre) à hauteur d'homme et en prenant soin d'éviter de comptabiliser les pousses se situant aux extrémités des microparcelles. En effet, ces dernières constituent des lieux où les traitements des différentes modalités se croisent. Une pousse est considérée comme étant infectée lorsqu'une ou plusieurs des feuilles qui la constituent présentent des symptômes de tavelure. Un **niveau d'attaque sur pousses**, exprimé en pourcentage, est alors déterminé pour chaque modalité.

Les notations sur pousses ont été réalisées aux dates suivantes :

- 14 POM PFI 06 : 06/05/2014 ; 02/06/2014 ; 09/07/2014
- 14 POM PFI 07 : 12/05/2014 ; 02/06/2014 ; 17/06/2014
- 14 POM PFI 08 : 14/05/2014 ; 03/06/2014 ; 01/07/2014

Une notation sur fruits développés est réalisée environ un mois après la fin des traitements, à la fin des contaminations primaires. Cette notation sur fruits développés est réalisée, si le nombre total de fruits le permet, sur 200 fruits par modalité, soit globalement 25 par microparcelle et 5 par arbre. Une note est alors attribuée à chaque fruit : 0 lorsque le fruit est indemne de tavelure, 1 lorsqu'il présente de 1 à 3 tâches et 2 lorsqu'ils présentent plus de 3 tâches. Le rassemblement des fruits obtenant les notes 1 et 2 permet d'obtenir un **nombre de fruits tavelés** pour chaque modalité. Ce rassemblement s'explique par le fait que dans le commerce, tout fruit tavelé est écarté, et ceci indépendamment du nombre de tâches qu'il présente. Les résultats obtenus sont ensuite transformés en pourcentages.

Les notations sur fruits ont été réalisées aux dates suivantes :

- 14 POM PFI 06 : 27/06/2014
- 14 POM PFI 07 : 27/06/2014
- 14 POM PFI 08 : 01/07/2014

Des observations complémentaires sont également faites. Les conditions d'emploi de chaque préparation sont enregistrées : concentrations, volume de bouillie apporté par hectare, date, stades de la culture. L'interprétation des résultats est facilitée par l'enregistrement des conditions climatiques de l'essai durant les traitements à l'aide de la station météorologique du CEFEL :

- Température (°C)
- Hygrométrie (%)
- Vent : Nul ou Léger
- Couverture nuageuse : Nulle, Faible, Moyenne, Importante
- Etat du feuillage lors de l'application : Sec, Légèrement humide

Les stades repères de la végétation selon Fleckinger ou le code BBCH (qui est une autre échelle utilisée dans l'expérimentation pour déterminer les stades phénologiques du pommier) (*Annexe I*) sont également relevés.

En parallèle, l'apparition de nouvelles pousses, plus sensibles à la tavelure, a été surveillée et relevée chaque semaine de début Avril à fin Juin sur Smoothee 2832 T® CG 10 Yellow Delicious.

3.2.3.5 Le calcul de l'efficacité des produits testés

Afin de pouvoir comparer les modalités entre elles, un calcul de l'**efficacité** de ces dernières par rapport au TNT est effectué à l'aide de la formule :

Efficacité de la modalité par rapport au TNT

$$= \frac{\text{Pousses ou fruits attaqués du TNT (\%)} - \text{Pousses ou fruits attaqués de la modalité (\%)}}{\text{Pousses ou fruits attaqués du TNT (\%)}} \times 100$$

3.2.3.6 L'analyse statistique des variables et l'interprétation des résultats

Les variables à interpréter sont dans le cas présent le pourcentage de pousses attaquées et le pourcentage de fruits attaqués par modalité. Ces variables, qui résultent de notations au champ, sont soumises à une analyse statistique, réalisée à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique StatBox, couramment utilisé par le CEFEL. Cette analyse statistique consiste en la réalisation d'une analyse de variance (Anova) à un facteur, afin d'évaluer s'il existe des différences significatives entre les différents traitements des trois essais présentés.

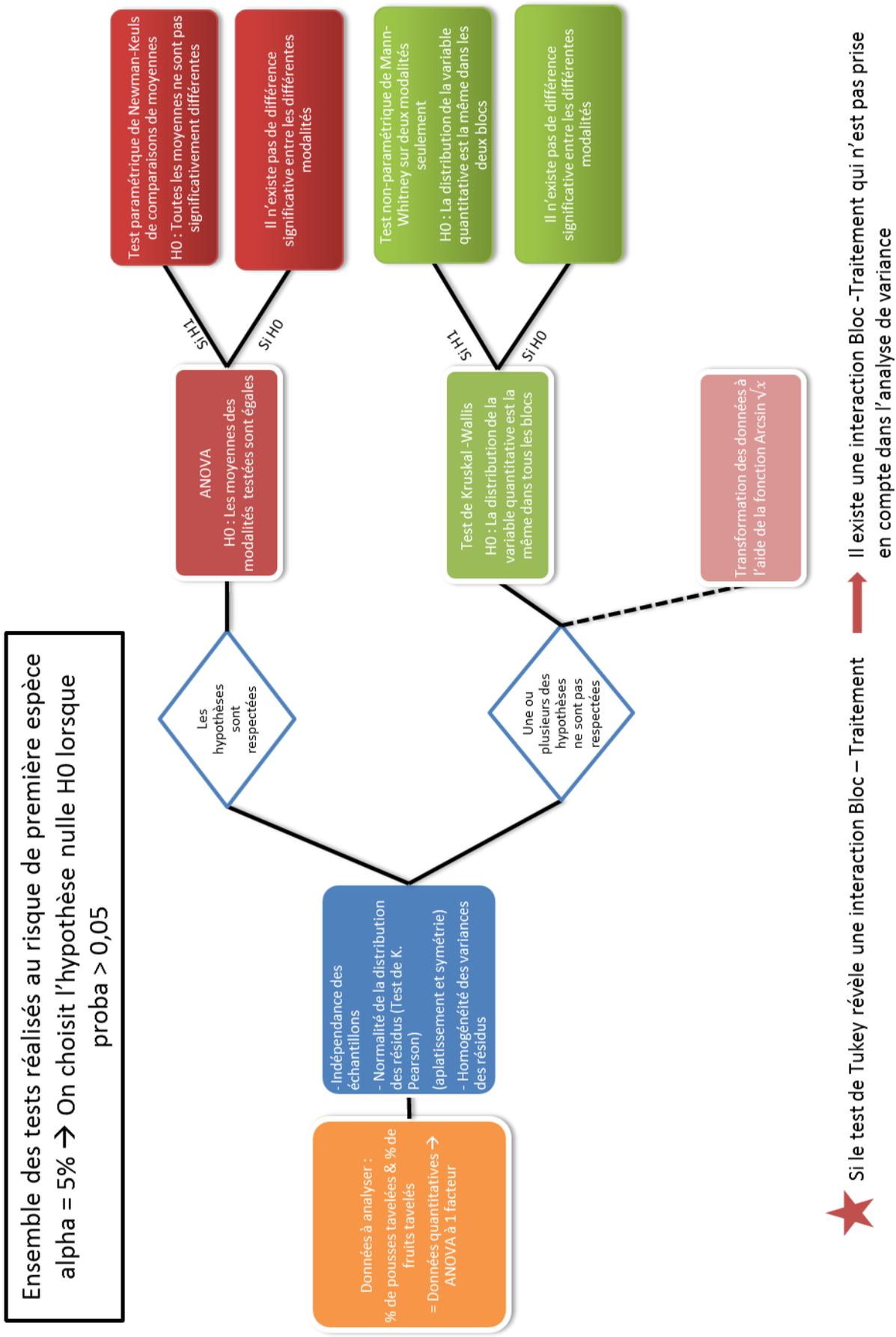


Figure 16 : Récapitulatif de la méthode suivie lors de la réalisation des tests statistiques et de leur analyse

Les variables à expliquer sont les **pourcentages de pousses et de fruits tavelés**, le facteur explicatif est le **traitement**. Il définit 10, 12 et 7 niveaux respectivement pour les essais 14 POM PFI 06, 07 et 08. Le dispositif est équilibré.

La validité de l'Anova, qui est un **test paramétrique**, repose sur 3 hypothèses : l'indépendance des échantillons, la normalité des résidus (Coefficient de K. Pearson) et l'homogénéité des variances des résidus. Si ces trois hypothèses sont vérifiées, alors l'Anova peut être réalisée. Si cette dernière met en évidence un effet significatif du facteur traitement sur le pourcentage de pousses ou de fruits tavelé(e)s, alors un test de comparaison de moyennes (test de Newman-Keuls) peut être effectué. Il permet de comparer les modalités deux à deux et ainsi de constituer des groupes homogènes de traitements au sein desquels ces derniers ne sont pas significativement différents les uns des autres. Les traitements appartenant alors au même groupe sont considérés comme non significativement différents au risque de première espèce de 5%.

Si une ou plusieurs des trois hypothèses ne sont pas vérifiées, il est possible de transformer les données à l'aide de la fonction $\text{Arcsin } \sqrt{x}$, avec x correspondant au pourcentage de pousses/ de fruits tavelé(e)s obtenu pour chaque modalité, en exprimant le pourcentage sous sa forme décimale (exemple : 0,50 pour 50%). L'utilisation de cette transformation a pour but de normaliser la distribution des résidus, et donc souvent de rendre leurs variances homogènes ; cela peut donc dans certains cas permettre de réaliser une Anova sur les données transformées (Borcard, *sd*).

Cependant, la transformation ne permet pas systématiquement de rendre les données utilisables pour la réalisation de l'Anova. Le cas échéant, des **tests non-paramétriques** doivent être effectués. A la différence des tests paramétriques, le calcul ne porte alors pas sur les valeurs numériques des mesures issues des échantillons, mais sur le rang qui leur est attribué suite au classement des valeurs par ordre croissant. Ainsi, les conditions de normalité de distribution et d'homogénéité des variances indispensables à la fiabilité des tests paramétrique deviennent inutiles (Bertrand et Maumy, 2011). Dans cette étude, il a été choisi d'utiliser uniquement les tests non-paramétriques lorsque les conditions nécessaires à l'Anova n'étaient pas remplies. Un exemple de transformation est cependant présenté en **Annexe 5**.

Le premier test non-paramétrique réalisé est celui de **Kruskal-Wallis**, qui permet de mettre en évidence s'il existe des différences significatives entre les modalités, au risque de première espèce de 5% (sans pour autant indiquer où ces différences se trouvent). La statistique de ce test est appelée « H ». Afin de les pointer, un autre test non-paramétrique doit être réalisé ; il s'agit du test de **Mann-Whitney**, qui permet de comparer deux modalités seulement. La statistique de ce test est appelée « U ». Ce test est répété sur l'ensemble des combinaisons de modalités possibles, et ceci en évitant les redondances ; Si les traitements ne sont pas significativement différents, un chiffre commun leur est attribué. Ainsi, ces comparaisons deux à deux permettent d'établir une classification des traitements et de reconstituer des groupes homogènes, toujours au risque de première espèce de 5% (exemple en **Annexe 5**). Ces tests non-paramétriques, s'ils sont moins puissants que l'Anova, permettent tout de même de tirer des conclusions sur les essais étudiés. Le cheminement suivi pour réaliser les analyses statistiques est récapitulé dans la **Figure 16**.

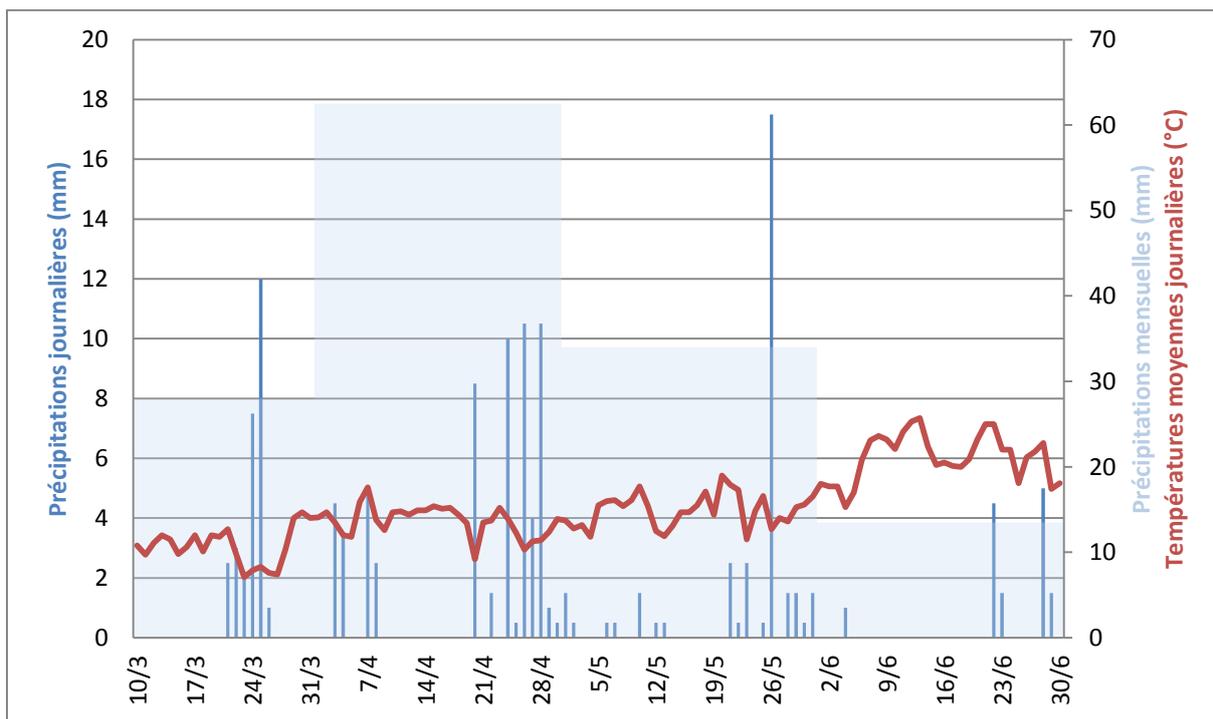


Figure 17 : Conditions de précipitations (mm) et de températures (°C) lors de la période des contaminations primaires (10/03 – 30/06)

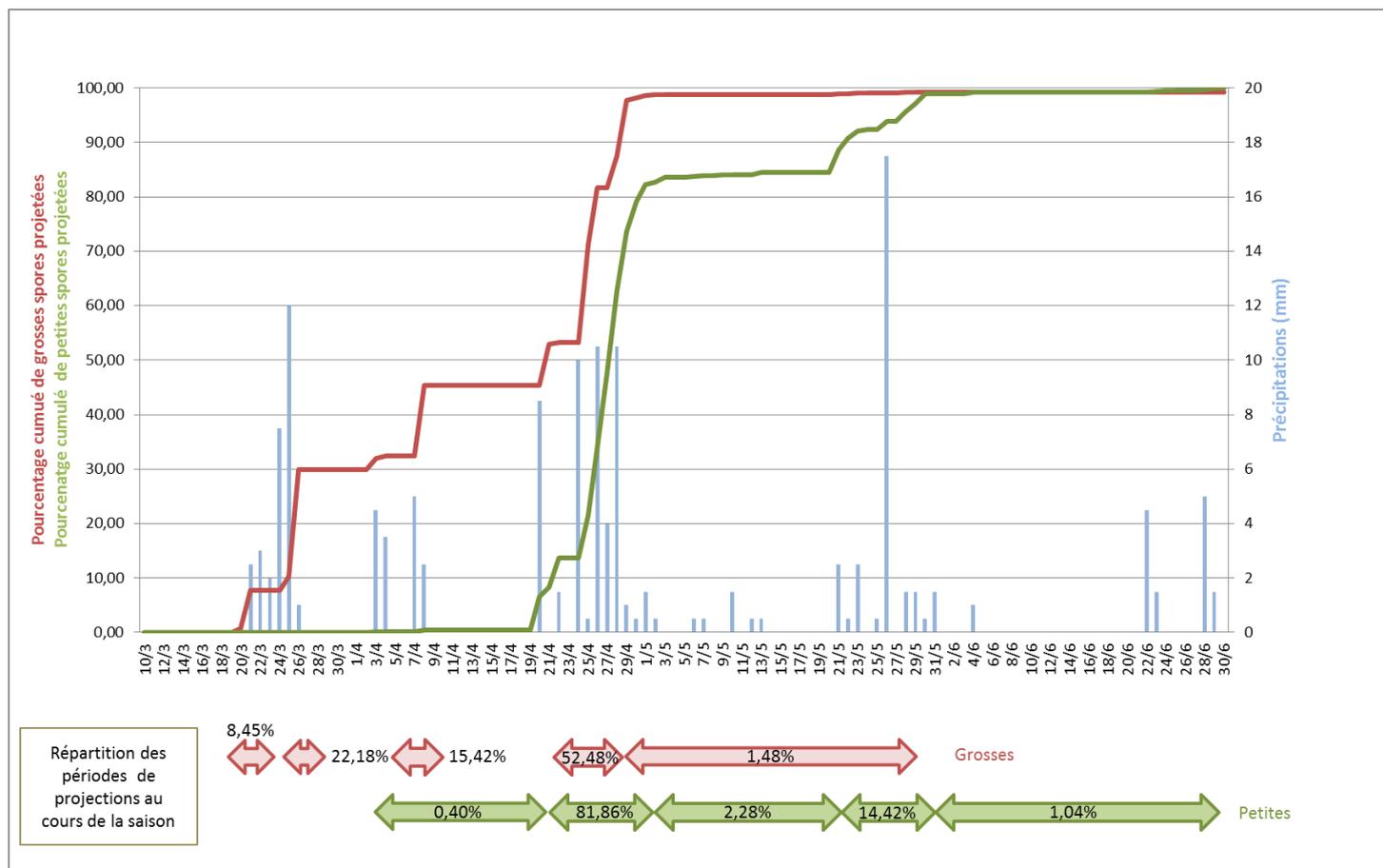


Figure 18 : Dynamique de projection des « grosses » spores (de *Venturia inaequalis*) et des « petites » spores (d'un champignon appartenant supposément au genre *Venturia*) (% cumulés), en fonction des précipitations (mm)

4. Résultats

4.1 Suivi biologique de *Venturia inaequalis* et modélisation

4.1.1 Les conditions climatiques lors de la période des contaminations primaires

Bien qu'elles ne constituent pas un résultat à proprement parler, les conditions climatiques durant la période de contaminations primaires de la tavelure sont présentées en **Figure 17**. Le « biofix », qui correspond à la date à laquelle la première ascospore projetée a été observée, correspond au 10 Mars pour cette année 2014. A partir de cette date qui marque le début des contaminations primaires, c'est **la fréquence et la durée des événements pluvieux** qui conditionnent le cycle biologique de *Venturia inaequalis* (Cf. *Partie I*).

Les données concernant les précipitations mensuelles révèlent que le mois d'Avril a été le plus pluvieux, avec 62,5 mm de pluies cumulées. Il est suivi du mois de Mai (34 mm), puis du mois de Mars (28 mm) et enfin du mois de Juin (13,5 mm). Les épisodes pluvieux se répartissent cette année tout au long de la période des contaminations primaires, avec néanmoins des périodes sans eau : du 10/03 au 21/03, du 27/03 au 04/04, du 09/04 au 19/04, du 14/05 au 20/05 et du 05/06 au 21/06. Concernant les températures, elles sont plutôt élevées au mois de Mars puisqu'elles sont de 10,1°C en moyenne, alors que les normales de ce mois sont de 4,5°C (Météo France, *sd*) Elles poursuivent leur ascension par la suite, avec 13,7°C de moyenne au mois d'Avril (contre des normales de 6,9°C pour ce mois).

Le suivi biologique réalisé à l'aide des observations de spores capturées par le piège Marchi permet de confirmer le lien unissant les épisodes pluvieux et les libérations d'ascospores de *Venturia inaequalis* (**Figure 18**). A noter que les résultats présentés sont ceux obtenus à l'aide du piège n°1 ; le piège n°2 ayant eu quelques problèmes de fonctionnement au cours de la saison, il a donc été écarté pour cet essai.

4.1.2 La dynamique de projection des ascospores de *Venturia inaequalis* selon le suivi biologique réalisé à l'aide du piège Marchi

La période des contaminations de cette année 2014 a été marquée par l'observation d'un phénomène inédit : **deux catégories** de spores dont la morphologie correspond à celles de *Venturia inaequalis* ont pu être distinguées. Le critère de distinction de ces deux catégories est la taille. Les plus grosses (environ 15 µm) correspondent aux spores couramment observées lors des épisodes de projections des années précédentes ; les plus petites peuvent, quant à elles, présenter des dimensions deux fois inférieures aux autres (environ 7 µm). Afin de déterminer si ces petites spores correspondent bien au genre *Venturia* et plus précisément à l'espèce *Venturia inaequalis*, des tests ADN (méthode PCR) doivent être réalisés. Dans l'attente de leurs résultats, il a été décidé de compter séparément les spores de ces deux « catégories ». Ainsi, les dynamiques de projection de ces dernières sont d'abord représentées séparément dans la **Figure 18**.

Grosses spores :

Les spores de taille supérieure (et dont l'appartenance à *Venturia inaequalis* ne fait pas de doute) ont été projetées dans des proportions largement inférieures à celles des petites spores puisque seulement 947 ont été dénombrées lors de la période des contaminations primaires. Les périodes de projection liées à ces spores commencent le 20/03 et se terminent le 29/05. La dynamique de projection est marquée par la libération de 22,18% et 15,42% des spores les 25 et 26/03 et du 03/04 au 08/04. Le maximum des projections est concentré sur la dernière semaine d'Avril, avec la libération de 52,48% du total des spores. Enfin, c'est 1,48% des spores qui est projeté jusqu'au 28/05, date à partir de laquelle ces grosses spores ne sont plus observées.

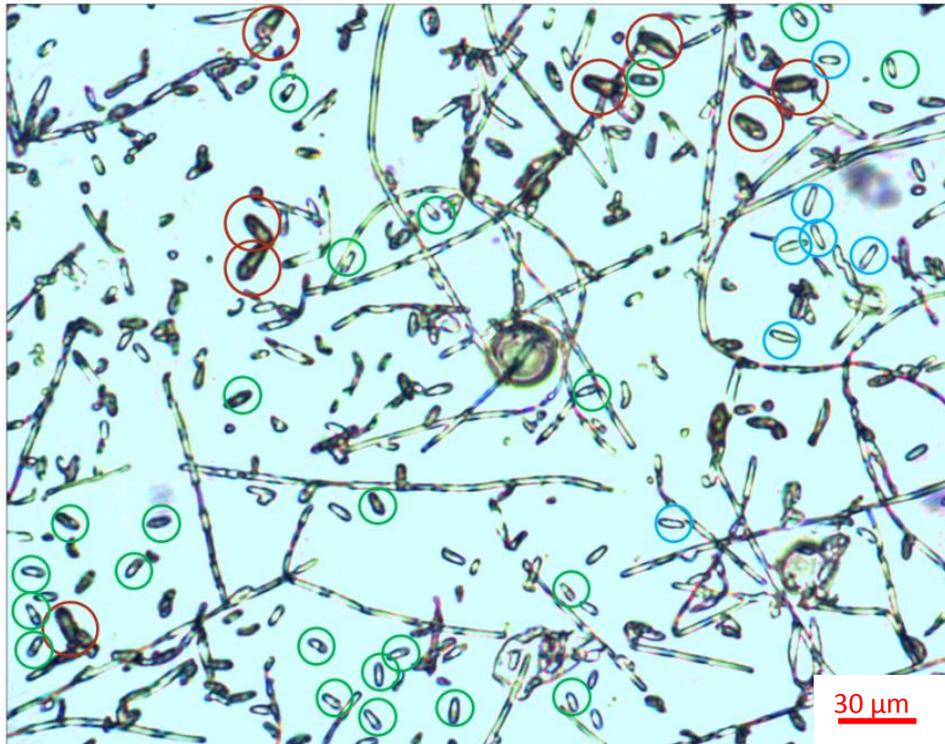


Figure 19 : Observation de grosses spores (*Venturia inaequalis*, en rouge), de petites spores (non clairement identifiées et supposément du genre *Venturia*, en vert) et d'autres spores (en bleu) au microscope optique

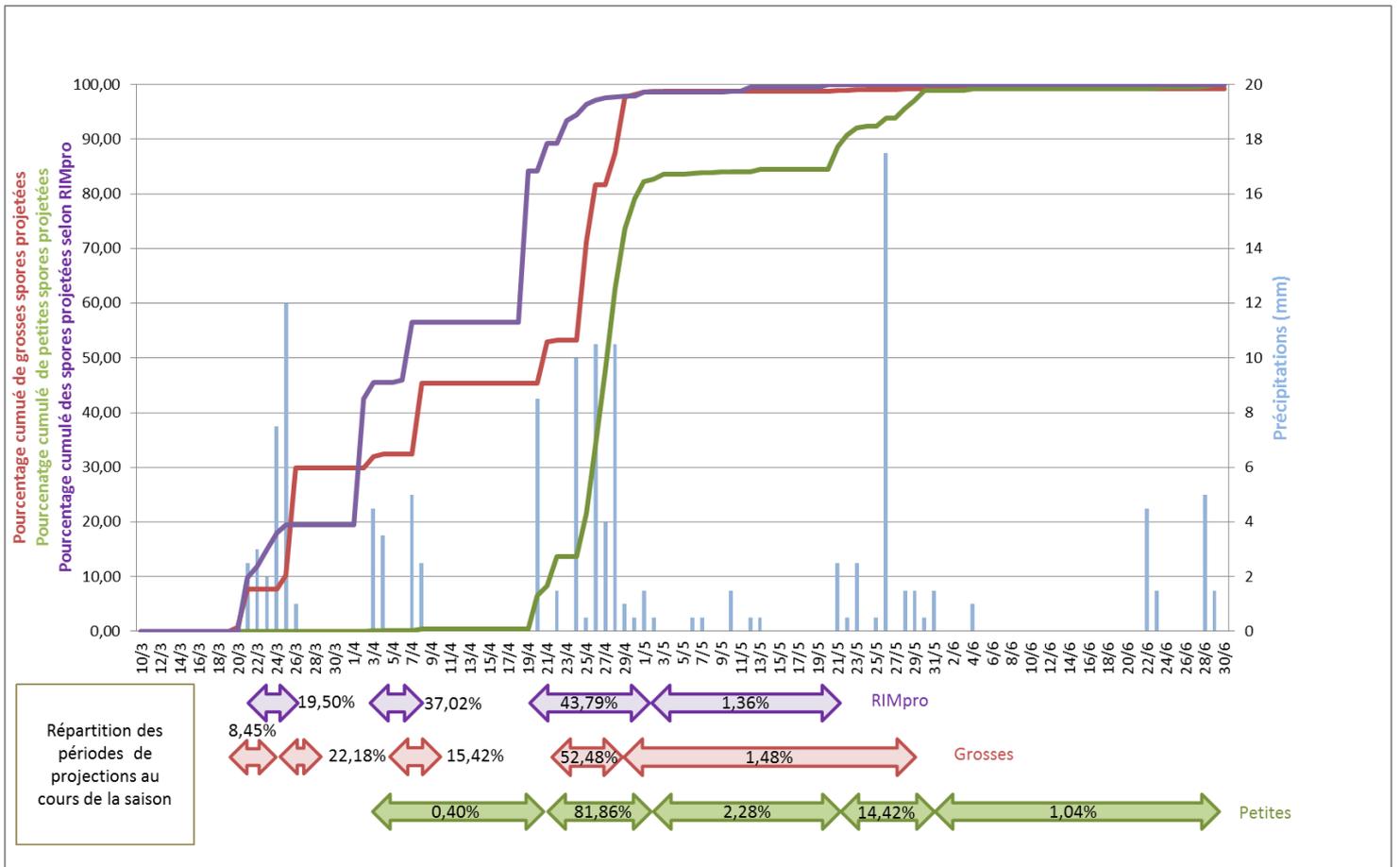


Figure 20 : Mise en parallèle des dynamiques de projection des spores selon le logiciel RIMpro (en violet) et selon le suivi biologique (en vert et en rouge)

Petites spores :

161 194 spores de ce type ont été décomptées durant la saison 2014. Les projections de ces spores restent faibles jusqu'au 19/04 malgré les 12 jours de pluie qui s'échelonnent à partir du 21/03 : elles ne représentent que 0,40% du nombre total d'ascospores éjectées à la fin de la période des contaminations primaires. Durant la période allant du 20/04 au 01/05, chaque période de pluie est suivi d'une projection importante d'ascospores. Ainsi, ce sont près de 82% des spores de la saison qui sont éjectées durant cette période qui totalise 9 jours de pluie sur 10 jours consécutifs, pour un total de 48,5 mm de précipitations. Un autre épisode de projections important se situe entre le 21/05 et le 30/05, durant lequel environ à 14% des spores sont projetées. A la suite de cet épisode pluvieux, le stock d'ascospores de l'année semble s'être fortement réduit puisque les projections suivantes ne représentent au total que 1,04% du total des projections.

Les deux types de spores sont visibles sur la **Figure 19**.

4.1.3 La comparaison des dynamiques de projections d'ascospores selon le suivi biologique et selon le modèle RIMpro

Le modèle RIMpro indique un début des projections au même moment (à un jour près) que celles des grosses spores selon le piégeage à l'aide du piège Marchi. (**Figure 20**). En effet, 19,50% du stock initial de spores est déjà projeté entre le 21/03 et le 25/03. Une deuxième période de projection située entre le 02/04 et le 07/04 entraîne la libération de 37,02% des spores. La plus grosse période de projection est, comme pour les spores relevées à l'aide du piège Marchi, située sur la fin du mois d'Avril, avec 43,79% des spores qui sont projetées. Enfin, seulement 1,36% des spores sont projetées du 02/05 au 22/05, qui marque la fin de la modélisation des contaminations primaires.

4.1.4 Discussion du suivi biologique de *Venturia inaequalis*

Le suivi biologique à l'aide des pièges Marchi confirme cette année que les libérations de spores se font toujours à la suite de périodes de pluies, ce qui confirme l'importance de l'eau dans ce phénomène. Cependant, de faibles taux de projection de petites spores sont observés entre le 10/03 et le 19/04 malgré la présence de deux épisodes pluvieux durant cette période. Une hypothèse qui pourrait être avancée pour expliquer cela serait que la maturation des pseudothèces qui contiennent les petites spores se fait plus lentement que pour les grosses spores.

Les projections observées sont à relier systématiquement à la **fréquence des pluies** durant les périodes concernées. Les projections des petites spores, qui continuent plus tardivement, diminuent drastiquement jusqu'à la fin du mois de Juin qui marque globalement la fin de la période de contaminations primaires. Le choix d'arrêt des observations à cette date a été forcé. En effet, le piège n°1 a présenté une défaillance de son moteur ce jour-là. Le relevé des spores a cependant pu continuer à l'aide du piège n°2. Bien que ce dernier ait présenté des dynamiques de projection de spores différentes de celles du piège n°1, son étude a permis de révéler que les projections se sont étendues jusqu'en Août. Ces projections tardives peuvent s'expliquer par le fait que le lit de feuilles a été détruit tard cette année, à cause de l'application préalable de cuivre au sol, limitant leur dégradation ; le support des pseudothèces s'est ainsi conservé plus longtemps et ces derniers ont donc pu continuer à libérer des spores à une époque où les feuilles sont normalement détruites.

Concernant RIMpro, il a montré son intérêt cette année en proposant des périodes de projection proches de celles observées par le suivi biologique, et ce particulièrement pour les grosses spores.

Afin de faciliter l'analyse, les petites et grosses spores seront **sommées** dans la suite de ce rapport, en posant l'hypothèse que les petites spores appartiennent au genre *Venturia* et qu'elles peuvent causer, en tant que telles, des dégâts préjudiciables aux producteurs ; elles méritent donc d'être prises en compte.

Tableau 9 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 06 – évaluation de l'efficacité de produits classiques en pré-floraison

Traitement	Date	Heure	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vent	Couverture nuageuse	Etat du feuillage lors de l'application	Précipitations avant le traitement suivant (mm)
1	21/03/2014	11h30-12h20	15,8	73	léger	importante	sec	25,5
2	28/03/2014	10h15-11h05	13,4	58	léger	faible	sec	8
3	04/04/2014	14h30-15h25	16,6	69,5	léger	importante	sec	3,5
4	11/04/2014	8h55-9h45	14,3	78,5	nul	importante	sec	0
5	18/04/2014	9h05-10h05	11,8	88	nul	importante	légèrement humide	20
6	25/04/2014	9h25-10h25	12,8	87,5	léger	importante	légèrement humide	28,5

Tableau 10 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 07 – évaluation de l'efficacité de produits classiques en post-floraison

Traitement	Date	Heure	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vent	Couverture nuageuse	Etat du feuillage lors de l'application	Précipitations avant le traitement suivant (mm)
1	16/04/2014	8h25-9h30	10,8	59,5	nul	nulle	légèrement humide	10
2	23/04/2014	8h45-9h55	18,2	68,5	nul	moyenne	légèrement humide	37
3	30/04/2014	9h25-10h30	12,4	93	léger	importante	légèrement humide	3
4	07/05/2014	8h52-9h30	14,9	94	nul	importante	légèrement humide	2,5
5	14/05/2014	8h40-9h45	15,6	70	nul	moyenne	sec	3
6	22/05/2014	8h10-9h30	21,1	66	nul	faible	légèrement humide	23,5

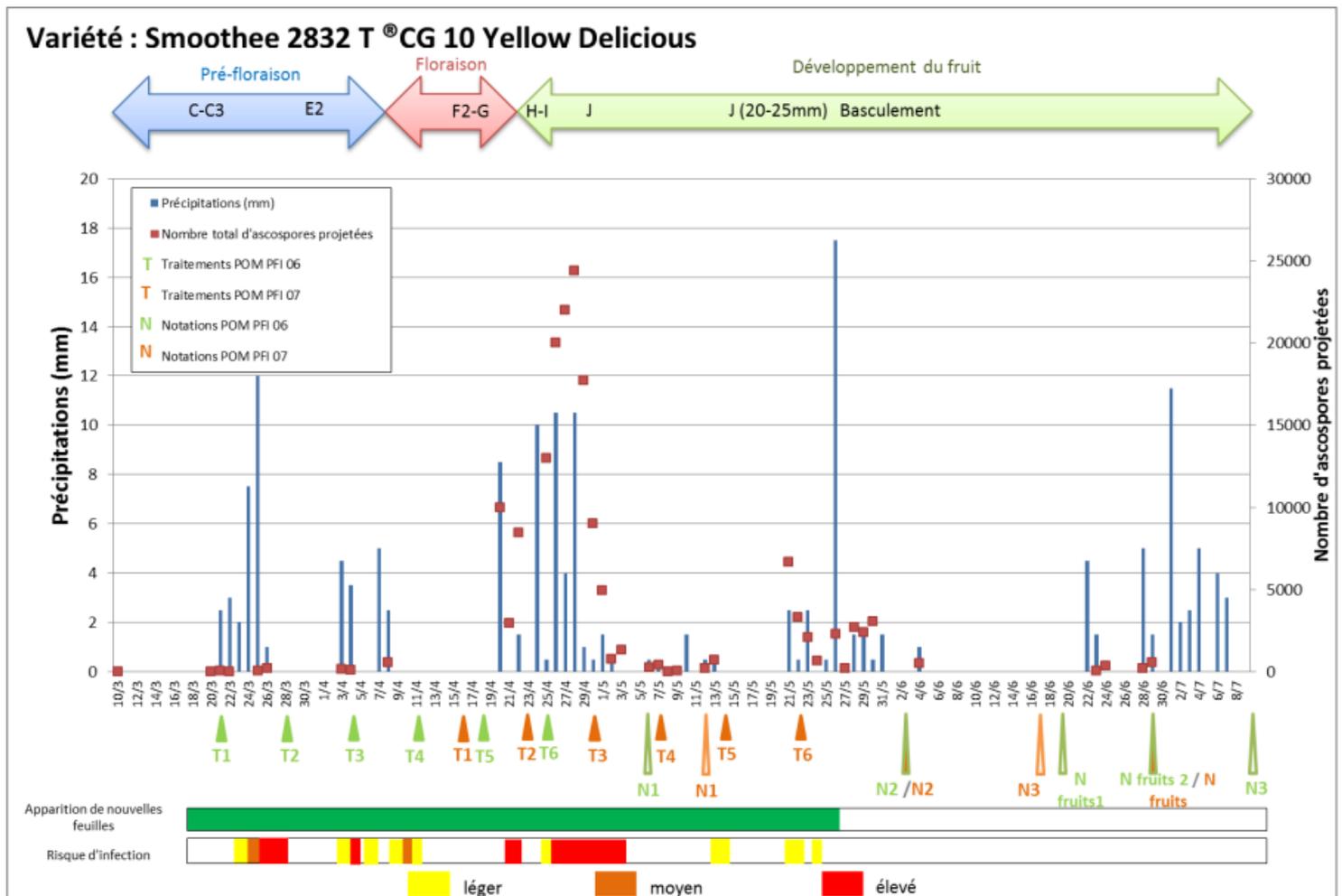


Figure 21 : Positionnement des différents traitements et notations par rapport aux projections des spores (petites et grosses ajoutées) et aux précipitations (mm) pour les essais 14 POM PFI 06 et 07

4.2 Essais « efficacité des produits »

4.2.1 Les essais efficacité de produits classiques en pré- et en post-floraison – 14 POM PFI 06 et 14 POM PFI 07

4.2.1.1 Les conditions de réalisation des traitements et des notations

Avant de s'intéresser aux résultats traduisant l'efficacité des produits à proprement parler, il convient de présenter et d'analyser les conditions de réalisation des traitements et des notations. En effet, ces dernières pourront potentiellement aider ultérieurement à l'analyse et à la compréhension des résultats concernant l'efficacité des différents fongicides.

Les conditions de réalisation des traitements sont récapitulées dans le **Tableau 9** pour l'essai POM PFI 06 en pré-floraison, dans le **Tableau 10** pour l'essai POM PFI 07 en post-floraison, ainsi que dans la **Figure 21**.

Les différents paramètres relevés dans les **Tableaux 9 et 10** peuvent avoir une **incidence directe** sur l'efficacité des produits testés. Bien qu'ils ne puissent pas être maîtrisés, il est quand même pertinent de connaître les limites qu'ils engendrent.

Concernant la **température**, elle est à prendre en compte dans l'utilisation des fongicides de type IBS, qui ne devrait pas se faire en dessous de 15°C (*Cf. paragraphe 1.3.6*). Ainsi, on peut supposer que l'efficacité de ces produits pourrait être amoindrie pour les traitements T2, T4, T5 et T6 de l'essai en pré-floraison et pour les traitements T1 et T3 en post-floraison.

Le **vent** peut, quant à lui, faire dériver le produit qui est appliqué par pulvérisation et ainsi l'en éloigner de sa cible. Néanmoins, dans les deux essais, les conditions de vent étaient satisfaisantes pour une application correcte des traitements.

L'**état du feuillage** (sec ou légèrement humide) lors de l'application du produit peut également avoir une influence sur l'efficacité de certains produits. En effet, ceux de la famille des strobilurines et des IBS doivent être appliqués sur feuillage sec (*Cf. paragraphe 1.3.6*).

Enfin, la **quantité de précipitations** accumulée entre deux traitements a été calculée. Cela permet d'avoir une idée des produits qui sont potentiellement lessivés et dont l'action sera faible voire nulle. La quantité de précipitation nécessaire au lessivage est de 20-25 mm pour les produits de contact (majoritairement multi-sites), et de plus de 40 mm pour les produits pénétrants (majoritairement pénétrants et systémiques) (*Cf. paragraphe 1.3.6*). Les traitements T1 et T6 en pré-floraison (**Tableau 9**) et les traitements T2 et T6 en post-floraison (**Tableau 10**) étant suivis par des épisodes pluvieux totalisant plus de 20 mm de précipitations, l'efficacité des produits multi-sites peut donc en être altérée.

Le graphique de la **Figure 21** permet de resituer les différents traitements et notations par rapport aux épisodes pluvieux (et donc de potentielle infection) révélés à l'aide du suivi biologique et du logiciel RIMpro. Aussi, il permet de mettre en évidence que des nouvelles feuilles, plus sensibles à la tavelure, sont apparues régulièrement jusqu'au 25/05 sur Smoothee 2832 T® CG 10 Yellow Delicious.

Il est possible de voir que les dates des traitements permettent globalement de bien encadrer les périodes de pluies et de risque d'infection, en assurant donc une protection satisfaisante de la parcelle. En effet, le produit reste efficace au maximum 7 jours s'il n'y a pas de pluie ou de lessivage, (Carisse et Jobin, 2006). Cependant, les sorties de nouvelles feuilles ont sans doute pénalisé l'efficacité des différentes modalités testées, car elles ne sont pas toujours protégées au moment des infections. Seul le traitement T4 de l'essai pré-floraison n'est suivi par aucun épisode pluvieux, et semble donc inutile.

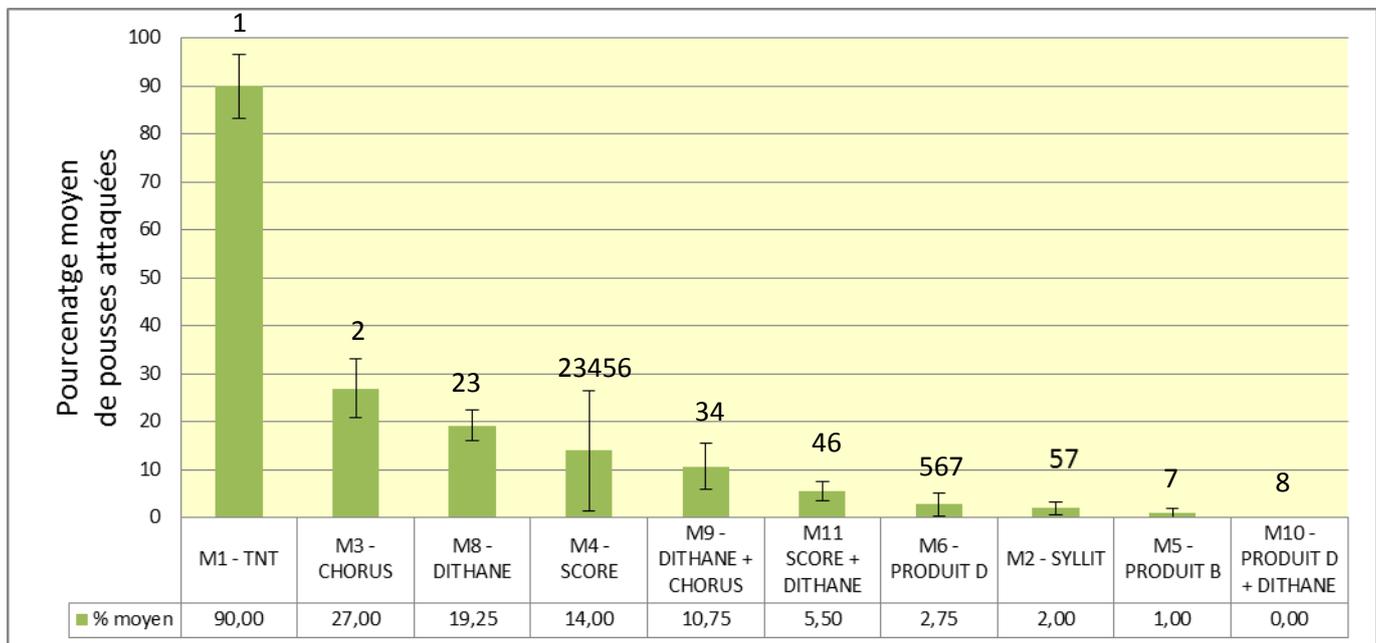


Figure 22 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation sur pousses du 06/05/2014 ; chaque chiffre qui figure au-dessus de chaque modalité correspond à un groupe qui contient des modalités non significativement différentes les unes des autres selon les différents tests de Mann-Whitney

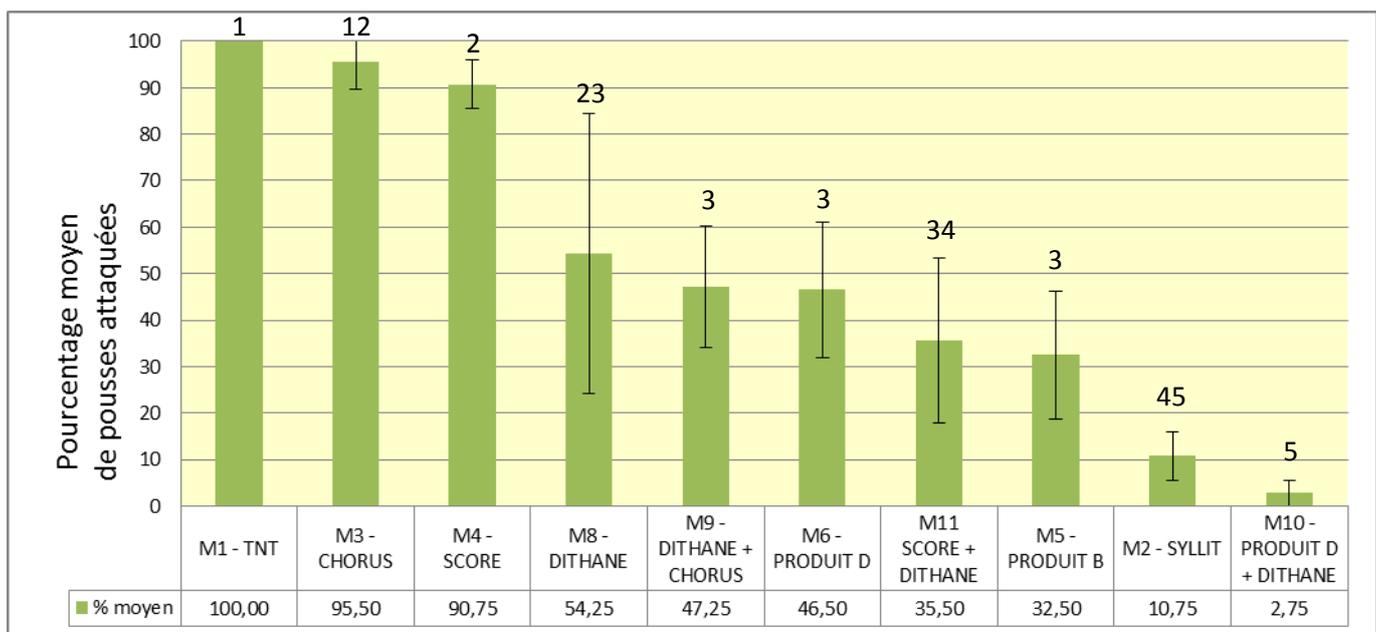


Figure 23 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation sur pousses du 02/06/2014

L'ensemble des résultats des tests statistiques est récapitulé dans les *Annexes 5, 6 et 7*.

- *Notation du 06/05(Pousses)*

Pourcentage de pousses tavelées :

L'observation du pourcentage de pousses tavelées montre que le TNT est déjà, à cette date, beaucoup plus infecté que les autres modalités. Cette forte pression de tavelure dans le témoin permet de valider l'essai (**Figure 22**). Le Chorus présente déjà, à ce stade, le pourcentage de pousses attaquées le moins satisfaisant de toutes les modalités traitées. Le Syllit confirme les bons résultats obtenus les années précédentes puisqu'il ne présente que 2% de pousses attaquées. Le Dithane seul présente, à ce stade, 19,25% de pousses tavelées alors que son association avec le Produit D est indemne de tavelure ; l'ensemble des produits testés en association suit cet exemple, puisqu'ils sont systématiquement moins tavelés lorsqu'ils sont associés. Enfin, les arbres traités par Produit B, qui correspond à une co-formulation entre une substance de la famille des SDHI et une substance de la famille des triazoles (IBS), sont pour le moment très peu touchés, avec seulement 1% de pousses tavelées.

Analyse statistique :

L'homogénéité des variances des résidus n'étant pas respectée, l'Anova n'a pu être réalisée. La détermination de l'existence d'une différence significative entre les différentes modalités ayant été confirmée par le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis, des tests de Mann-Whitney ont ensuite été effectués afin de faire apparaître des groupes (caractérisés par des chiffres) au sein desquels les modalités ne sont pas significativement différentes les unes des autres (après les avoir comparées deux à deux successivement). Les résultats obtenus sont récapitulés dans la **Figure 22**.

A ce stade de la période des contaminations primaires, il est notable que toutes les modalités testées se distinguent statistiquement du TNT. De même, le Produit D (SDHI) associé au Dithane (dithiocarbamate) présente un pourcentage de pousses tavelées statistiquement différent de toutes les autres modalités, et donc du Produit B, qui est contenu déjà en co-formulation une substance SDHI et une substance IBS. L'adjonction de Dithane améliore statistiquement les résultats du Produit D et du Chorus par rapport à ceux de ces modalités seules.

- *Notation du 02/06 (Pousses)*

Pourcentage de pousses tavelées :

Lors de cette deuxième notation, les arbres traités par le TNT atteignent 100% de pousses tavelées (**Figure 23**). Le Chorus et le Score en sont proches, avec 95,50% et 90,75% de pousses tavelées respectivement. Le Dithane garde un résultat peu satisfaisant, avec 54,25% de pousses touchées. A noter cependant que l'écart type obtenu sur les résultats de ce produit est très grand. Les arbres les moins tavelés sont ceux traités par le Produit D associé au Dithane, ce qui confirme ce qui a été vu lors de la première notation, et le Syllit.

Analyse statistique :

Cette deuxième notation du 02/06 fournit des résultats dont les variances des résidus ne sont pas homogènes. Comme précédemment, l'Anova n'a donc pas pu se faire et a été remplacée par la réalisation d'un test de Kruskal-Wallis suivi de tests de Mann-Whitney. Les résultats obtenus sont présentés dans la **Figure 23**.

Les tests statistiques révèlent que le TNT présente un pourcentage de pousses tavelées statistiquement différent de toutes les autres modalités, mis à part le Chorus. Le Score et le Dithane ne sont pas, quant à eux, statistiquement différents du Chorus. L'adjonction de Dithane au Score diminue significativement le pourcentage de pousses tavelées comparé au Score seul. C'est également le cas lorsqu'il est ajouté au Chorus et au Produit D.

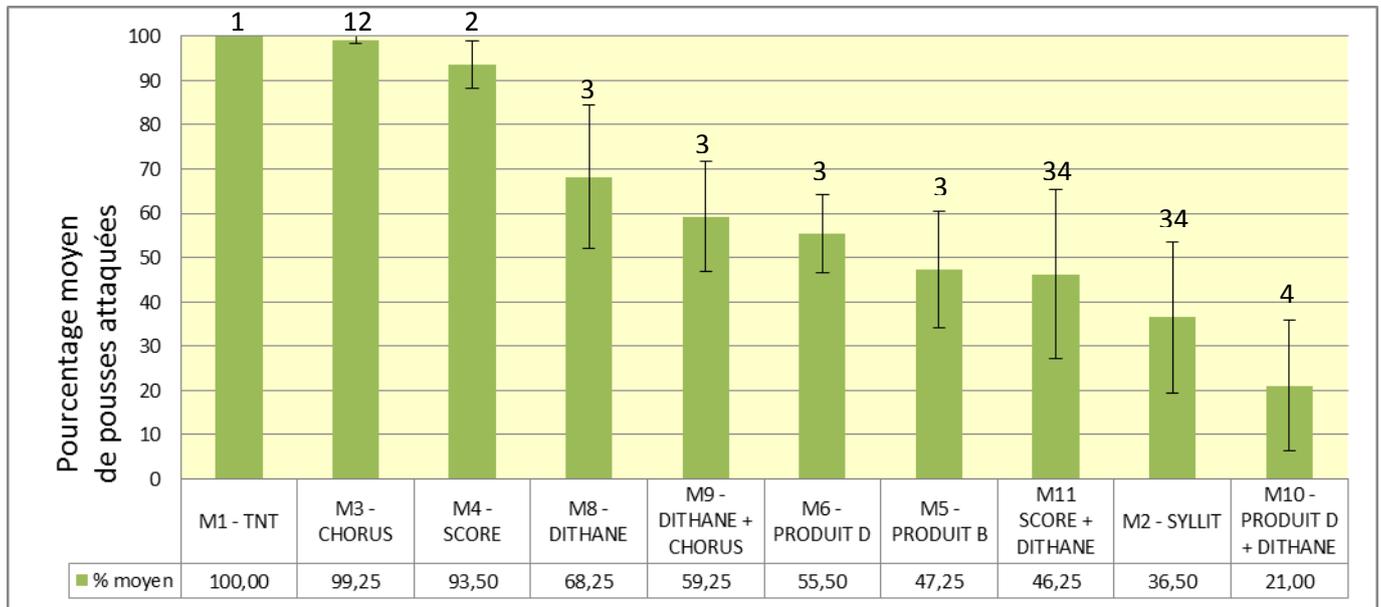


Figure 24 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation du 09/07/2014

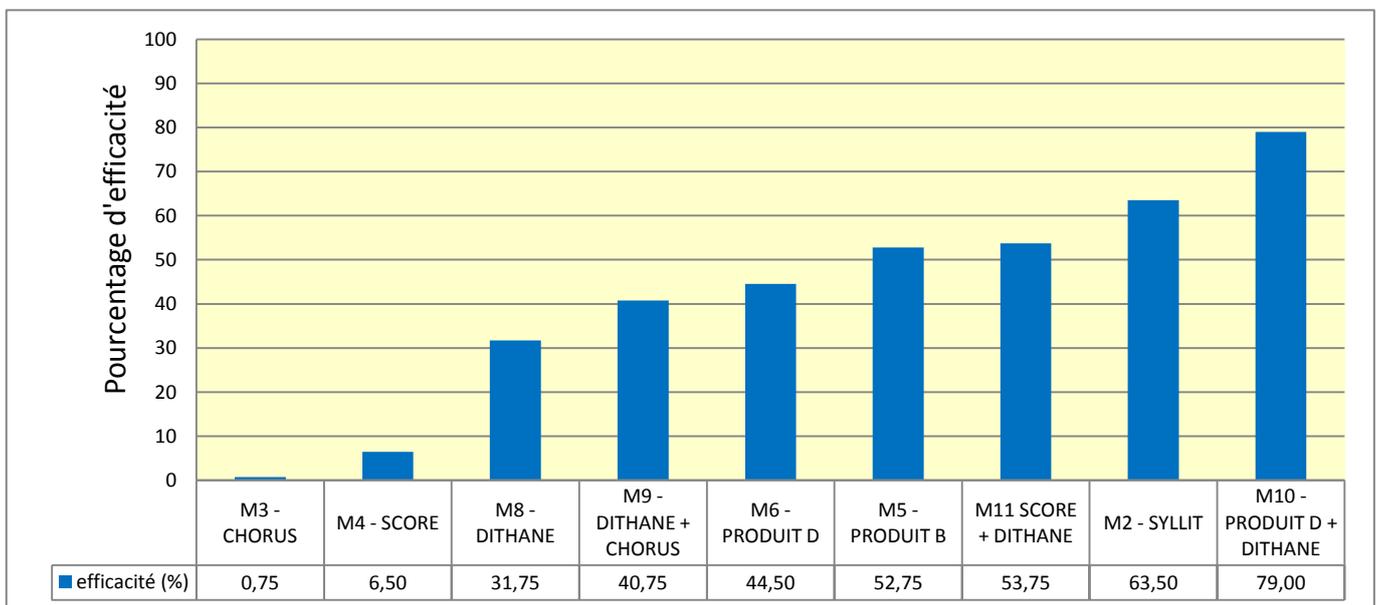


Figure 25 : Pourcentages d'efficacité sur pousses de chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 06, notation du 09/07/2014

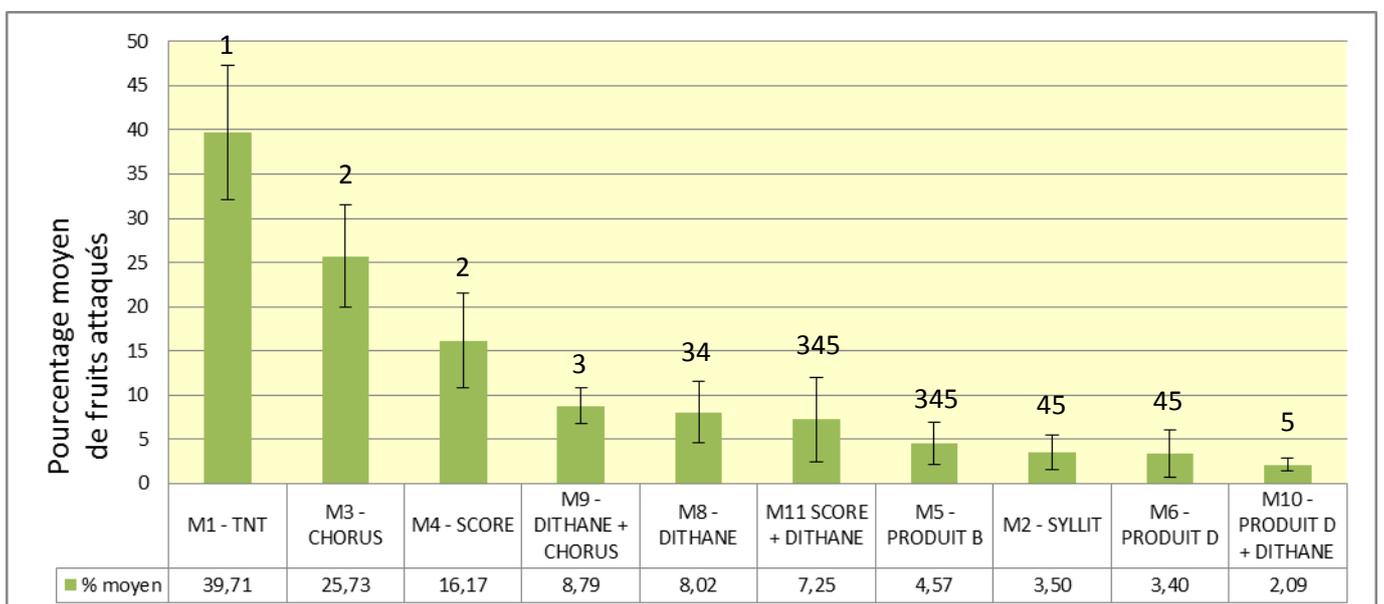


Figure 26 : Pourcentages moyens de fruits attaqués par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 06, notation du 27/06/2014

Cependant, l'ajout de Chorus ou de Score au Dithane n'améliore pas statistiquement le pourcentage de pousses tavelées par rapport au Dithane seul.

- **Notation du 09/07 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Pour cette dernière notation sur pousses (**Figure 24**), le classement global des modalités en fonction du pourcentage de pousses attaquées reste le même que celui des deux notations précédentes. Les trois modalités les plus touchées restent le Chorus, le Score et le Dithane, avec 99,25%, 93,50% et 68,25% de pousses attaquées respectivement. Les trois modalités les moins touchées sont le Score associé au Dithane, le Syllit et le Produit D associé au Dithane, avec respectivement 46,25%, 36,50% et 21% de pousses tavelées. Ici encore, les produits testés en association donnent systématiquement des pourcentages de pousses tavelées inférieurs à ceux des produits testés seuls.

Analyse statistique :

Cette dernière notation a nécessité, comme les précédentes, de réaliser l'analyse statistique à l'aide des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney, pour cause de variances des résidus non homogènes. Les résultats obtenus sont présentés dans la **Figure 24**.

D'un point de vue statistique, le TNT se distingue toujours de toutes les modalités, excepté le Chorus. Le Score n'est pas significativement différent du Chorus. Le Dithane, le Dithane associé au Chorus, le Produit D, le produit B, le Score associé au Dithane et enfin le Syllit appartiennent, quant à eux, au même groupe. De même, le Score associé au Dithane, le Syllit et le Produit D associé au Dithane appartiennent au même groupe. Cette dernière notation sur pousses montre donc que l'adjonction de Dithane au Score, au Chorus et au Produit D améliore significativement les résultats par rapport à ces produits pris séparément. Aussi, le Produit D associé au Dithane présente toujours un nombre de pousses tavelées significativement inférieur au Produit B. Les statistiques confirment donc les résultats médiocres des modalités M3 et M4, et l'intérêt des modalités M11, M2 et M10.

Pourcentage d'efficacité :

Il semblerait que parmi le Score associé au Dithane, le Syllit et le Produit D associé au Dithane, ce soit cette dernière modalité qui est la plus efficace, avec 79% d'efficacité par rapport au TNT, contre 53,75% pour la modalité M11 et 63,50% pour la modalité M2 (**Figure 25**). De même, l'association du Produit D au Dithane est plus efficace de 34,50 points par rapport au Produit D seul, et de 47,25 points par rapport au Dithane seul. Ce dernier ne présente en effet que 31,75% d'efficacité, ce qui est faible pour un produit de référence. Le Produit D associé au Dithane est également plus efficace que le Produit B de 26,25 points. Enfin, l'ajout de Dithane au Chorus et au Score améliore leur efficacité contre la tavelure de 40 points et de 47,25 points respectivement ; le Score améliore également l'efficacité du Dithane de 22 points.

- **Notation du 27/06 (Fruits)**

Pourcentage de fruits tavelés :

Le TNT présente un pourcentage de fruits attaqués élevé sur cet essai. Cette forte pression sur le TNT permet de valider l'essai. Les pourcentages moyens de fruits tavelés inférieurs à environ 3% peuvent être considérés comme acceptables. Les produits concernés sont donc le Syllit, le Produit D et le Produit D associé au Dithane (**Figure 26**). Ceci semble donc confirmer sur fruits les bons résultats obtenus par ces produits sur pousses. Aussi, le Chorus et le Score présentent, comme sur pousses, les pourcentages d'attaque les plus élevés, avec 25,73% et 16,17% de fruits tavelés respectivement.

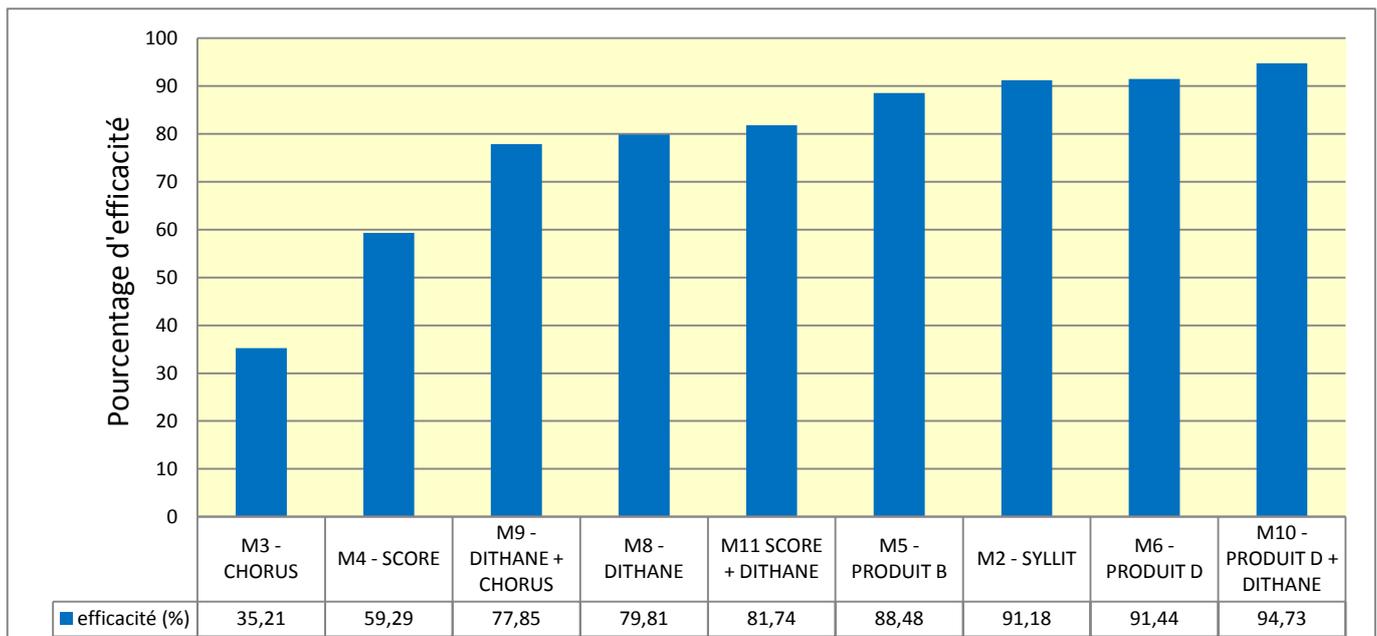


Figure 27 : Pourcentages d'efficacité sur fruits pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 06, notation du 27/06/2014

Analyse statistique :

Cette notation sur fruits a également nécessité la réalisation de tests non-paramétriques dans le but d'étudier ses résultats. Ceci est dû à la répartition des résidus qui ne suivent pas une loi normale, ce qui n'autorise donc pas la réalisation d'une Anova. Les résultats obtenus sont présentés dans la **Figure 26**.

D'un point de vue statistique, le TNT présente un pourcentage de pousses tavelées significativement différent des autres modalités testées. Le Chorus et le Score sont réunis au sein d'un même groupe, et se distinguent également de toutes les autres modalités. Le Dithane associé au Chorus, le Dithane seul, le Score associé au Dithane ainsi que le Produit B ne présentent pas des résultats statistiquement différents. L'adjonction de Dithane au Chorus et au Score améliore donc significativement les résultats de ces derniers, mais l'inverse n'est pas valable ; en effet, l'association du Dithane à un autre produit n'améliore pas statistiquement les résultats en comparaison avec ceux obtenus lorsqu'il est seul. Enfin, le groupe qui contient le Dithane associé au Produit D compte également le Produit D seul, le Syllit, le Produit B et le Score associé au Dithane. L'analyse des pourcentages d'efficacité qui suit permet de dégager des tendances à l'intérieur des groupes statistiques.

Pourcentages d'efficacité par rapport au TNT :

L'analyse des pourcentages d'efficacité confirme la proximité des résultats obtenus pour les modalités M11, M5, M2, M6 et M10, auxquels peuvent être ajoutées les modalités M8 et M9 (**Figure 27**). La meilleure efficacité est détenue par le Produit D associé au Dithane, bien qu'elle ne soit plus élevée que de 3 points environ par rapport au Produit D seul et au Syllit. Les efficacités de ces trois modalités sont supérieures à celle du Dithane (référence de l'essai), à hauteur de 12 points environ. De même, le Produit B présente une efficacité de 88,48%, ce qui est satisfaisant. Ces observations confirment l'efficacité intéressante de ces produits sur fruits, qui avait déjà été mise en évidence par l'analyse statistique.

4.2.1.3 Conclusion de l'essai efficacité de produits classiques en pré-floraison – 14 POM PFI 06

Le Syllit (M2) a confirmé son intérêt dans la lutte contre la tavelure, aussi bien sur pousses que sur fruits ;

Le Chorus (M3) et le Score (M4) montrent des efficacités très faibles, voire quasi-nulles, en particulier sur pousses ;

Le Produit D (M6) et le produit B (M5) présentent parmi les meilleures efficacités sur fruits, ce qui est moins notable sur pousses ; ce dernier est cependant moins efficace que l'association du Produit D et du Dithane ;

Le Dithane Néotec (modalité M8) présente dans cet essai des résultats peu satisfaisants au vu de son titre de référence CEB ;

Le Score associé au Dithane (M11) ainsi que le Dithane associé au Chorus (M9) donnent effectivement des résultats plus satisfaisants par rapport à ceux obtenus par ces produits pris séparément, bien que ce ne soit pas toujours significatif. Cependant, leurs efficacités respectives, plutôt moyennes, ne semblent pas justifier leur utilisation ;

Enfin, l'efficacité du Produit D associé au Dithane (M10) montre des efficacités très intéressantes sur fruits, bien plus élevées que celles obtenues avec le Dithane.

4.2.1.4 Discussion de l'essai efficacité de produits classiques en pré-floraison – 14 POM PFI 06

- ***Etude de l'impact des conditions climatiques sur les résultats observés***

L'analyse des conditions climatiques présentées dans le *Paragraphe 4.2.1.1* laissait présumer une potentielle influence de ces dernières sur les efficacités des différents produits, ce que nous allons tenter de vérifier.

Tableau 11 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI sur les années 2013 et 2014, en pré-floraison (d'après Hébrard, 2013)

		2013	2014
Efficacité du produit B / TNT (%)	Dernière notation sur pousses	86,56	52,75
	Notation sur fruits	98,00	88,48
Efficacité du produit D / TNT (%)	Dernière notation sur pousses	89,78	44,50
	Notation sur fruits	88,00	91,44
Efficacité du produit D + Dithane Néotec / TNT (%)	Dernière notation sur pousses		79,00
	Notation sur fruits		94,73

Les précipitations qui ont suivi les traitements T1 (21/03) et T6 (25/04) ont probablement entraîné le **lessivage du Syllit** (dont la matière active est la dodine) et du **Dithane Néotec** (dont la substance active est le mancozèbe), que l'on retrouve dans les modalités M8, M9, M10 et M11. De plus, le T6 se positionne au moment d'une forte projection, ce qui met en difficulté toutes les modalités. Le Dithane Néotec seul est celui qui présente les efficacités les moins bonnes par rapport aux autres modalités où il est présent en association avec un autre produit. Le Syllit présente, quant à lui, des efficacités qui sont systématiquement parmi les meilleures de l'essai. L'hypothèse qui peut être avancée pour expliquer ces résultats est que le mancozèbe est un produit de contact, alors que la dodine possède une action pénétrante en plus de son action de contact (Cf. *paragraphe 1.3.5*). Ainsi, le mancozèbe est plus sensible au lessivage puisqu'il reste en surface de la feuille et du fruit, et ne pénètre pas les tissus comme le dodine, qui présente d'ailleurs des résultats très satisfaisants.

Les traitements réalisés en dessous de 15°C sont, en théorie, **pénalisants pour les produits IBS** (Cf. *paragraphe 1.3.6*). Les traitements concernés sont T2 (28/03), T4 (11/04), T5 (18/04) et T6 (25/04), ces deux derniers étant en plus situés dans une période critique en termes de risque d'infection. Dans cet essai, les IBS sont représentés par le **Score** (dont la substance active est le difénoconazole) et par le **Produit B**, qui contient également du tébuconazole. Ces températures faibles peuvent expliquer les résultats médiocres du Score. Pour ce qui est du Produit B, il est possible qu'il ait été moins pénalisé par les températures froides grâce à la présence du produit de la famille des SDHI.

Un autre facteur susceptible de diminuer l'efficacité des produits IBS est l'état du feuillage au moment de l'application. Or, les traitements T5 (18/04) et T6 (25/04) ont été effectués sur feuillage mouillé, ce qui a pu dégrader l'efficacité des produits IBS précités. Ici encore, il s'agit des deux traitements qui ont été réalisés durant une période marquée par de fortes projections. Cependant, il semblerait que lorsqu'ils sont en association avec un produit d'une autre famille, cette diminution d'efficacité soit moins marquée, certainement parce qu'un des deux produits reste toujours actif.

• Réponse aux objectifs de l'essai

Un des objectifs de cet essai pré-floraison était de mieux connaître l'**efficacité des produits de la famille des SDHI**, qui ne sont pas encore homologués à ce jour. Le Produit B présente une efficacité intéressante lors de la notation sur fruits (88,48%), mais médiocre lors de la notation finale sur pousses (52,75%). Le Produit D suit le même schéma que le Produit B, puisqu'il est efficace à hauteur de 44,50% pour la notation finale sur pousses, et de 91,44% pour la notation sur fruits. A noter cependant qu'il est préconisé d'utiliser le Produit D en association avec un produit de contact (multi-site) ; la comparaison doit donc se faire entre le produit B et le Produit D associé au Dithane, et non simplement avec le Produit D seul. A ce titre, l'association extemporanée est plus intéressante que le produit B.

Afin de voir une éventuelle évolution de l'efficacité des produits SDHI depuis les précédents essais, les résultats obtenus en 2014 et en 2013 sont récapitulés dans le **Tableau 11**.

Il est notable ici que les efficacités de 2014 sont inférieures à celles de 2013. Ceci n'est sans doute pas attribuable aux quantités de précipitations de l'année, car l'année 2013 a été beaucoup plus pluvieuse que l'année 2014, avec 288 mm contre 138 mm respectivement sur les périodes de contaminations primaires. Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette baisse d'efficacité en 2014 :

- Un positionnement moins bon des produits par rapport aux épisodes de contamination et/ ou aux épisodes pluvieux en 2014 par rapport à 2013 ;
- Une dérive d'efficacité des produits SDHI qui pourrait être due à l'apparition d'une résistance de la part de *Venturia inaequalis*. Cette hypothèse pourrait être confirmée par la réalisation de tests permettant de mettre en évidence cette résistance (**Annexe 6**).

Un autre objectif de cet essai était d'**évaluer les éventuelles dérives d'efficacité** de la part de certains produits, et notamment ceux des familles des triazoles (produits IBS) et des

Tableau 12 : Comparaison des efficacités du Score et du Chorus sur les années 2013 et 2014, en pré-floraison (d'après Hébrard, 2013)

		2013	2014
Efficacité du Score (%)	Dernière notation sur pousses	74,19	6,50
	Notation sur fruits	74,00	59,29
Efficacité du Chorus (%)	Dernière notation sur pousses	40,32	0,75
	Notation sur fruits	50,00	35,21

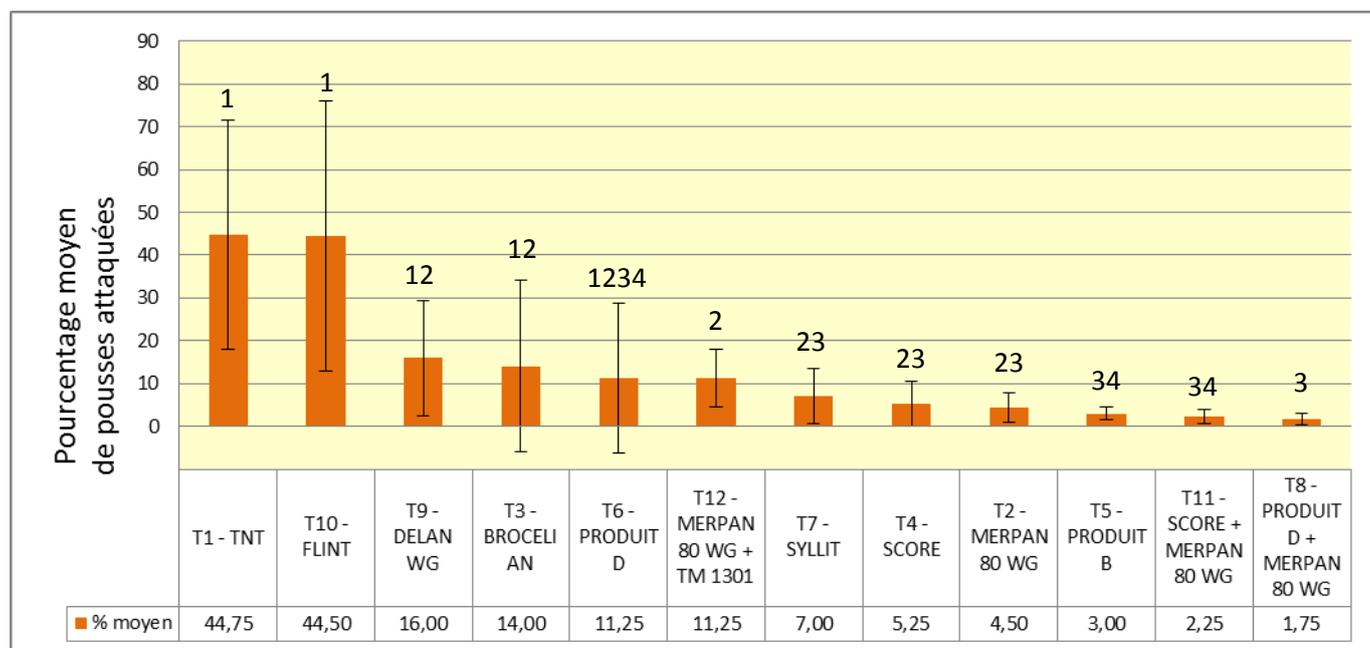


Figure 28 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 12/05/2014

anilinoypyrimidines représentées ici par le Score et le Chorus respectivement. Le **Tableau 12** permet de comparer les efficacités de ces produits pour les années 2013 et 2014.

Afin de déterminer si la diminution de l'efficacité du Score peut être attribuée à un phénomène de résistance ou s'il s'agit simplement de la conséquence de mauvaises conditions d'application (lessivage du produit, application sur feuilles humides) comme évoqué précédemment, les tests adéquats devront être réalisés par l'ANSES (*Annexe 8*). Concernant le Chorus, la diminution de son efficacité par rapport à l'année précédente fait penser à l'apparition d'une résistance (*Cf. paragraphe 1.3.4*). Là encore, des tests en laboratoire pourront confirmer ou infirmer cette hypothèse (*Annexe 8*).

Il semblerait que les produits les plus efficaces pour lutter contre la tavelure en pré-floraison soient le **Syllit** et l'**association du Produit D au Dithane Néotec**. Cette association semble produire une synergie entre les deux produits, qui fait que l'efficacité obtenue en les associant est bien meilleure que la meilleure des efficacités des deux produits pris séparément. Une hypothèse qui pourrait expliquer cette synergie est la complémentarité des modes de pénétration et des cibles des produits, puisque le mancozèbe est un produit de contact multi-site et le penthiopyrad un produit pénétrant uni-site.

4.2.1.4 L'analyse de l'essai efficacité de produits classiques en post-floraison – 14 POM PFI 07

- **Notation du 12/05 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

L'observation du pourcentage de pousses tavelées montre que le TNT présente déjà, à cette époque, 44,75% de pousses attaquées (**Figure 28**). Cette pression de la maladie dans le TNT, relativement haute, permet de valider l'essai. Le Flint présente une infection très proche de celle du TNT, puisqu'elle est de 44,50%. A ce stade, le Merpan 80 WG, qui est la référence de l'essai, présente un nombre de pousses tavelées qui se situe parmi les plus faibles, avec 4,50%. L'ajout du TM 1301 au Merpan 80 WG ne diminue pas le pourcentage de pousses tavelées, puisque la modalité T12 en présente 11,25%. Le produit B présente un pourcentage de pousses tavelées légèrement supérieur au Produit D associé au Merpan 80 WG, qui présente le niveau d'attaque le plus bas. Les pousses des arbres traités par le Produit D seul sont plus attaquées à hauteur de 11,25%. Aussi, la pression est plus faible sur la modalité qui associe le Score au Merpan 80 WG, en comparaison à ces produits pris séparément. A noter cependant que les écarts-types sont importants sur les modalités T1, T10, T9, T3 et T6.

Analyse statistique :

L'hypothèse de l'homogénéité des variances des résidus n'étant pas respectée, l'analyse a été réalisée à l'aide du test non-paramétrique de Kruskal-Wallis, qui a confirmé l'existence d'une différence entre les moyennes des différentes modalités, et qui a donc été suivi de tests de Mann-Whitney. Ces derniers ont permis de reconstituer des groupes au sein desquels les modalités ne sont pas statistiquement différentes. Les résultats de l'analyse statistique sont récapitulés dans la **Figure 28**.

Les tests révèlent que le TNT appartient au même groupe statistique que le Flint, le Delan WG, le Brocélian et le Produit D. A ce stade, les pourcentages de pousses tavelées des modalités Merpan 80 WG et Merpan 80 WG associé au Score ne sont pas statistiquement différents. C'est également le cas pour le Produit D, qui ne présente pas un pourcentage de pousses attaquées statistiquement différent de celui de son association avec le Merpan 80 WG, et pour le TM 1301, qui n'améliore pas le résultat du Merpan 80 WG seul (d'un point de vue statistique).

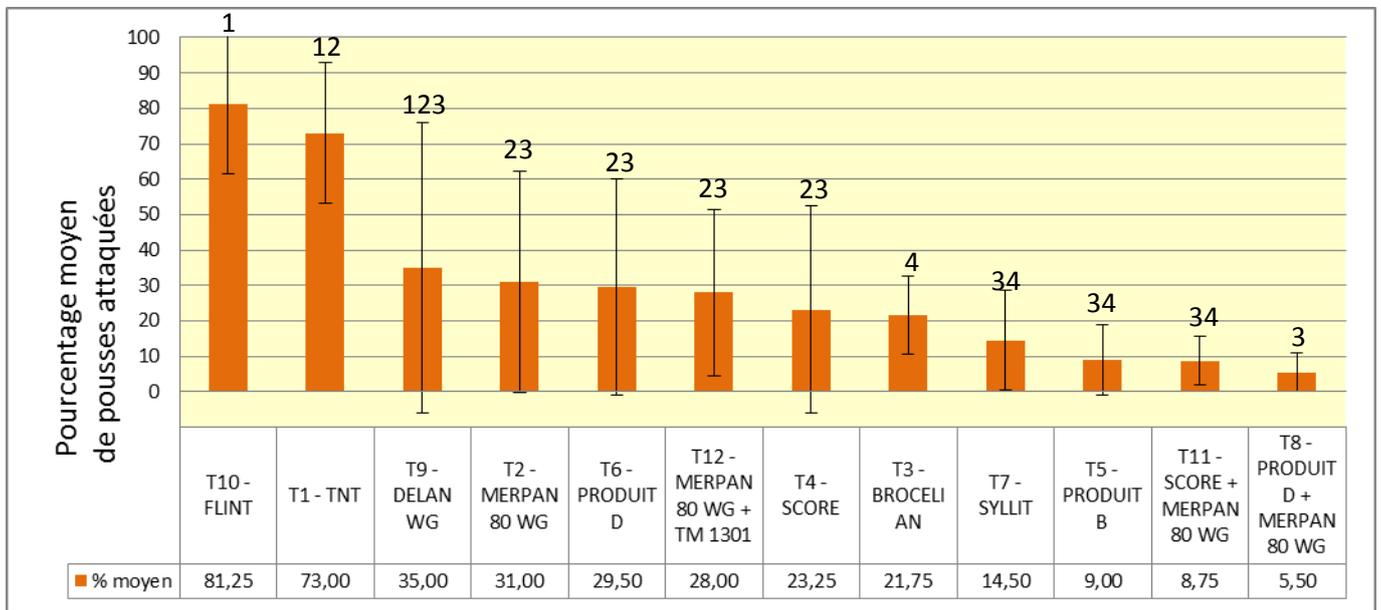


Figure 29 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 02/06/2014

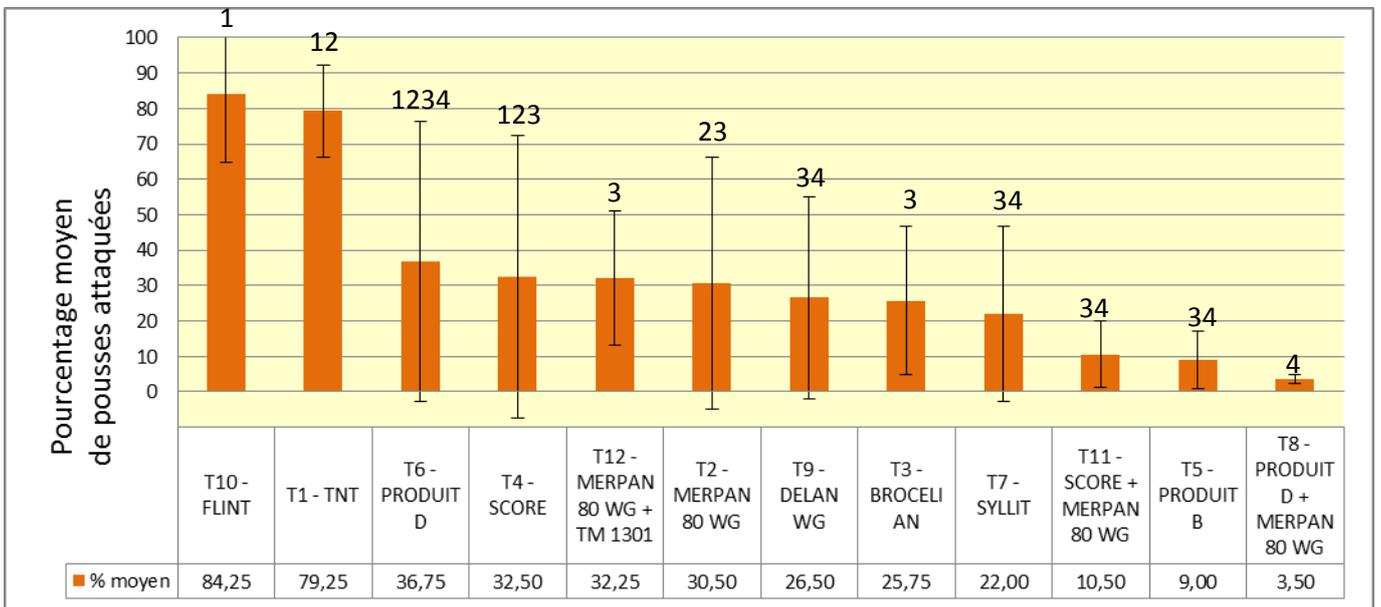


Figure 30 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 17/06/2014

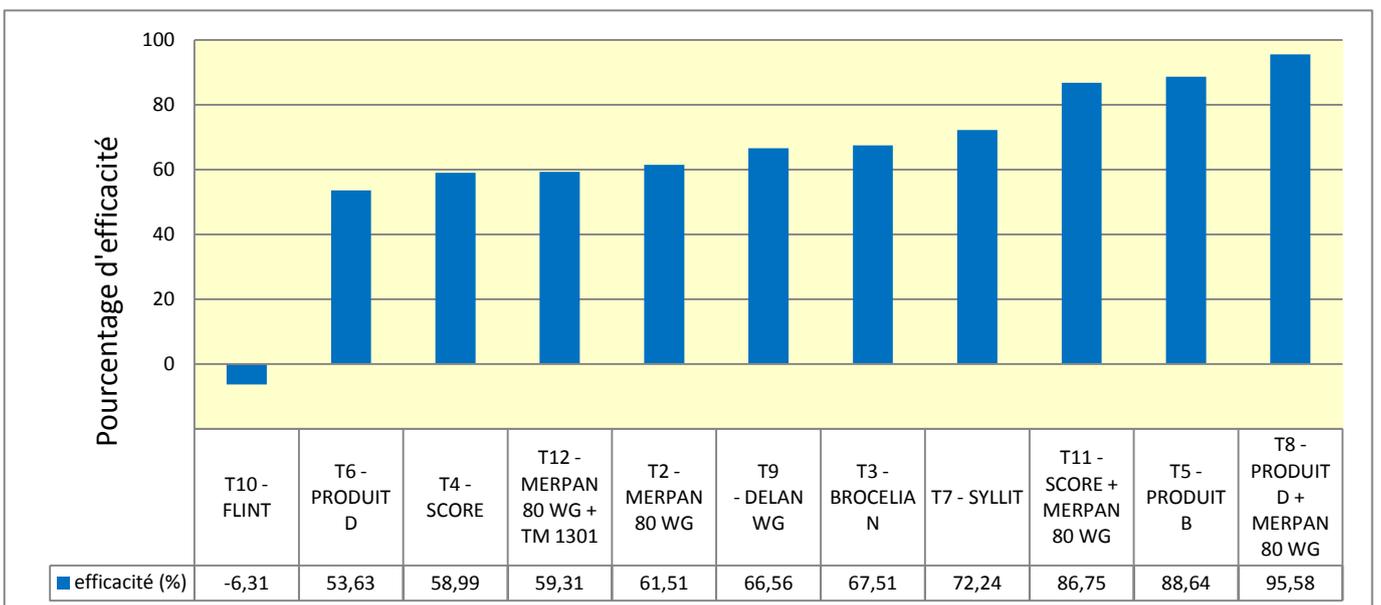


Figure 31 : Pourcentages d'efficacité sur pousses pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 07, notation du 17/06/2014

- **Notation du 02/06 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Les arbres traités par le Flint présentent un pourcentage de pousses tavelées qui atteint maintenant 81,25% (**Figure 29**). Ainsi, ils sont plus atteints que ceux de la modalité TNT, qui présentent 73% de pousses tavelées. Le Merpan 80 WG, qui est pourtant la référence de l'essai, entraîne 31% de pousses tavelées, ce qui est proche de résultats obtenus pour le Delan WG, le Produit D et le Merpan 80 WG associé au TM 1301. Les modalités les moins attaquées restent le Produit D et le Score associés au Merpan 80 WG, ainsi que le Produit B, avec respectivement 5,50%, 8,75% et 9% de pousses tavelées.

Analyse statistique :

Comme ce fut le cas pour la notation du 12/05, l'analyse de la notation du 02/06 a nécessité la réalisation des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney, pour cause d'une répartition des résidus ne suivant pas la loi normale et d'une non-homogénéité de la variance de ces derniers. Les résultats de l'analyse sont récapitulés dans la **Figure 29**.

A l'occasion de cette deuxième notation, le TNT appartient au même groupe statistique que le Flint et que le Delan WG. Les groupes statistiques se recourent ensuite beaucoup sur les autres modalités. Il ressort néanmoins que l'association de produits n'améliore pas statistiquement les résultats de ces derniers, en comparaison à leur application seuls. De même, le Merpan 80 WG (dont la substance active est le captane, multi-site) associé au Produit D (SDHI) ne présente pas un pourcentage de pousses tavelées significativement différent de celui du Produit B, qui est la co-formulation d'une molécule SDHI et d'une molécule multi-site.

- **Notation du 17/06 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Cette notation finale sur pousses montre que le Flint maintient un pourcentage de pousses tavelées plus élevé que celui du TNT, bien qu'ils soient tous les deux très proches (respectivement 84,25% et 79,25%) (**Figure 30**). Les autres modalités présentent des pourcentages d'attaque relativement proches les uns des autres. Trois modalités semblent cependant présenter des résultats un peu plus satisfaisants ; il s'agit, comme pour la notation précédente, du Merpan 80 WG associé au Score, du Produit B et du Produit D associé au Merpan 80 WG. Ces pourcentages montrent que les arbres traités par le Produit D associé au Merpan 80 WG sont moins tavelés que ceux traités par le Produit B, par le Merpan 80 WG seul, ou encore par le Merpan 80 WG auquel a été ajouté le TM 1301 (environ 30 points différence). Le Score entraîne également un pourcentage de pousses tavelées inférieur lorsqu'il est associé au Merpan 80 WG (environ 22 points de différence). Dans l'ensemble, cette notation est marquée par des écarts-types élevés.

Analyse statistique :

La dernière notation sur pousses a nécessité, comme les deux précédentes, la réalisation d'un test de Kruskal-Wallis suivi de tests de Mann-Whitney pour cause d'une répartition des résidus ne suivant pas la loi normale. Les résultats de cette notation sont présentés dans la **Figure 30**.

Statistiquement, le TNT ne présente pas des résultats différents du Flint, du Produit D et du Score. Comme cela a déjà été remarqué dans les notations précédentes, il n'existe pas de groupes statistiques marqués qui permettraient de distinguer aisément les différentes modalités. Ainsi : le Produit D associé au Merpan 80 WG ne présente pas de résultats significativement différents du Produit D, mais est meilleur que le Merpan 80 WG seul ; l'adjonction du TM 1301 n'apporte pas de meilleurs résultats au Merpan 80 WG ; Le Score associé au Merpan ne présentent pas de résultats significativement différents de ceux obtenus avec les deux produits testés séparément.

Pourcentage d'efficacité :

Le Flint présente une efficacité nulle (**Figure 31**). Les modalités T4, T12, T2, T9, T3 et T7 présentent toutes des efficacités inférieures à 80%, ce qui n'est pas satisfaisant pour un producteur.

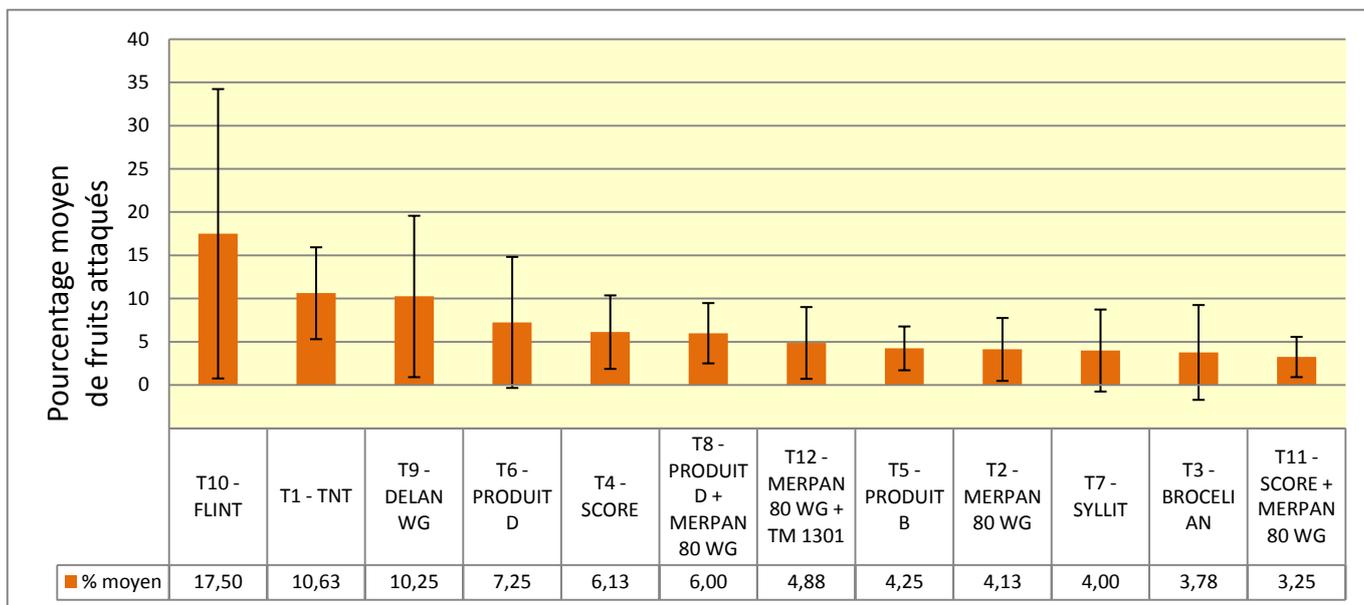


Figure 32 : Pourcentages moyens de fruits attaqués par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 07, notation du 27/06/2014

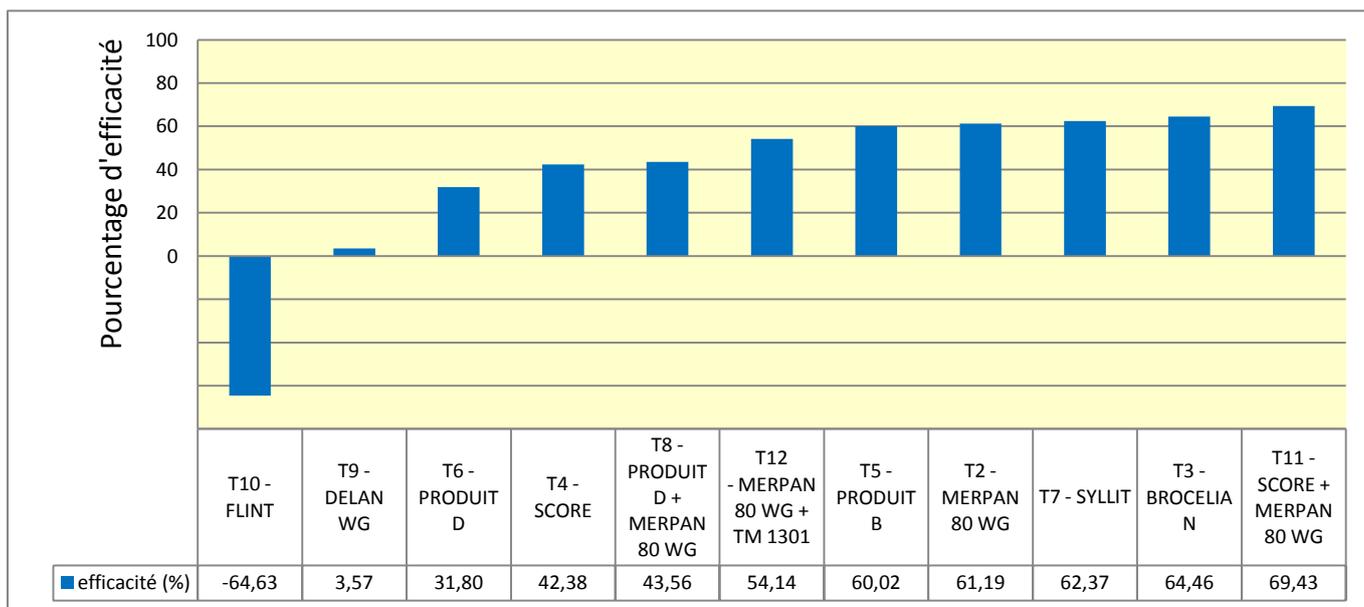


Figure 33 : Pourcentages d'efficacité sur fruits pour chaque modalité, par rapport au TNT – essai 14 POM PFI 07, notation du 27/06/2014

En ce qui concerne les associations, elles restent systématiquement plus efficaces que ces mêmes produits testés séparément. Le Score associé au Merpan 80 WG ainsi que le Produit B montrent des efficacités qui sont assez proches, de 86,75% et de 88,64% respectivement. La meilleure efficacité, qui est par ailleurs très satisfaisante, est celle du Produit D associé au Merpan 80 WG, qui est donc plus efficace de 7 points environ par rapport au Produit B.

- **Notation du 27/06 (Fruits)**

Pourcentage de fruits tavelés :

Comme cela a été vu sur pousses, les arbres traités par la Flint présentent le pourcentage moyen de fruits attaqués le plus élevé, avec 17,50% de fruits tavelés (**Figure 32**). Le TNT engendre, quant à lui, 10,63% de pousses tavelées. Comme en témoigne le diagramme, le classement des modalités les plus touchées vers les modalités les moins touchées se fait de façon très progressive. L'adjonction de TM 1301 ou du Produit D au Merpan 80 WG n'améliore pas les résultats en comparaison au Merpan 80 WG seul. Enfin, seulement deux modalités entraînent des pourcentages de fruits attaqués inférieurs à 3% : le Brocélian et le Score associé au Merpan 80 WG.

Analyse statistique :

La dernière notation de cet essai post-floraison présente des résidus ne suivant pas une loi normale et n'ayant pas une variance homogène ; un test de Kruskal-Wallis a donc été effectué. Ce dernier a alors révélé qu'il n'existait pas de différence significative entre les différentes modalités.

Pourcentage d'efficacité :

Comme sur pousses, le Flint présente une efficacité nulle (**Figure 33**). Le Delan WG présente une efficacité presque nulle. Le Score associé au Merpan 80 WG, le Brocélian et le Syllit montrent les meilleures efficacités sur fruits, à hauteur de 69,43%, 64,46% et 62,37% respectivement. Ces efficacités restent plutôt moyennes, mais elles sont néanmoins supérieures à celle du Merpan 80 WG (référence de l'essai), qui est de 61,19%.

4.2.1.5 Conclusion de l'essai efficacité de produits classiques en post-floraison – 14 POM PFI 07

Le Merpan 80 WG (modalité T2) présente sur cet essai des résultats médiocres pour un produit de référence. Les résultats obtenus ne se dissociant quasiment pas sur le plan statistique, des groupes peuvent être formés pour conclure sur cet essai ; c'est ainsi que se distinguent :

Sur pousses :

- Le Flint, le Produit D, le Score et le Merpan 80 WG associé au TM 1301, qui présentent des efficacités inférieures à celle du Merpan 80 WG ;
- Le Delan WG, le Brocélian, le Syllit, le Score associé au Merpan 80 WG, le Produit B et le Produit D associé au Merpan 80 WG, qui présentent des efficacités supérieures à celle du Merpan 80 WG.

Sur fruits :

- Le Flint, le Delan WG, le Produit D, le Score, le Produit D associé au Merpan 80 WG, le Merpan 80 WG associé au TM 1301 et enfin le Produit B, qui présentent des efficacités inférieures à celle du Merpan 80 WG ;
- Le Syllit, le Brocélian et le Score associé au Merpan 80 WG, qui présentent des efficacités supérieures à celle du Merpan 80 WG.

4.2.1.6 Discussion de l'essai efficacité de produits classiques en post-floraison – 14 POM PFI 07

- **Etude de l'impact des conditions climatiques sur les efficacités observées**

L'analyse des données climatiques relevées lors des traitements a, ici encore, apporté des clefs d'interprétation pour l'analyse des résultats de cet essai. Suite à la présentation des efficacités,

Tableau 13 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI sur les années 2013 et 2014, en post-floraison (d'après Hébrard, 2013)

		2013	2014
Efficacité du produit B (%)	Dernière notation sur pousses	98,57	88,64
	Notation sur fruits	100,00	60,02
Efficacité du produit D (%)	Dernière notation sur pousses	92,85	53,63
	Notation sur fruits	100,00	31,80
Efficacité du produit D + Merpan 80 WG (%)	Dernière notation sur pousses		95,58
	Notation sur fruits		43,56

Tableau 14 : Comparaison des efficacités du Score sur les années 2013 et 2014, en post-floraison (d'après Hébrard, 2013)

		2013	2014
Efficacité du Score (%)	Dernière notation sur pousses	92,85	58,99
	Notation sur fruits	100	42,38

il apparaît que les **lessivages des produits Syllit** (multi-site de la famille des guanidines) et **Merpan 80 WG** (multi-site de la famille des phtalimides) qui ont probablement eu lieu à la suite des traitements T2 (23/04) et T6 (22/05) ont potentiellement diminué l'efficacité de ces produits, et notamment celle du Merpan 80 WG. Ces lessivages sont également une hypothèse qui pourrait expliquer les résultats médiocres du Delan WG.

La température d'application inférieure à 15°C pour les traitements T1 (16/04) et T3 (30/04) a pu **nuire à l'efficacité des modalités contenant des IBS** : Score, Produit B (association de fluopyram et de tébuconazole) et Score associé au Merpan 80 WG. Une hypothèse qui permettrait d'expliquer que le Score a une efficacité inférieure aux deux autres modalités contenant des IBS pourrait être le fait qu'il est le seul à ne pas posséder des substances d'autres famille dans sa composition, et donc que les conditions de basses températures ont fortement affecté son action.

Enfin, les traitements qui ont été réalisés sur feuillage humide (tous à l'exception du traitement T5 du 14/05) ont probablement **diminué l'efficacité des produits contenant des substances des familles des IBS et des strobilurines**, qui doivent être appliqués sur feuillage sec. Ces derniers correspondent aux Flint (dont la matière active est la trifloxystrobine) et au Brocélian (dont les matières actives sont la trifloxystrobine et le captane). Ici encore, il semblerait que l'association de deux substances actives de deux familles différentes ait permis d'assurer une efficacité convenable du produit malgré la probable inactivation de l'une d'entre elles (en l'occurrence la trifloxystrobine).

- **Réponse aux objectifs de l'essai**

Connaître **l'efficacité des produits SDHI** était l'un des objectifs de cet essai post-floraison. Le **Tableau 13** permet de reprendre les efficacités obtenues en 2014 et en 2013 lors de la dernière notation sur pousses et de la notation sur fruits.

Les efficacités des modalités testées en 2014 sont **satisfaisantes** mais inférieures à celles obtenues en 2013 pour les mêmes modalités. Comme cela a été dit pour l'essai précédent, cela n'est sans doute pas attribuable aux précipitations, mais potentiellement à un positionnement des produits moins bon qu'en 2013, ou à une éventuelle dérive de l'efficacité des produits SDHI. De même, il faut garder à l'esprit que le Produit D n'a pas vocation à être utilisé seul.

Un autre objectif de cet essai était d'évaluer, comme en pré-floraison, les **éventuelles dérives d'efficacité** de certains produits, et notamment ceux des familles des **strobilurines** et des **IBS**. En ce qui concerne les strobilurines (et notamment ici la trifloxystrobine), cette dérive ne fait aucun doute. Suspectée, elle a été confirmée depuis plusieurs années après la réalisation de tests réalisés par l'ANSES (**Annexe 8**). Cette année, cette résistance est bien visible puisque le produit Flint entraîne des pourcentages de pousses et de fruits attaqués supérieurs à ceux du TNT. En ce qui concerne les produits de la famille des IBS, le Score semble voir son efficacité se réduire, comme dans l'essai pré-floraison (**Tableau 14**).

Afin de déterminer si cette diminution de l'efficacité du produit peut être attribuée à un phénomène de résistance ou s'il s'agit simplement de la conséquence du lessivage du produit (comme évoqué précédemment), les tests adéquats devront être réalisés (**Annexe 8**).

Il semblerait que les produits les plus intéressants en post-floraison soient le **Score associé au Merpan 80 WG**, le **Syllit** et le **Brocélian** qui montrent des résultats satisfaisants aussi bien sur pousses que sur fruits. L'association précitée permet d'obtenir, dans le cadre de cet essai et avec les doses employées dans ce dernier, une synergie. Dans le cas présent, l'hypothèse qui peut être avancée pour expliquer cette synergie est la complémentarité des modes de pénétration des deux produits utilisés : en effet, le difenoconazole (substance active du Score) est pénétrant, alors que le captane (substance active du Merpan 80 WG) est de contact (*Cf. paragraphe 1.3.5*).

Tableau 15 : Comparaison des efficacités des modalités contenant des produits SDHI en pré- et en post-floraison

		Notation finale sur pousses	Notation sur fruits
Efficacité du Produit B par rapport à la référence	Pré-floraison (Référence : Dithane Néotec)	+ 21 points	-
	Post-floraison (Référence : Merpan 80 WG)	+ 27,13 points	- 1,17 point
Efficacité du Produit D par rapport à la référence	Pré-floraison (Référence : Dithane Néotec)	+ 12,75 points	-
	Post-floraison (Référence : Merpan 80 WG)	- 7,88 points	- 29,39 points
Efficacité du Produit D associé à un produit multi-site par rapport à la référence	Pré-floraison (Référence : Dithane Néotec)	+ 47,25 points	-
	Post-floraison (Référence : Merpan 80 WG)	+ 34,07 points	- 17,63 points

Tableau 16 : Conditions de réalisation des traitements de l'essai 14 POM PFI 08 – évaluation de l'efficacité de produits alternatifs

Traitement	Date	Heure	Température (°C)	Hygrométrie (%)	Vent	Couverture nuageuse	Etat du feuillage lors de l'application	Précipitations avant le traitement suivant (mm)
1	24/03/2014	10h10-10h40	10,3	73	nul	moyenne	sec	20,5
2	31/03/2014	14h40-15h05	18,4	64,5	léger	moyenne	sec	8
3	07/04/2014	13h15-14h15	27	48,5	léger	faible	sec	7,5
4	14/04/2014	14h40-15h15	23,8	37	léger	nulle	sec	10
5	22/04/2014	8h50-9h25	12,4	98,5	nul	importante	légèrement humide	35,5
6	29/04/2014	10h45-11h15	13,7	84	léger	importante	légèrement humide	4

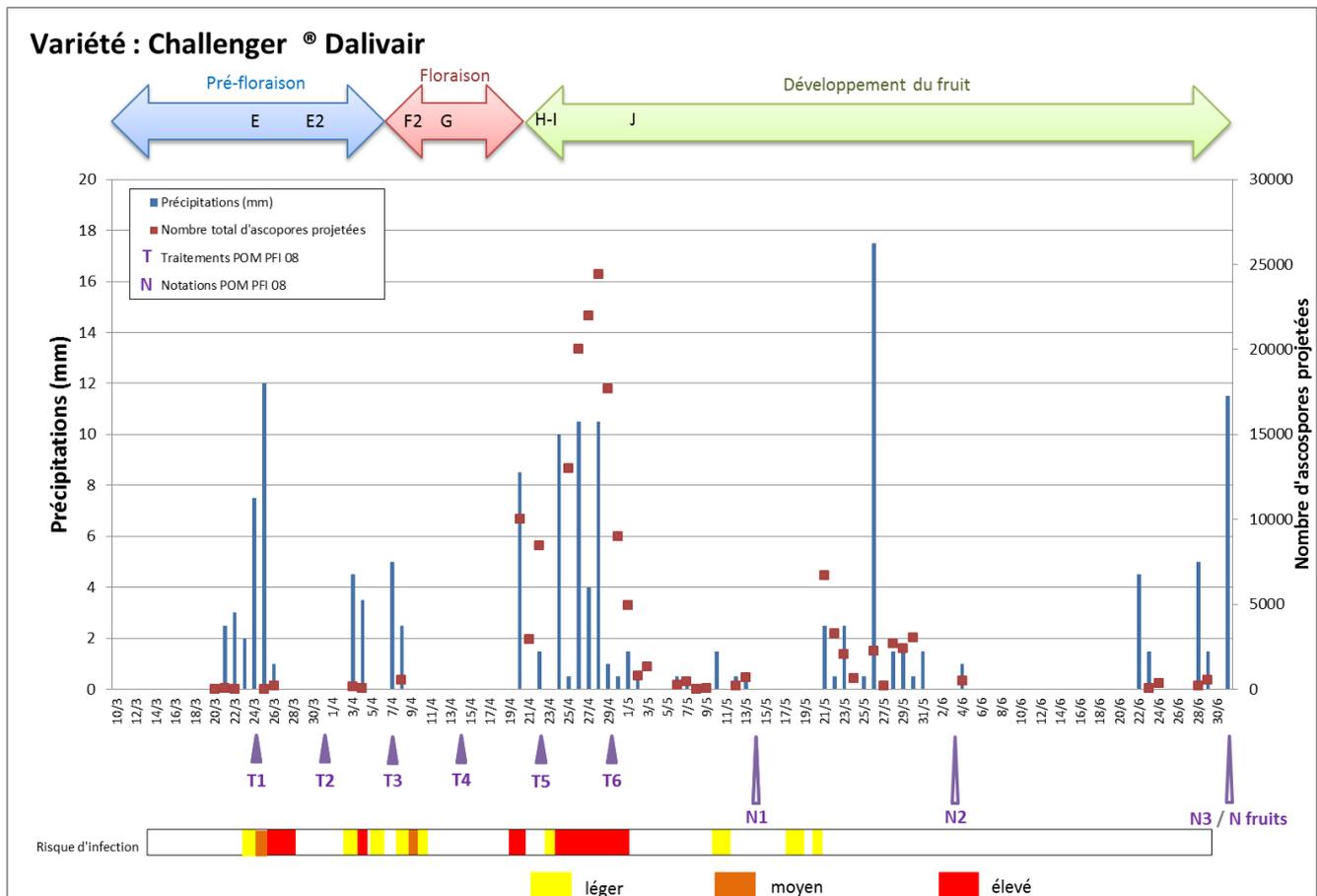


Figure 34 : Positionnement des différents traitements et notations par rapport aux projections des spores (petites et grosses ajoutées) et aux précipitations pour l'essai 14 POM PFI 08

4.2.1.6 Discussion croisée des essais efficacités produits classiques en pré- et en post-floraison – 14 POM PFI 06 et 14 POM PFI 07

En ce qui concerne les produits testés à la fois en pré- et en post-floraison, l'objectif était de **déterminer quelle est la période d'application où ils semblent les plus efficaces**. Cela ne peut pas être une comparaison stricte, car les conditions de réalisation des deux essais sont différentes. Cependant, il est possible, en comparant les produits testés à leur « produit référence » respectif, de savoir sur quelle période ils semblent exprimer le mieux leur potentiel. De même, il n'est pas possible de parler d'efficacité sur fruits en pré-floraison, puisque les fruits ne sont pas encore présents à cette époque. L'efficacité sur fruit est, dans ce cas, une conséquence de l'efficacité sur pousses ; elle n'est donc pas comparée à l'efficacité sur fruits en post-floraison. Les produits concernés sont le Produit B, le Produit D, ainsi que le Produit D associé au Dithane Néotec (en pré-floraison) ou au Merpan 80 WG (en post-floraison) des fongicides de la famille des SDHI qui ne sont pas encore homologués. Les comparaisons effectuées sont récapitulées dans le **Tableau 15**.

Il en résulte que le Produit B semble plus efficace sur pousses en post-floraison, bien qu'il soit moins efficace que la référence sur fruits. Le Produit D est, lui, plus efficace en pré-floraison, ce qui est également le cas lorsque ce dernier est associé à un produit multi-site. De plus, ces deux modalités sont moins efficaces que le produit référence sur fruit en post-floraison.

En ce qui concerne le **Produit D associé à un produit multi-site**, il est notable qu'il présente des efficacités intéressantes aussi bien en pré- qu'en post-floraison, et qui sont souvent meilleures que celles du Produit B qui contient déjà dans sa formulation un produit IBS. Leurs utilisations respectives pourront cependant se compléter, puisque le Produit B résistera mieux au lessivage mais sera plus sensible aux basses températures, alors que le Produit D associé à un produit multi-site (de contact) sera plus facilement lessivé, mais sera plus efficace en conditions de basses températures.

4.2.2 L'essai efficacité de produits alternatifs – 14 POM PFI 08

4.2.2.1 Les conditions de réalisation des traitements et des notations

Les conditions de réalisation des traitements pour l'essai POM PFI 08 ayant pour but de déterminer l'efficacité de produits alternatifs permettant de lutter contre la tavelure sont présentées dans le **Tableau 16**.

Les produits testés dans cet essai sont des produits multi-sites dans leur grande majorité, mis à part la laminarine qui est un stimulateur de défense des plantes. Ainsi, ce sont surtout les **précipitations** qui peuvent avoir une influence sur leur efficacité, puisque les produits multi-sites, qui sont souvent des produits de contact, sont considérés comme étant lessivés à partir de 20 mm de pluie. Ainsi, il est probable que ces derniers aient été lessivés à la suite des traitements T1 et T5.

Comme pour les essais précédents, les traitements sont globalement bien répartis par rapport aux pluies, toujours en considérant qu'ils restent efficaces durant 7 jours maximum en absence de pluie ou de lessivage (**Figure 34**). Cependant, les sorties de nouvelles feuilles sur la période des contaminations primaires ont pu augmenter la sensibilité des arbres.

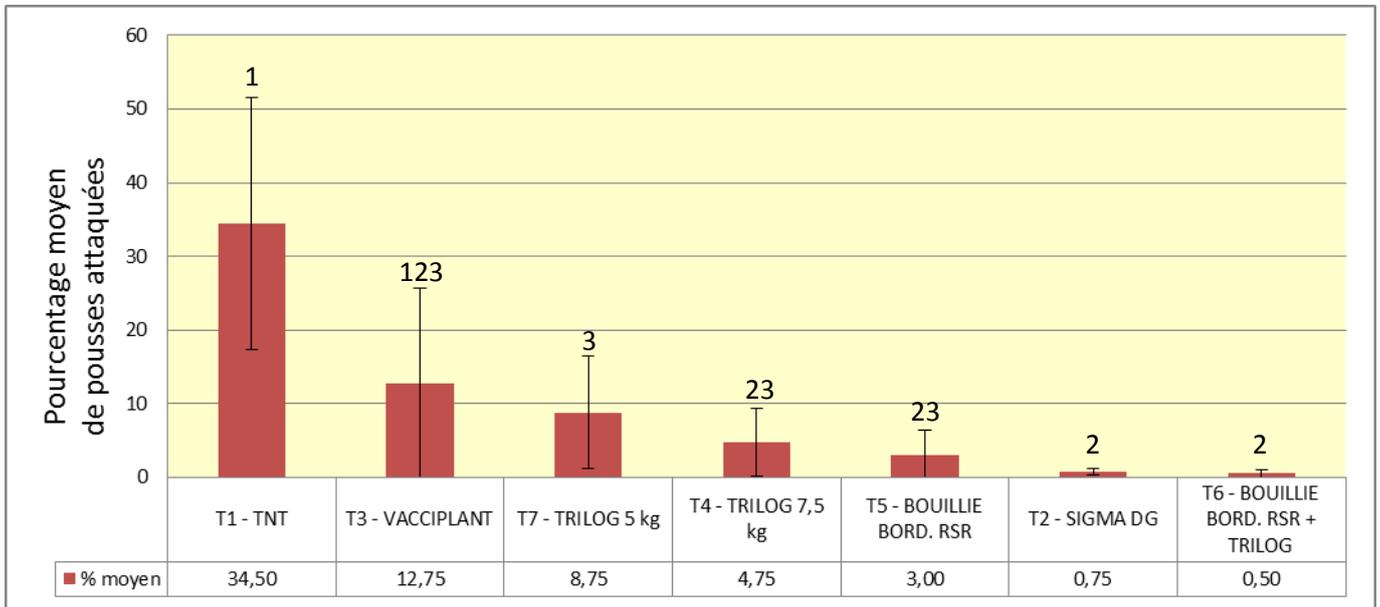


Figure 35 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 14/05/2014

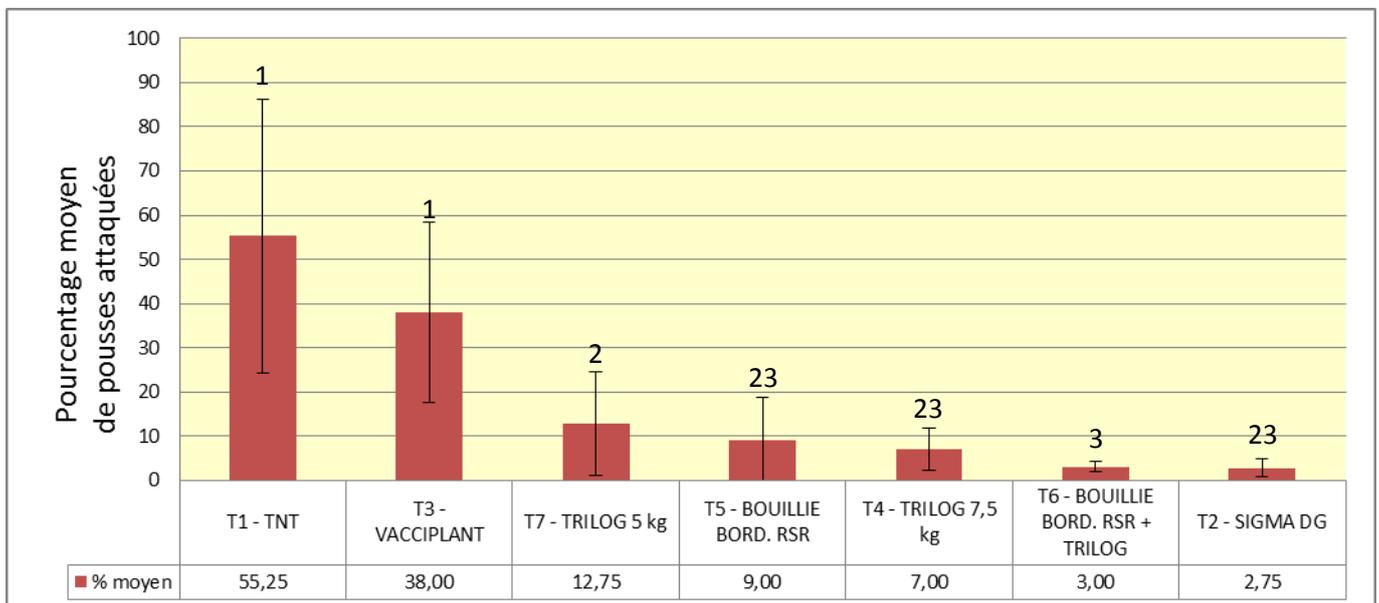


Figure 36 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 03/06/2014

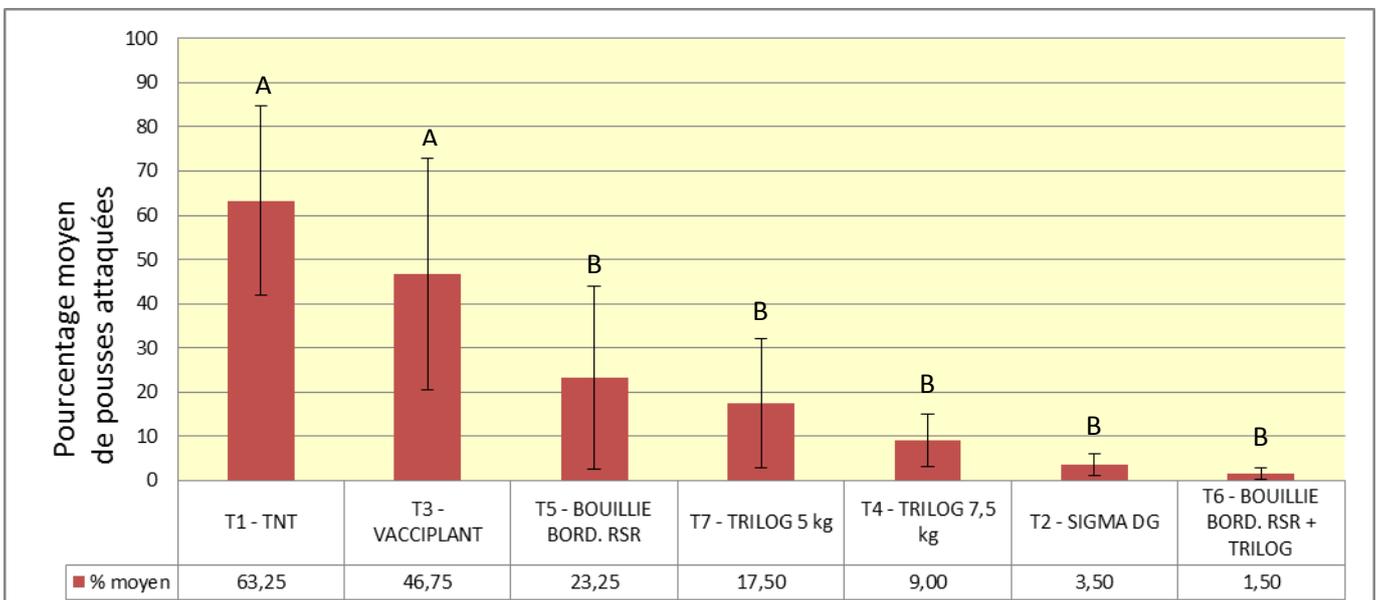


Figure 37 : Pourcentages moyens de pousses attaquées par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014

4.2.2.2 L'analyse de l'efficacité des produits

- **Notation du 14/05 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Cette première notation sur pousses révèle que le TNT présente un pourcentage moyen de pousses attaquées relativement haut (34,5%), ce qui permet de valider l'essai (**Figure 35**). Il est suivi par le Vacciplant, qui en présente 12,75%. Le Trilog dosé à 7,5 kg donne un meilleur résultat que lorsqu'il est dosé à 5 kg. La Bouillie bordelaise associée au Trilog 5 kg est la modalité la moins touchée à cette date, avec 0,5% de pousses tavelées. Elle obtient ainsi un résultat relativement équivalent à celui du produit référence, le Sigma DG, qui est touché à hauteur de 0,75%. De même, cette association donne de meilleurs résultats que la Bouillie bordelaise et le Trilog pris séparément.

Analyse statistique :

Les tests statistiques mettant en évidence une non-homogénéité des variances des résidus, l'Anova n'a pu être réalisée. Les tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney ont tout de même permis de mettre en évidence des différences significatives entre les modalités, qui sont récapitulées dans la **Figure 35**.

D'un point de vue statistique, le TNT présente un nombre de pousses tavelées significativement différent de toutes les autres modalités, mis à part le Vacciplant. Il est ensuite difficile, à ce stade, de distinguer statistiquement les différentes modalités. Seul le Trilog dosé à 5 kg donne un résultat statistiquement différent du Sigma DG et de la Bouillie Bordelaise associée au Trilog (dosé à 5 kg). Les autres modalités présentent des résultats intermédiaires.

- **Notation du 03/06 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Le TNT conserve le nombre de pousses tavelées le plus élevé avec 55,25%. Le Vacciplant présente, lui, 38% de pousses attaquées. Le Trilog dosé à 7,5 kg présente de meilleurs résultats que lorsqu'il est dosé à 5 kg. La Bouillie bordelaise associée au Trilog engendre un pourcentage de pousses tavelées très faible (3%), qui est plus bas que celui de ces deux produits pris séparément. Le pourcentage de pousses tavelées le plus faible est obtenu par le Sigma DG, avec 2,75% (**Figure 36**).

Analyse statistique :

Les tests statistiques révèlent que les résidus ne sont pas répartis selon une loi normale et les variances de ces derniers ne sont pas homogènes. Il a donc été nécessaire de réaliser des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney.

Le TNT et le Vacciplant se distinguent de toutes les autres modalités sur le plan statistique (**Figure 36**). Comme pour la notation précédente, les autres modalités se différencient très peu les unes des autres : seule l'association Bouillie bordelaise + Trilog 5 kg obtient des résultats significativement meilleurs que le Trilog 5 kg seul.

- **Notation du 01/07 (Pousses)**

Pourcentage de pousses tavelées :

Pour cette dernière notation, le TNT présente 63,25% de pousses tavelées. Il est toujours suivi du Vacciplant, qui en présente 46,75% (**Figure 37**). La Bouillie bordelaise présente un pourcentage de pousses tavelés supérieur à celui du Trilog 5 kg. La modalité Trilog 7,5 kg entraîne 8,50% de pousses tavelées en moins que le Trilog 5 kg. Cependant, son association avec la Bouillie bordelaise lorsqu'il est dosé à 5 kg diminue davantage le pourcentage de pousses tavelées, puisque cette modalité en présente 1,50%, ce qui est le pourcentage le plus bas. Par ailleurs, cette association diminue le pourcentage de pousses tavelées de 21,75% par rapport à la Bouillie bordelaise seule. A noter que les écarts-types sont particulièrement grands sur cette notation.

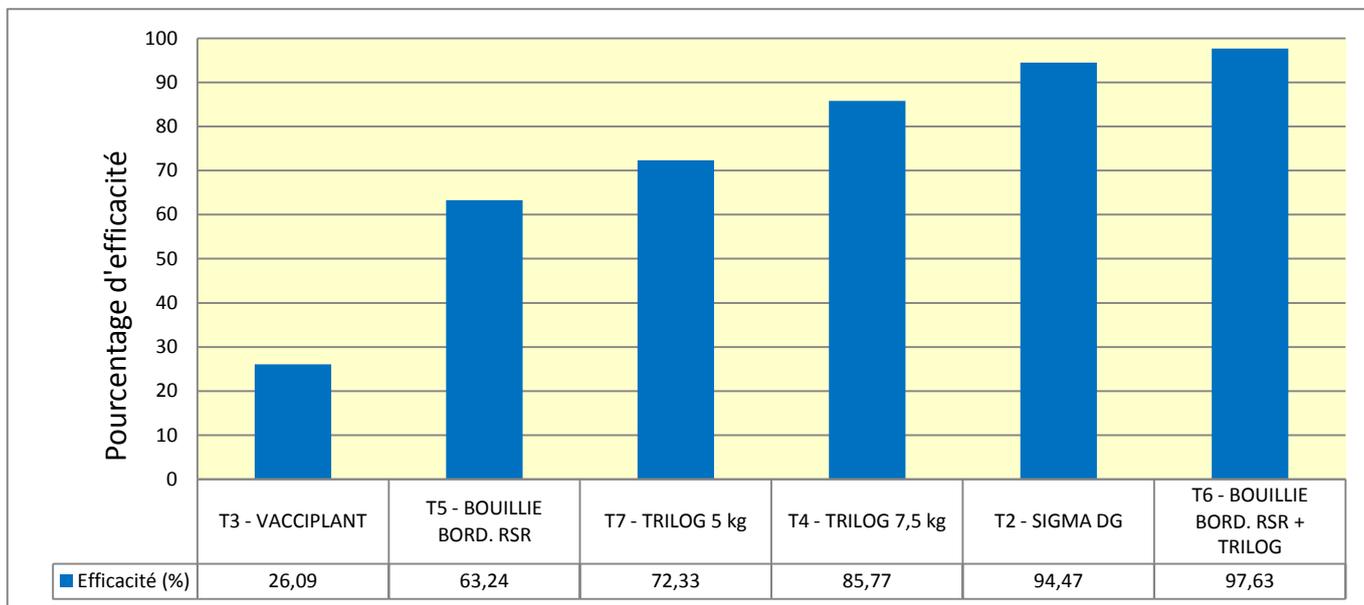


Figure 38 : Pourcentages d'efficacité sur pousses par rapport au TNT, pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014

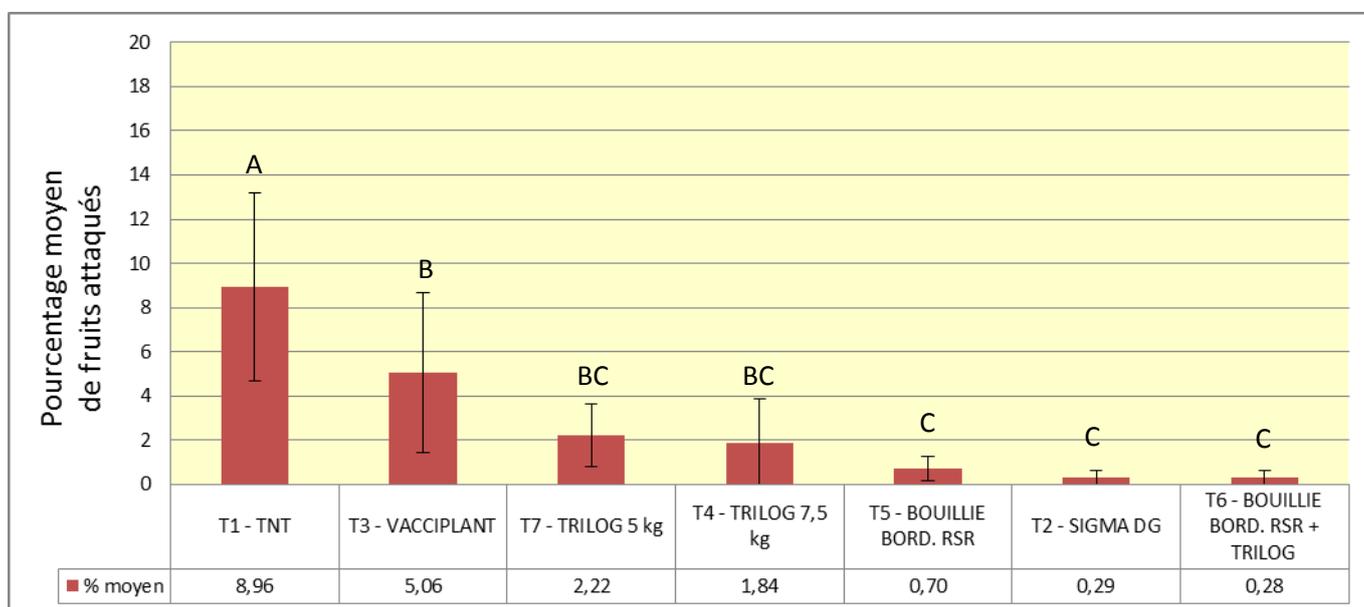


Figure 39 : Pourcentages moyens de fruits attequés par la tavelure pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014

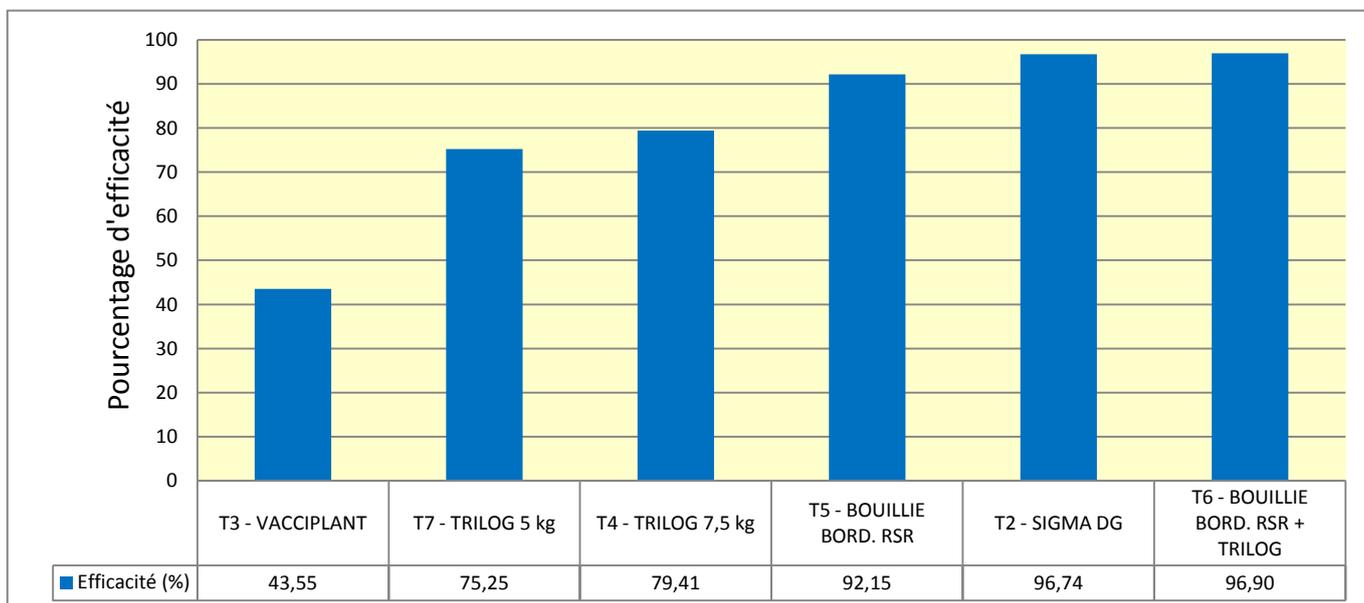


Figure 40 : Pourcentages d'efficacité sur fruits par rapport au TNT, pour chaque modalité – essai 14 POM PFI 08, notation du 01/07/2014

Analyse statistique :

La dernière notation sur pousses du 01/07 a pu être analysée à l'aide d'une Anova, les postulats nécessaires à cette analyse étant remplis. Une interaction Traitements-Blocs a été mise en évidence par le test de Tukey, qui n'est pas prise en compte dans l'analyse de variance (Cf. *paragraphe 3.2.3.6*). Un test de Newman-Keuls a ensuite permis de constituer des groupes homogènes au sein des modalités testées. Les différents résultats de cette notation sont présentés dans la **Figure 37**.

Le test de Newman-Keuls met ici en évidence **deux groupes** statistiquement différents (A et B), montrant que le TNT et le Vacciplant se distinguent de tous les autres traitements, et que les autres modalités traitées ne se distinguent pas significativement les unes des autres. L'analyse des pourcentages d'efficacité va alors permettre de voir des tendances plus précises quant à l'intérêt de chacune des modalités testées.

Pourcentage d'efficacité :

L'analyse des pourcentages d'efficacité permet de préciser des tendances entre les modalités T7, T4, T2 et T6, qui ne présentent pas de pourcentages de pousses tavelées significativement différents (**Figure 38**). La Bouillie bordelaise associée au Trilog 5 kg présente une efficacité légèrement supérieure à celle du Sigma DG, à hauteur de 3 points environ. Cette association est également plus efficace de 25,3 points par rapport à la Bouillie bordelaise utilisée seule, et également plus efficace que les Trilog 5 kg et 7,5 kg.

- **Notation du 01/07 (Fruits)**

Pourcentage de fruits tavelés :

Ce qui est remarquable est la faible pression tavelure du TNT, qui ne présente que 8,96% de fruits tavelés. Les résultats devront donc, pour cette notation, être considérés avec précaution (**Figure 39**). Le Vacciplant présente, comme sur pousses, le pourcentage de fruits tavelés le plus élevé de toutes les modalités traitées. Il est ensuite difficile de distinguer les autres modalités, puisque l'écart qui sépare les deux modalités les plus éloignées en termes de pourcentage de fruits tavelés (le Trilog 5 kg et la Bouillie Bordelaise associée à ce même produit) n'est que de 1,94 point.

Analyse statistique :

L'analyse de cette notation sur fruits a pu être réalisée à l'aide d'une Anova suivie d'un test de Newman-Keuls. L'ensemble des résultats est présenté dans la **Figure 39**.

Le TNT se distingue statistiquement de toutes les autres modalités. Le Vacciplant se distingue quant à lui également de la Bouillie bordelaise, du Sigma DG et de la Bouillie Bordelaise associée au Trilog. Les modalités T7 et T4, présentent, quant à elles, des résultats intermédiaires.

Pourcentage d'efficacité :

Les modalités Vacciplant et Trilog 7,5 kg semblent présenter des efficacités insuffisantes sur fruits, puisqu'elles sont respectivement de 75,25% et de 79,41% (**Figure 40**). Les autres modalités présentent, dans ces conditions, des efficacités supérieures à 92,15%, ce qui est très satisfaisant.

4.2.2.3 Conclusion de l'essai efficacité de produits alternatifs – 14 POM PFI 08

Le Sigma DG (modalité T2) présente, en tendance, la deuxième meilleure efficacité sur pousses et sur fruits ; cette dernière doit cependant être considérée avec précaution car la pression sur pommes est faible dans cet essai ;

La préparation Vacciplant (T3) présente systématiquement des résultats non-significativement différents de ceux du TNT, ce amène à conclure sur son intérêt très limité ;

Le Trilog 7,5 kg (T7) présente, en tendance seulement, de meilleurs résultats que le Trilog 5 kg (T4) ;

La Bouillie bordelaise testée en association avec le Trilog (5 kg) (T6) donne, toujours en tendance, les meilleurs résultats de l'essai (et donc meilleurs que ces produits pris séparément).

- **Etude de l'impact des conditions climatiques sur les efficacités observées**

L'analyse des données climatiques relevées lors des traitements a montré que les traitements T1 et T5 ont très probablement été lessivés, pénalisant leur effet. Cependant, ce lessivage touchant l'ensemble des produits de l'essai (qui sont tous multi-sites, mis à part Vacciplant), aucun produit n'est favorisé par rapport à un autre : les comparaisons d'efficacités restent donc pertinentes.

- **Réponse aux objectifs de l'essai**

Le **Vacciplant**, stimulateur de défense des plantes dont l'efficacité est mal connue sur la période des contaminations primaires, présente des résultats peu satisfaisants aussi bien sur pousses que sur fruits. Au vu de ces derniers, il ne semble pas adapté pour lutter seul contre *Venturia inaequalis* sur la période des contaminations primaires. Il serait cependant intéressant de voir quel bénéfice pourrait être obtenu (en termes d'efficacité) s'il était associé à un autre produit fongicide. Il est également possible que les traitements à cadence, et peu de temps avant les contaminations, ne soit pas adapté à ce produit (même s'ils ont su montrer des résultats plus satisfaisants par le passé avec une cadence d'application de 8-10 jours, Cf paragraphe 1.3.3.3). Il serait donc intéressant de le tester avec un protocole différent qui prendrait en compte ces propositions.

Cet essai montre une nouvelle fois un exemple de synergie. C'est le cas ici pour la **Bouillie bordelaise (Cuivre) et le Trilog (Soufre)**, pour les proportions de chaque produit utilisées dans cet essai. Cette synergie entre le cuivre et le soufre a déjà été observée dans les traitements de la vigne (Maille, 2012), mais n'est pas encore expliquée à notre connaissance. Un des défauts que peut provoquer le cuivre est la rugosité sur fruits. Elle n'a été observée que de façon ponctuelle sur cet essai, et uniquement sur le bloc IV pour la modalité T6. Ceci est donc anecdotique, et confirme que cette association constitue un **produit alternatif très intéressant** pour lutter contre la tavelure. Il serait intéressant de tester ce produit sur une variété plus sensible à la rugosité des fruits, par exemple Golden (Koké, 2014, communication personnelle), afin de vérifier si cette modalité peut se révéler intéressante pour ces variétés sensibles.

5. Discussion générale

5.1 Des efficacités de produits alternatifs qui sont prometteuses

L'essai POM PFI 08 est réalisé sur la variété Challenger® Dalivair (clone de Granny), qui est considérée comme étant plus « tolérante » à la tavelure que Smoothee 2832 ® CG 10 Yellow Delicious (clone de Golden) (Koké, 2014, communication personnelle), qui est la variété sur laquelle ont été faits les essais POM PFI 06 et 07. De plus, les parcelles P4 et P18 n'ont pas le même historique, et les dates auxquelles ont été réalisés les traitements sont différentes. Il est donc difficile de comparer les efficacités obtenues respectivement par les produits classiques et alternatifs. Cependant, dans un contexte de **réduction des intrants de synthèse**, il est légitime de s'interroger sur l'efficacité des produits alternatifs qui permettent de lutter contre *Venturia inaequalis*. L'essai POM PFI 08 a ainsi pu montrer que l'association de deux produits minéraux utilisés depuis des centaines d'années, le cuivre et le soufre, est très efficace dans cette lutte, avec 97,63% d'efficacité sur pousses, ce qui est légèrement plus élevé que le produit référence de l'essai (de 0,16 point). Afin de pouvoir comparer cette association Bouillie bordelaise + Trilog 5 kg avec la modalité classique présentant la meilleure efficacité en pré-floraison (Produit D associé au Dithane), il faudrait envisager de réaliser un essai efficacité contenant ces deux modalités. Cela permettrait donc de les comparer dans des conditions similaires.

5.2 Des limites liées aux protocoles expérimentaux

Les protocoles expérimentaux mis en place pour tester des efficacités de produits sont basés sur la **méthode CEB n°14 révision 1999**. Ce modèle favorise la rigueur dans l'expérimentation, mais permet surtout de comparer des essais qui seraient décalés dans l'espace ou dans le temps. Cependant, il faut rester conscient des limites que chaque protocole peut engendrer.

La première limite qui peut être attribuée aux trois essais présentés dans ce rapport est celle du choix du **traitement « à cadence »**. En effet, si ce mode d'application reste nécessaire pour pouvoir comparer, toute chose égale par ailleurs, un produit à tester à un produit référence, elle ne permet pas tout à fait de conclure sur l'efficacité pratique du produit testé. Ceci s'explique par le fait que les applications à cadence sont fixes dans le temps, et donc parfois décalées par rapport aux périodes d'infection. De même, les applications peuvent avoir lieu alors que les conditions climatiques ne sont pas optimales pour l'efficacité du produit. Or, il est supposé que le producteur qui utilisera le produit le fera en suivant toutes les précautions nécessaires à la maximisation de son efficacité. Par exemple, il renouvellera l'application du produit si celui-ci est lessivé afin de limiter l'apparition de nouveaux dégâts ou l'amplification d'anciens déjà présents, ce qui n'est pas fait dans les essais efficacité. Il serait donc intéressant de réaliser à la suite de ces derniers de nouveaux essais durant lesquels les traitements sont positionnés en fonction des risques de contamination.

Une autre limite inévitable des traitements à cadence est le fait qu'ils favorisent **l'apparition de résistances** de la part de *Venturia inaequalis* face aux produits uni-sites. En effet, ils sont appliqués 6 fois sur la même parcelle sur une même année, alors qu'il est préconisé de ne pas dépasser 3 à 4 traitements annuels. De même, l'application à cadence impose d'appliquer ces produits **même si des tâches sont déclarées**, ce qui met le champignon directement en contact avec le produit et peut favoriser l'apparition de résistances de la part du champignon (*Paragraphe 1.3.6*). Ceci pourrait expliquer le fait que le Chorus, produit testé dans l'essai pré-floraison, présente une dérive d'efficacité importante en 2014 par rapport à 2013.

Une limite de la notation sur pousses, qui considère le pourcentage de pousses tavelées, est qu'elle ne prend pas en compte **l'intensité de l'attaque** par *Venturia inaequalis*. En effet, une pousse qui ne présente qu'une seule tâche sur une seule de ses feuilles et une pousse dont toutes les feuilles présentent plusieurs tâches sont toutes les deux considérées comme « attaquées » ; il est donc envisageable que deux modalités aient le même nombre de pousses attaquées, alors que l'intensité de l'attaque est en réalité très différente. Or, une pousse dont toutes les feuilles sont attaquées verra son activité photosynthétique fortement diminuée, alors que ce ne sera sans doute pas le cas si la pousse présente une tâche isolée. Une diminution de l'activité photosynthétique

menant à une diminution du rendement en pommes, il serait judicieux dans le cas présent de vérifier s'il existe des différences de rendements entre les arbres des microparcelles traitées avec des modalités qui engendraient des pourcentages de pousses tavelées équivalents. Si c'était effectivement le cas, cela signifierait que l'intensité d'attaque varie. Ceci amène à conclure sur l'intérêt de relever et d'analyser la proportion de surface tavelée par feuille afin de calculer une intensité d'attaque, comme proposé dans la méthode CEB (1999).

Enfin, la **répartition des modalités au sein des blocs**, bien que réalisée de façon aléatoire, influence inévitablement les résultats. En effet, il a été remarqué sur l'ensemble des essais que la proximité d'un témoin favorisait fortement la présence de tâches sur les modalités voisines. Ceci explique les grandes variabilités du pourcentage de pousses et/ou de fruits attaqués pour une même modalité mais sur des blocs différents, qui se traduisent par des écarts-types élevés. De même, cela peut expliquer l'apparition de résidus suspects dans les analyses statistiques, et sans doute les répartitions de résidus qui ne suivent pas la loi normale.

5.3 Des limites liées à l'analyse statistique

La réalisation d'analyses statistiques est nécessaire afin de pouvoir différencier de manière objective les différents produits testés.

Cependant, les résultats obtenus doivent toujours être relativisés. En effet, le travail sur du matériel vivant fait que les hypothèses nécessaires à l'analyse de variance ne sont, souvent, pas respectées. C'est notamment le cas pour la **répartition des résidus**, qui suit rarement une loi normale dans les essais présentés dans cette étude. Or, cette répartition suivant la loi normale des populations étudiées est un présupposé essentiel des tests paramétriques, dont l'Anova fait partie. Ces tests, puissants, permettent de généraliser les résultats obtenus pour un essai à l'ensemble de la population. Lorsqu'ils ne peuvent être réalisés, des tests non-paramétriques sont effectués. Ces tests ne sont, eux, pas généralisables, et les résultats obtenus ne restent donc valides **que pour l'essai en question**, avec les conditions climatiques et pédologiques qui lui sont propres.

Une solution qui permettrait d'obtenir une répartition normale des résidus ainsi que des variances des résidus plus homogènes serait d'augmenter le nombre de blocs. Cependant, si cette solution est facilement réalisable sur des cultures annuelles, elle est beaucoup plus compliquée à mettre en place en verger de pommiers.

Conclusions et perspectives

Le **suivi biologique** est un essai nécessaire, qui permet de connaître les périodes de projections des spores en temps réel. De même, il met en évidence l'intensité de ces dernières. Cela a pour but de communiquer l'information aux arboriculteurs qui en tiendront compte dans leurs stratégies de lutte. Cette année, il a permis de confirmer la relation étroite qu'il y a entre les conditions climatiques (en l'occurrence les précipitations) et les épisodes de libération des spores. Aussi, des spores de taille inférieure aux spores de *Venturia inaequalis* ont été observées durant cette période d'infections primaires : 170 fois plus nombreuses, elles ne sont pas encore identifiées à ce jour, mais leur forte ressemblance avec les « véritables » spores de *Venturia inaequalis* nous a fait avancer l'hypothèse qu'il s'agissait bien de spores appartenant au genre *Venturia*. A ce titre, elles ont été décomptées et intégrées dans le suivi biologique.

C'est ainsi que ce dernier a été marqué par des périodes majeures d'infection cette année :

- Pour les grosses spores (de *Venturia inaequalis*) : les 25 et 26/03 (avec 22,18% de ces spores libérées), du 03/04 au 08/04 (15,42%) et du 21/04 au 28/04 (52,48%).
- Pour les petites spores : du 20/04 au 01/05 (81,86%) et du 21/05 au 30/05 (14,42%)

Le logiciel RIMpro a également établi une dynamique de projection pour les spores de *Venturia inaequalis*. Les périodes majeures alors mises en évidence sont au nombre de trois ; la première se situe entre le 21/03 et le 25/03, avec 19,50% des spores libérées ; du 02/04 au 07/04 37,02% des spores sont libérées, selon le logiciel ; enfin, 42,13% sont projetées du 18/04 au 01/05. Le logiciel RIMpro donne donc une dynamique de projection assez proche de celle des grosses spores, mais décalée de celle des petites spores. RIMpro souligne donc bien les épisodes majeurs de libération de spores de *Venturia inaequalis*, ce qui confirme l'intérêt de son utilisation.

Les **essais efficacité** ont été marqués cette année par des attaques de tavelure parfois hétérogènes dans les parcelles, ce qui a nécessité l'utilisation de tests statistiques non-paramétriques dans l'analyse des résultats. Peu puissants, il faut garder à l'esprit que les résultats obtenus sont uniquement valables pour les essais présentés dans ce mémoire, avec les conditions qui leur sont propres.

Néanmoins, si les résultats statistiques sont à considérer avec précaution, des tendances intéressantes ont pu être mises en évidence. Ainsi, les **produits classiques** présentant les meilleurs résultats en pré-floraison sont le Syllit (63,50% d'efficacité sur pousses) et le Produit D associé au Dithane Néotec (79%). En post-floraison, il s'agit du Syllit (62,37% d'efficacité sur fruits), du Brocélian (64,46%) du Merpan 80 WG associé au Score (69,43%). Les associations de produits fructueuses pré-citées ont permis de mettre en évidence des **synergies intéressantes**, qui proviennent sans doute de la complémentarité de l'action des substances actives associées, qui sont uni-sites et multi-sites. Les fongicides concernés semblent donc pouvoir être intégrés dans une stratégie de lutte contre la tavelure.

Des **diminutions d'efficacité** de certains produits ont également été observées par rapport à l'année précédente. C'est le cas pour le Chorus (dont la substance active est de la famille des anilopyrimidines) en pré-floraison, et pour le Score (dont la substance active est de la famille des IBS), aussi bien en pré- qu'en post-floraison. Des tests adéquats devront être réalisés par l'ANSES afin de déterminer si ces dérives sont dues à l'apparition de résistances ou aux conditions climatiques défavorables lors des applications des produits. La modalité Flint (dont la substance active appartient à la famille des strobilurines) a présenté un pourcentage de pousses et de fruits tavelés plus élevé que pour le TNT, et ce de façon quasi-systématique. La résistance de *Venturia inaequalis* vis-à-vis de ce produit ne fait aucun doute, et a d'ailleurs été prouvée depuis plusieurs années.

Les produits dont les substances actives appartiennent à la famille des SDHI ont présenté, cette année, des résultats peu convaincants. En effet, le Produit D et le Produit B semblent moins efficaces que lors des essais réalisés en 2013. Le Produit D associé à un produit multi-site présente cependant des efficacités intéressantes, souvent meilleures que celles du Produit B qui contient déjà

dans sa formulation un produit IBS. Leurs utilisations respectives pourront cependant se compléter, puisque le Produit B résistera mieux au lessivage mais sera plus sensible aux basses températures, alors que le Produit D associé à un produit multi-site (de contact) sera plus facilement lessivé, mais plus efficace en conditions de basses températures.

Concernant les périodes d'applications optimales, il semblerait que le Produit B semble plus efficace sur pousses lorsqu'il est positionné en post-floraison. Le Produit D semble quant à lui plus efficace en pré-floraison. Lorsque ce dernier est associé à un produit multi-site, il reste également plus efficace en pré-floraison.

L'essai visant à évaluer l'efficacité de **produits alternatifs** a permis de révéler une efficacité **décevante pour le Vacciplant**, stimulateur de défense des plantes, qui n'est que de 63,24 % sur pousses (avec un pourcentage de pousses tavelées qui n'est pas statistiquement différent de celui du TNT), et de 43,55% sur fruits. Si son application seule apparaît comme insuffisante, il serait intéressant de voir quel pourrait être son intérêt s'il était combiné à un autre produit. Il serait également intéressant de tester son efficacité à l'aide d'un protocole qui ne serait pas à cadence et dont l'application serait bien antérieure aux périodes d'infection, afin de donner à l'arbre le temps de développer ses mécanismes de défense. Dans cet essai encore, une **synergie très intéressante** a été montrée entre la Bouillie bordelaise RSR et le Trilog 5 kg, puisque cette association présente une efficacité de 97,63% sur pousses (légèrement supérieure à celle du produit référence, qui est un produit classique) et de 93,90% sur fruits ; ce dernier chiffre est cependant à considérer avec précaution, car la pression tavelure est faible sur fruit pour cet essai. Un avantage de ces produits multi-sites est que le risque d'apparition de résistances est faible. Afin de pouvoir comparer les résultats de cette association avec ceux de l'association Produit D + Produit multi-site, il faudrait intégrer ces deux modalités au sein d'un même essai.

Des **perspectives autour des essais analysés** dans cette étude sont envisageables. Une d'entre elles est de continuer la réalisation d'essais efficacité sur les produits SDHI durant plusieurs années, afin de voir s'ils ne présentent pas des dérives d'efficacité dans le temps.

Une autre perspective est la réalisation d'essais dits de « **valeur pratique** », qui consistent à évaluer une nouvelle fois l'efficacité des produits testés dans les essais efficacités, mais en les appliquant cette fois-ci comme le ferait un producteur, c'est-à-dire en fonction des conditions météorologiques et des périodes à risque (et non plus à cadence). Ces essais pourront inclure des produits SDHI, afin d'évaluer leur efficacité lorsqu'ils ne sont pas appliqués à cadence.

Ces essais pourront être suivis d'essais « **stratégie** », dans lesquels différentes séquences de produits sont testées, qui pourront inclure des produits alternatifs (comme par exemple l'association Bouillie bordelaise + Trilog 5 kg) et des produits classiques (comme par exemple l'association du Produit D à un produit multi-site).

Bibliographie

ACTA. 2012. Index phytosanitaire ACTA 2013 (49ème édition). 984p. ISBN:978-2-85794-274-0.

Agrios G. N. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press. 952 p. ISBN: 978-0-12-044565-3.

Aylor D. E., Anagnostakis S. L. 1991. Active discharge distance of *Venturia inaequalis*. Phytopathology. 81. 548-551. En ligne. < http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n05_548.PDF >. Consulté le 07/05/2014.

Aziz A., Poinssot B., Daire X., Adrian M., Bézier A., Lambert B., Joubert J. B., Pugin A. 2003. Laminarin elicits defense responses in grapevine against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*. The American Phytopathological Society. (16, 12). 1118-1128. En ligne. < <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI.2003.16.12.1118> >. Consulté le 11/05/2014.

Bernardon-Méry A., Joubert J. M. 2013. La laminarine contre la tavelure du pommier. Phytoma. 662. 28-31.

Bertrand F., Maumy M. 2011. Tests non paramétriques. 62 p. En ligne. < http://www-irma.u-strasbg.fr/~fbertran/enseignement/DUS2_2011/DUS2_CoursNonPara_1.pdf >. Consulté le 20/08/2014.

Borcard D. sd. Transformation de données : normalisation, stabilisation des variances. 4p. En ligne. < http://biol09.biol.umontreal.ca/bio2042/Transf_donn.pdf >. Consulté le 20/08/2014.

Bovey R., Baggiolini M., Boley E., Corbaz R., Mathys G., Meylan A., Murbach R., Pelet F., Savary A., Rivelli G. 1967. La défense des plantes cultivées. Traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole (5ème édition). Payot. Lausanne. 242-247.

Brent K. J., Hollomon D. W. 2007. Fungicide resistance in crop pathogens : How can it be managed ?. Fungicides Resistance Action Committee. 60p. ISBN : 90-72398-07-6. En ligne. < http://www.frac.info/publication/anhang/FRAC_Mono1_2007_100dpi.pdf >. Consulté le 08/04/2014.

Brook P.J. 1968. Effects of light, temperature and moisture on release of ascospores by *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. New Zealand Journal of Agricultural Research. (12, 1). 214-227. DOI: 10.1080/00288233.1969.10427090. En ligne. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00288233.1969.10427090#.UwzuXON5OSo>>. Consulté le 25/02/2014.

Brun L., Didelot F., Parisi L. 2007a. Stratégies de protections innovantes contre la tavelure du pommier : conception, évaluation et intégration en verger. In : Protection intégrée en arboriculture et viticulture. Paris. 18p.

Brun L., Didelot F., Parisi L. 2007b. Effects of apple cultivar susceptibility to *Venturia inaequalis* on scab epidemics in apple orchards. Crop protection. 27. 1009-1019. DOI : 10.1016/j.copro.2007.12.009.

Carisse O., Jobin T. 2006. La tavelure du pommier : mieux comprendre pour mieux intervenir. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 26p. ISBN : 0-662-73001-1. En ligne. < http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/doc/sci/pub/pdf/carisse_scab_f.pdf >. Consulté le 08/04/2014.

CEFEL. 2013. CEFEL : L'entreprise. En ligne. < <http://www.cefel.eu/l-entreprise> >. Consulté le 25/05/2014.

Commission des essais biologiques de l'Association Française de Protection des Plantes. 1999. Méthode d'essai d'efficacité pratique de fongicides destinés à combattre les tavelures du Poirier et du pommier, *Venturia pirina* Aderh. et *Venturia inaequalis* Aderh. Méthode n°14 Révision : 1999. 18p.

- Crété X. 2005.** Tavelure du pommier, revenir à la prophylaxie. Centre expérimental horticole de Marsillargues. 7p.
- Crété X. 2007.** Contribution à la protection intégrée du pommier : réduction de l'inoculum primaire de tavelure, *Venturia inaequalis* (Cke) Wint. par pulvérisation d'urée. Montpellier SupAgro. 79p.
- DeWaard M. A. 1993.** Recent developments in fungicides. in: Modern Crop Protection: Developments and Perspectives. Wageningen Pers. Wageningen, the Netherlands. 11-19
- EUR-Lex. 2011.** EUR-Lex-32011R0543-EN. En ligne. < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX:32011R0543> >. Consulté le 23/05/2014.
- e-phy. 2014.** Pommier*Trt Part. Aer.*Tavelures(s). En ligne. < e-phy.agriculture.gouv.fr >. Consulté le 01/05/2014.
- Falk S. P., Gadoury D. M., Seem R. C. 1995.** Analysis of risk of primary apple scab infection. (Abstr.). Phytopathology. 86. 1556.
- FRAC. 2014.** Working groups : SDHI fungicides. En ligne. < <http://www.frac.info/> >. Consulté le 14/04/2014.
- FranceAgriMer. 2014.** Les filières des fruits et légumes, données 2013 : Edition provisoire juillet 2014.. Les cahiers de FranceAgriMer. 76-77.
- Gadoury D. M., MacHardy W. E. Stensvand A. 1993.** Ascospore discharge in *Venturia inaequalis*. Norwegian Journal of Agricultural Sciences. 17. 205-219.
- Gadoury D. M., Stensvand A., Amundsen T., Semb L., Seem R. C. 1998.** Discharge and dissemination of ascospores by *Venturia inaequalis* during dew. Plant Disease. 82. 761-764. En ligne. < <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.1998.82.7.761> >. Consulté le 07/05/2014.
- Giraud M. 2009.** La tavelure du pommier : Comment mesurer les projections d'ascospores ?. Info-Ctifl. 253. 34-39.
- Giraud M., Trapman M. 2006.** Le modèle RIMpro : intérêt dans la gestion de la tavelure du pommier. L'arboriculture. 603. 29-32.
- Giraud M., Baudry O., Orts R., Gendrier J. P., Darthout L. 2006.** Protection intégrée pommier-poirier (2ème édition). Editions Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Paris. 335 p.
- Glättli A., Stammler G., Grote T., and Schlehner S. 2011.** SDH Inhibitors: History, biological performance and molecular mode of action. p 159-169 in: Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI. H. W. Dehne, H. B. Deising, U. Gisi, K. H. Kuck, P. E. Russell, and H. Lyr. Editions : DPG. Braunschweig, Germany.
- Goëmar. 2013.** L'innovation Goëmar Vacciplant® Fruits et Légumes lancée en grand contre la tavelure en 2013. En ligne. < <http://www.goemar.com/article/216/home-plus/1%E2%80%99innovation-goemar-vacciplant%C2%AE-fruits-%26-legumes-lancee-en-grand-contre-la-tavelure-en-2013.html> >. Consulté le 25/05/2014.
- Gomez C., Parveaud C. E., Dieudonné C., Brun L., Gros C., Asencio P., De La Vallée D. 2012.** Tavelure du pommier : comparaison de méthodes de prophylaxie. In : Journées techniques légumes et cultures pérennes biologiques. Avignon. 159-162.
- Hebrard M. N. 2013.** La tavelure en vergers de pommiers : Suivi de la contamination primaire et évaluation de nouvelles substances actives SDHI contre *Venturia inaequalis*. Université d'Angers. 33p.
- Hirst J. M., Stedman O. J. 1962.** The epidemiology of apple scab (*Venturia inaequalis*[Cke] Wint). II. Observation on the liberation of ascospores (Abstr.). Annals of Applied Biology. 50. 525-550. En ligne. < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1962.tb06047.x/abstract> >. Consulté le 07/05/2014.

- INRA, CTIFL, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2008.** Note nationale tavelure du pommier 2008. 3p. En ligne. < http://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/note_tavelure_2008_cle83199a.pdf >. Consulté le 03/05/2014.
- James J. R., Sutton T. B. 1982.** Environmental factors influencing pseudothecial development and ascospore maturation of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. 152. 293-307.
- Keitt G. W., Jones L. K. 1926.** Studies of the epidemiology and control of apple scab. *Agricultural experiment station of the university of Wisconsin research bulletin*. 73. 104p.
- Keon J. P. R., White G. A., Hargreaves J. A. 1991.** Isolation, characterization and sequence of a gene conferring resistance to the systemic fungicide carboxin from the maize smut pathogen, *Ustilago maydis*. *Current Genetics*. 19. 475-481. En ligne. < <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00312739#page-1> >. Consulté le 07/05/2014.
- Koké E. 2012.** *Pommier : Suivi biologique de la tavelure et prévision du risque*. *Comptes-rendus techniques 2012*. Editions : CEFEL et Ctifl. 57- 60.
- Köller W., Scheinpflug H. 1987.** Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors : a new challenge. *Plant diseases*. 71. 1066-1074
- Köller W., Wilcox W. F., Parker D. M. 2005.** Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to anilinopyrimidine fungicides and their contribution to scab management in New York. *Plant Diseases*. 89. 357-365. En ligne. < <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-89-0357> >. Consulté le 07/05/2014.
- Kunz S., Deising H., Mengden K. 1997.** Acquisition of resistance to sterol demethylation inhibitors by populations of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. 87. 1272-1278. En ligne. < https://kops.ub.uni-konstanz.de/xmlui/bitstream/handle/urn:nbn:de:bsz:352-opus-38448/Acquisition_of_resistance_to_sterol_demethylation_inhibitors_by_populations_of_venturia_inaequalis.pdf?sequence=1 >. Consulté le 13/04/2014.
- Lateur M. 2002.** Perspectives de lutte contre les maladies des arbres fruitiers à pépins au moyen de substances naturelles inductrices d'une résistance systémique. *Biotechno. Agronon. Soc. Environ.* (6,2). 67-77. En ligne. < <http://www.forumphyto.fr/images/pdf/DocusPublics/Avant2008/02sdn-fruitier.pdf> >. Consulté le 04/05/2014.
- Leca A. 2011.** *Contribution à l'étude de la durée d'humectation au sein d'un couvert de pommier*. Université Blaise Pascal. 332p. En ligne. < <http://hal.inria.fr/docs/00/84/08/41/PDF/Leca-2011CLF22196.pdf> >. Consulté le 22/03/2014.
- Leroux P., Gredt M., Leroch M., Walker A. S. 2010.** Exploring mechanisms of resistance to respiratory inhibitors in field strains of *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold. *Applied and Environmental Microbiology*. 76. 6615-6630. En ligne. < <http://aem.asm.org/content/76/19/6615.full> >. Consulté le 07/05/2014.
- Lewis F. H. 1943.** *Studies on spray and dust schedules for control of apple scab in western New York*. Cornell University. 300 p.
- MacHardy W.E. 1996.** Apple Scab – Biology, Epidemiology, and Management. *The American Phytopathological Society*. 545 p.
- MacHardy W.E., Gadoury D.M. 1986.** Patterns of ascospores discharge by *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. 76. 985-990.
- MacHardy W.E., Gadoury D.M. 1989.** A revision of Mills criteria for predicting apple scab infection periods. *Phytopathology*. (79, 3). 304-310. En ligne. < http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1989Articles/Phyto79n03_304.pdf >. Consulté le 07/05/2014.

MacHardy W.E., Gadoury D.M., Gessier C. 2001. Parasitic and Biological Fitness of *Venturia inaequalis* : Relationship to Disease Management Strategies. Plant Disease. (85, 10). 1036-1051. En ligne. < <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2001.85.10.1036> >. Consulté le 25/02/2014.

Maille E. 2012. Optimisation de la conduite phytosanitaire du vignoble en Agriculture Biologique. 13 p. En ligne. < www.agrobioperigord.fr/upload/article-point-infos-optimisation-de-le-conduite-phytosanitaire-en-viticulture-biologique-2012.pdf >. Consulté le 20/08/2014.

Météo France. sd. Données climatiques de la station de Montauban. En ligne. < <http://www.meteofrance.com/climat/france/montauban/82121002/normales> >. Consulté le 20/08/2014.

Mills W. D. 1944. Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. Cornell Ext. Bulletin. 630 p.

Mills W. D., LaPlante A. A. 1951. Diseases and insects in the Orchard. Cornell Ext. Bulletin. 711. 2-27.

Monteban D. 2009. Suivi biologique de la tavelure du pommier et comparaison de deux logiciels de modélisation : CimMet et RIMpro. Université de Reims Champagne-Ardenne. 38p.

OFAG. 2014. Index des produits phytosanitaires (Version : 04/04/2014). En ligne. < <http://www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=fr&item=58> >. Consulté le 15/04/2014.

Olivier J.M, Lespinasse Y. 1981. Evolution des recherches sur la résistance du pommier à la tavelure. II. Etude du parasitisme et de lutte. In : 1^{er} colloque sur les recherches fruitières. INRA-CTIFL. Bordeaux. 145-156.

Osbert E. 2011. Relations entre architecture du pommier, microclimat au sein de la couronne et épidémies de tavelure. Agro Campus Ouest. 43 p

Parisi L., Didelot F., Brun L. 2004. Raisonner la lutte contre la tavelure du pommier, un enjeu majeur pour une arboriculture durable (Abstr.). Phytoma-La Défense des végétaux. 567. 49-53. En ligne. < <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=15390218> >. Consulté le 03/05/2014.

Parisi L., Orts R., Rivenez-Damboise MO., Lefeuvre M., Lagarde MP. 1995. Protection intégrée du verger de pommiers de l'an 2000. Tavelure et oïdium : variétés résistantes et lutte raisonnée. Arboriculture Fruitière. 486. 25–29.

Rémusson L., Fontaine S., Micoud A., Fraissinet-Tachet L., Manneisse R., Mélayah D. 2007. Tavelure du pommier : sa résistance aux strobilurines en France. Tests biologiques et moléculaires 2004-2006 (Abstr.). Phytoma-La Défense des végétaux. 605. 41-45. En ligne. < <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=18797552> >. Consulté le 11/04/2014.

Rocher F. 2004. Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : évaluation de la systémie phloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de réaction de défense. Université de Poitiers. 147p. En ligne. < http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/13/91/41/PDF/These_Francoise_Rocher.pdf >. Consulté le 09/04/2014.

Sagnes J. L., Koké E. 2011. Tavelure : bien maîtriser les contaminations primaires. Action Agricole. p9. En ligne. < http://cefel.eu/images/stories/articles/pomme/2011/tavelure_aa_7avril2011.pdf >. Consulté le 14/05/2014.

Schwabe W. F. S. 1979. Changes in scab susceptibility of apple leaves as influenced by age. Phytophylactica. (11,2). 53-56. En ligne. < <http://www.cabdirect.org/abstracts/19791358534.html;jsessionid=D93F007F1CD60792CD4F66C8352A3025> >. Consulté le 07/05/2014.

Schwabe W.F.S., Jones A.L., J.P. Jonker. 1984. Changes in the Susceptibility of Developing Apple Fruit to *Venturia inaequalis*. Phytopathology. 74. 118-121. En ligne. < http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1984Articles/Phyto74n01_118.PDF >. Consulté le 06/04/2014.

Stensvand A., Gadoury D.M., Amundsen T., Sem L., Seem R.C. 1997. Ascospore Release and Infection of Apple Leaves by Conidia and Ascospores of *Venturia inaequalis* at Low Temperatures. Phytopathology. (87, 10). 1046-1053. En ligne. <<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.10.1046>>. Consulté le 25/02/2014.

Sutton D. K., MacHardy W. E., Lord W. G. 2000. Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore dose of *Venturia inaequalis* and disease buildup. Plant Diseases. 84.1319-1326. En ligne. <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2000.84.12.1319>>. Consulté le 03/05/2014.

Syngenta. 2010. Communiqué aux médias : Syngenta lance l'isopyrazam avec une première homologation au Royaume-Uni. En ligne. <<http://www.syngenta.com/global/corporate/SiteCollectionDocuments/pdf/media-releases/fr/20100331-fr-syngenta-launches-isopyrazam-with-first-registration-in-the-uk.pdf>>. Consulté le 15/04/2014.

Terre-net. 2012. DuPont solutions : extension d'usage du proquinazid et projet SDHI pour 2013. En ligne. <http://www.terre-net.fr/dossier_special/fongicides-2012/?idRub=2691&id=76318>. Consulté le 15/04/2014.

Trapman M. 2013. Bio Fruit Advies : RIMpro User Manual (version Feb. 2013). En ligne. <<http://www.biofruitadvies.nl/Downloads/RIMpro%20User%20Manual%202013.pdf>>. Consulté le 15/04/2014.

Vaillancourt L.J., Hartman J.R. 2000. Apple scab. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-1005-01. En ligne. <<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/AppleScab.aspx>>. Consulté le 08/05/2014.

Veloukas T., Markoglou A. N., Karaoglanidis G. S. 2013. Differential effect of *SdhB* gene mutation on the sensitivity to SDHI fungicides in *Botrytis cinerea*. Plant diseases. 97. 118-122. En ligne. <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-03-12-0322-RE>>. Consulté le 15/04/2014.

Annexes

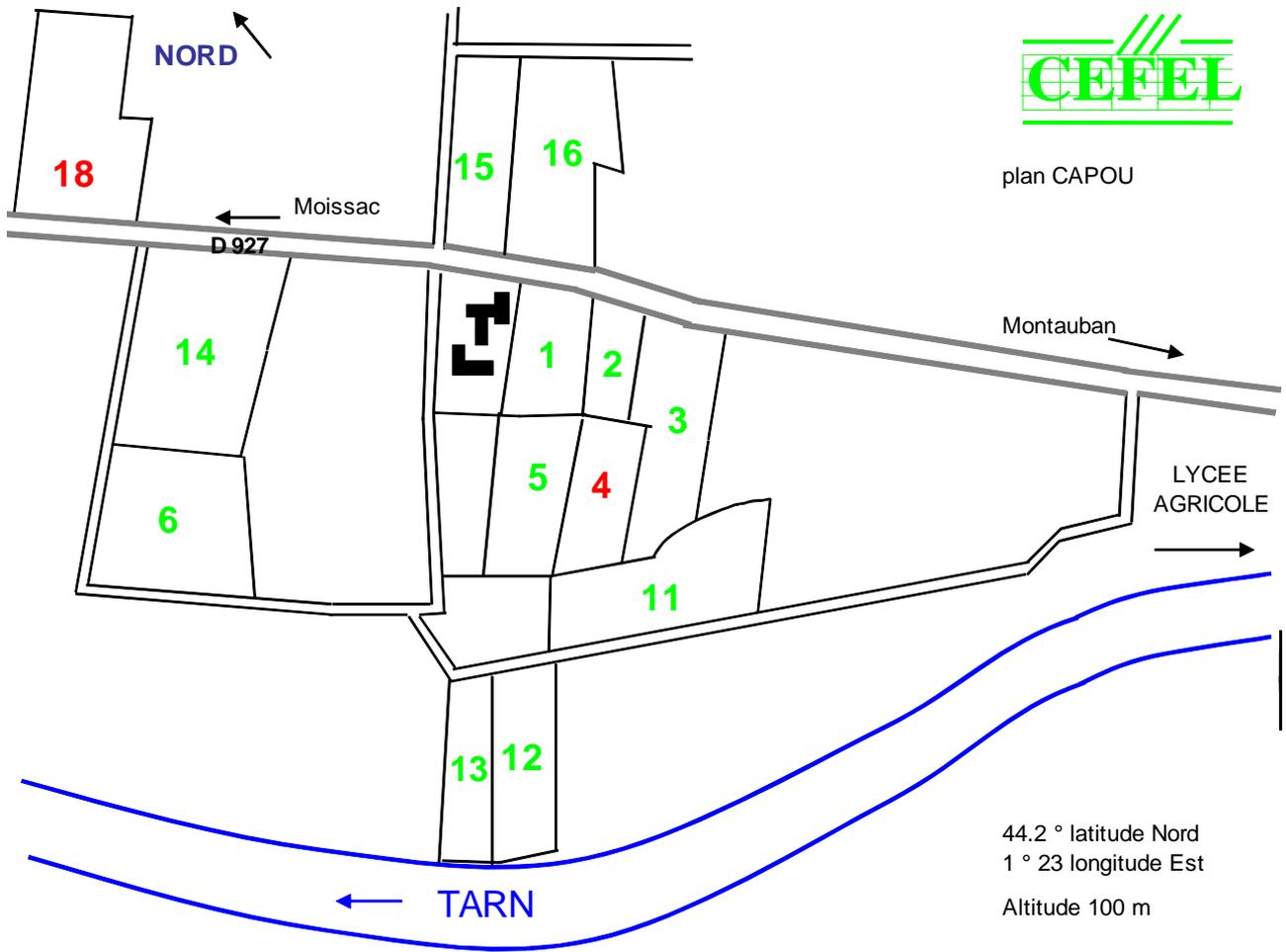
Annexe 1 : Les stades phénologiques du pommier selon Fleckinger, et leur correspondance avec le code BBCH (d'après Destrés et Regnard, 1986)	I
Annexe 2 : Parcellaire du site de Montauban Capou et localisation des parcelles supports des essais (en rouge) (CEFEL, 2014).....	II
Annexe 3 : Plans des essais POM PFI 06, 07, 08	III
Annexe 4 : Tableaux récapitulant les conditions climatiques obtenues avec la station météo du du CEFEL, les données du suivi biologiques effectué à l'aide du piège Marchi et les données fournies par RIMpro	VI
Annexe 5 : Résultats des analyses statistiques de l'essai 14 POM PFI 06.....	XII
Annexe 6 : Résultats des analyses statistiques de l'essai 14 POM PFI 07.....	XXVIII
Annexe 7 : Résultats des analyses statistiques de l'essai 14 POM PFI 08.....	XXXIII
Annexe 8 : Les différentes étapes de la démarche mise en place par l'ANSES afin d'étudier les phénomènes de résistance dans les populations de bio-agresseurs	XL

Annexe 1 : Les stades phénologiques du pommier selon Fleckinger, et leur correspondance avec le code BBCH (d'après Destrés et Regnard, 1986)

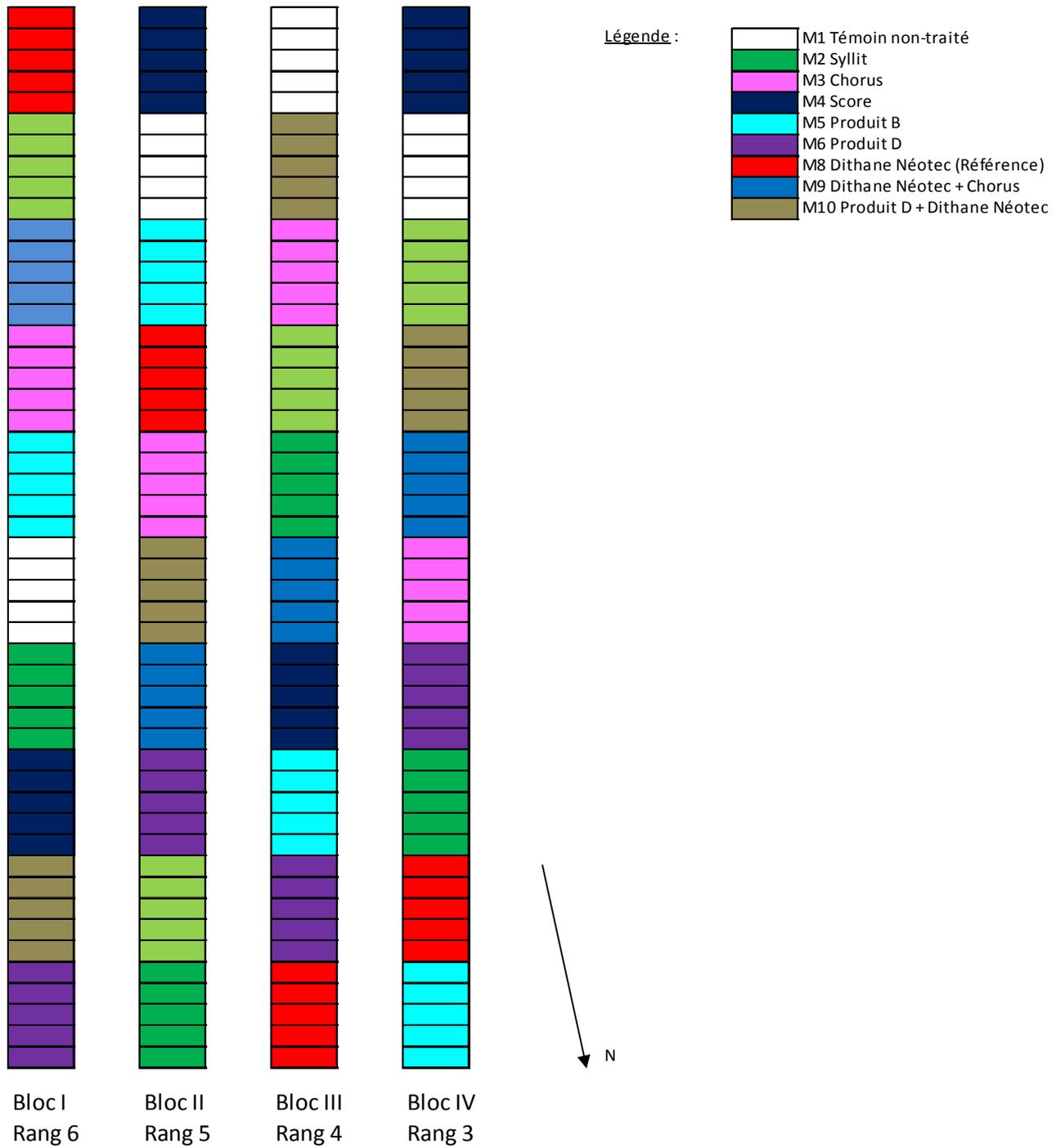


Stade selon Fleckinger	A	B	C	C3	D	E	E2	F	F2	G	H	I	J
Code BBCH	00	51	53	54	56	57	59	61	65	67	69	71	72

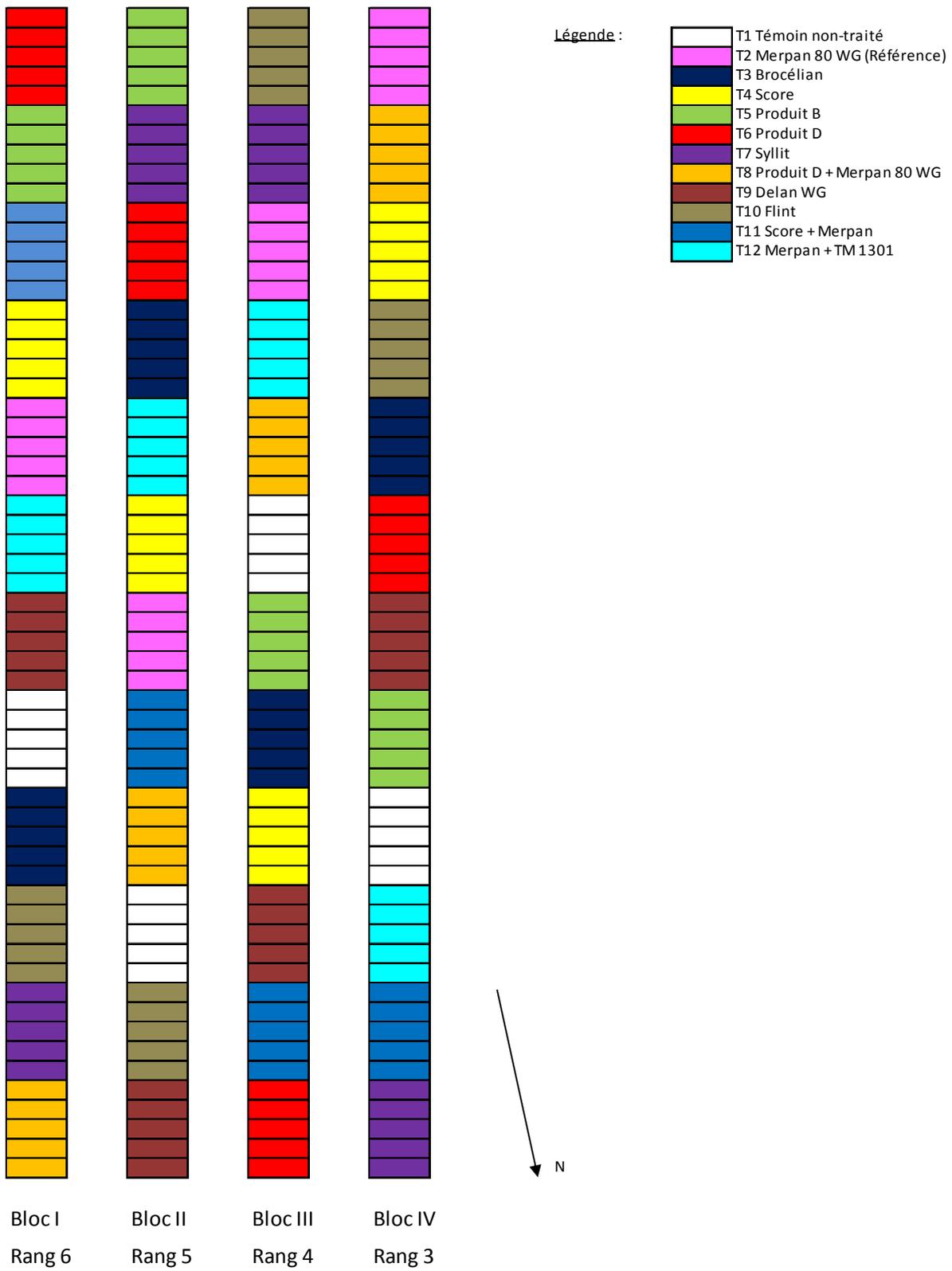
Annexe 2 : Parcellaire du site de Montauban Capou et localisation des parcelles supports des essais (en rouge) (CEFEL, 2014)



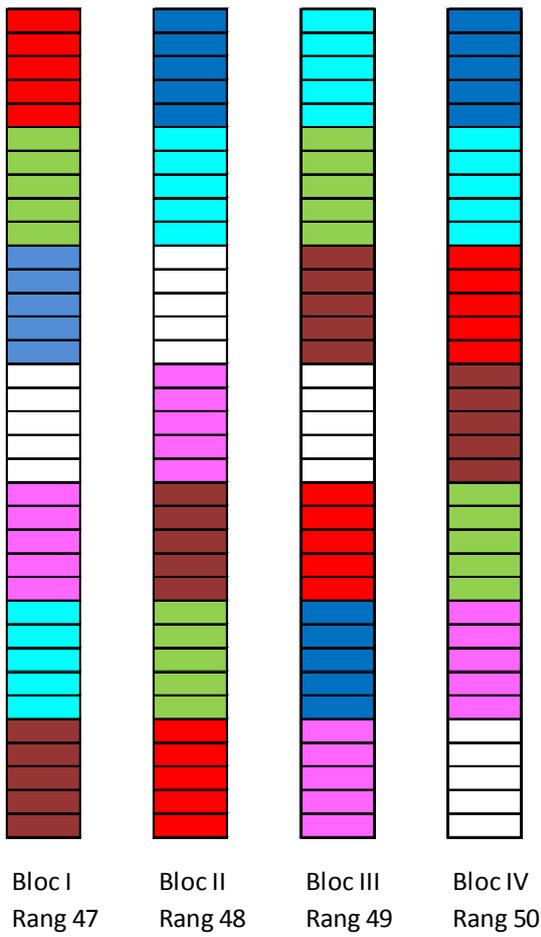
Plan de l'essai 14 POM PFI 06



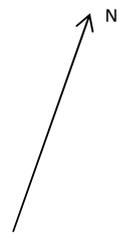
Plan de l'essai 14 POM PFI 07



Plan de l'essai 14 POM PFI 08



- Légende :**
- T1 Témoin non-traité
 - T2 Sigma DG (Référence)
 - T3 Vacciplant
 - T4 Trilog 7,5kg
 - T5 Bouillie Bordelaise RSR
 - T6 Bouillie Bordelaise RSR + Trilog
 - T7 Trilog 5kg



Annexe 4 : Tableaux récapitulant les conditions climatiques obtenues avec la station météo du du CEFEL, les données du suivi biologiques effectué à l'aide du piège Marchi et les données fournies par RIMpro

DATE	Conditions climatiques station CEFEL					
	Température moyenne (°C)	Cumul des températures (T°C)	Humidité Relative (%)	Précipitations (mm)	Cumul des pluies (mm)	Humectation (en heures)
10/03/2014	10,8	10,8	66,0	0,0	0,0	05h54
11/03/2014	9,7	20,5	84,0	0,0	0,0	10h54
12/03/2014	11,1	31,6	70,0	0,0	0,0	09h48
13/03/2014	12,0	43,6	58,0	0,0	0,0	00h30
14/03/2014	11,5	55,1	73,0	0,0	0,0	08h06
15/03/2014	9,8	64,9	86,0	0,0	0,0	03h30
16/03/2014	10,6	75,5	85,5	0,0	0,0	03h54
17/03/2014	12,0	87,5	79,5	0,0	0,0	11h42
18/03/2014	10,1	97,6	93,0	0,0	0,0	11h12
19/03/2014	12,0	109,6	77,5	0,0	0,0	07h18
20/03/2014	11,8	121,4	80,0	0,0	0,0	09h06
21/03/2014	12,7	134,1	80,5	2,5	2,5	08h00
22/03/2014	9,8	143,9	90,0	3,0	5,5	13h12
23/03/2014	7,1	151,0	86,5	2,0	7,5	11h00
24/03/2014	12,5	163,5	86,5	7,5	15,0	12h30
25/03/2014	11,7	175,2	92,5	12,0	27,0	17h54
26/03/2014	6,1	181,3	91,0	1,0	28,0	13h00
27/03/2014	7,4	188,7	81,0	0,0	28,0	09h48
28/03/2014	10,3	199,0	70,0	0,0	28,0	07h18
29/03/2014	14,0	213,0	59,0	0,0	28,0	00h00
30/03/2014	14,7	227,7	67,0	0,0	28,0	00h00
31/03/2014	14,0	241,7	78,0	0,0	28,0	00h00
01/04/2014	14,1	255,8	79,5	0,0	28,0	07h48
02/04/2014	14,7	270,5	74,5	0,0	28,0	00h00
03/04/2014	13,5	284,0	89,5	4,5	32,5	11h42
04/04/2014	12,0	296,0	90,0	3,5	36,0	15h36
05/04/2014	11,8	307,8	84,0	0,0	36,0	10h48
06/04/2014	15,9	323,7	82,0	0,0	36,0	08h24
07/04/2014	17,6	341,3	76,0	5,0	41,0	11h48
08/04/2014	13,8	355,1	82,5	2,5	43,5	11h12
09/04/2014	12,6	367,7	76,0	0,0	43,5	11h30
10/04/2014	14,7	382,4	72,5	0,0	43,5	09h12
11/04/2014	14,8	397,2	80,0	0,0	43,5	08h12
12/04/2014	14,4	411,6	86,0	0,0	43,5	10h12
13/04/2014	14,9	426,5	79,5	0,0	43,5	06h36
14/04/2014	14,9	441,4	69,5	0,0	43,5	08h18
15/04/2014	15,4	456,8	58,0	0,0	43,5	06h36
16/04/2014	15,1	471,9	54,5	0,0	43,5	03h42
17/04/2014	15,2	487,1	64,5	0,0	43,5	04h06
18/04/2014	14,4	501,5	72,0	0,0	43,5	04h24
19/04/2014	13,4	514,9	61,5	0,0	43,5	00h48
20/04/2014	9,2	524,1	91,5	8,5	52,0	16h24
21/04/2014	13,5	537,6	85,0	0,0	52,0	10h36
22/04/2014	13,7	551,3	90,5	1,5	53,5	13h54
23/04/2014	15,2	566,5	78,0	0,0	53,5	08h36
24/04/2014	13,9	580,4	89,0	10,0	63,5	14h24
25/04/2014	12,3	592,7	88,5	0,5	64,0	10h54
26/04/2014	10,3	603,0	96,0	10,5	74,5	19h30
27/04/2014	11,3	614,3	89,0	4,0	78,5	11h24
28/04/2014	11,4	625,7	92,5	10,5	89,0	13h00
29/04/2014	12,4	638,1	92,5	1,0	90,0	14h42
30/04/2014	13,9	652,0	85,0	0,5	90,5	09h48

Conditions climatiques station CEFEL						
DATE	Température moyenne (°C)	Cumul des températures (T°C)	Humidité Relative (%)	Précipitations (mm)	Cumul des pluies (mm)	Humectation (en heures)
01/05/2014	13,7	665,7	88,0	1,5	92,0	12h18
02/05/2014	12,8	678,5	88,5	0,5	92,5	08h30
03/05/2014	13,2	691,7	79,0	0,0	92,5	00h48
04/05/2014	11,8	703,5	76,5	0,0	92,5	10h48
05/05/2014	15,5	719,0	72,0	0,0	92,5	08h06
06/05/2014	16,0	735,0	81,5	0,5	93,0	03h36
07/05/2014	16,1	751,1	85,5	0,5	93,5	11h18
08/05/2014	15,4	766,5	82,0	0,0	93,5	08h42
09/05/2014	16,1	782,6	84,0	0,0	93,5	06h18
10/05/2014	17,7	800,3	82,5	1,5	95,0	07h48
11/05/2014	15,4	815,7	78,5	0,0	95,0	07h18
12/05/2014	12,5	828,2	82,5	0,5	95,5	09h06
13/05/2014	11,9	840,1	76,5	0,5	96,0	08h00
14/05/2014	13,1	853,2	73,0	0,0	96,0	06h48
15/05/2014	14,7	867,9	59,5	0,0	96,0	05h18
16/05/2014	14,7	882,6	60,5	0,0	96,0	02h54
17/05/2014	15,5	898,1	65,0	0,0	96,0	04h48
18/05/2014	17,1	915,2	64,5	0,0	96,0	03h24
19/05/2014	14,4	929,6	66,5	0,0	96,0	00h00
20/05/2014	19,0	948,6	68,0	0,0	96,0	00h24
21/05/2014	17,9	966,5	82,5	2,5	98,5	06h48
22/05/2014	17,3	983,8	74,0	0,5	99,0	08h24
23/05/2014	11,5	995,3	90,0	2,5	101,5	11h06
24/05/2014	14,8	1010,1	76,0	0,0	101,5	06h42
25/05/2014	16,6	1026,7	79,0	0,5	102,0	06h18
26/05/2014	12,7	1039,4	96,0	17,5	119,5	21h00
27/05/2014	14,0	1053,4	85,5	0,0	119,5	10h54
28/05/2014	13,6	1067,0	87,0	1,5	121,0	15h18
29/05/2014	15,3	1082,3	85,5	1,5	122,5	07h18
30/05/2014	15,6	1097,9	86,0	0,5	123,0	03h42
31/05/2014	16,5	1114,4	86,0	1,5	124,5	01h12
01/06/2014	18,0	1132,4	77,5	0,0	124,5	07h24
02/06/2014	17,7	1150,1	75,5	0,0	124,5	01h06
03/06/2014	17,7	1167,8	75,0	0,0	124,5	01h18
04/06/2014	15,3	1183,1	83,0	1,0	125,5	09h30
05/06/2014	17,0	1200,1	68,5	0,0	125,5	07h12
06/06/2014	20,8	1220,9	68,5	0,0	125,5	00h24
07/06/2014	23,1	1244,0	63,0	0,0	125,5	00h00
08/06/2014	23,6	1267,6	71,0	0,0	125,5	03h24
09/06/2014	23,2	1290,8	74,5	0,0	125,5	00h00
10/06/2014	22,1	1312,9	79,5	0,0	125,5	04h06
11/06/2014	24,1	1337,0	73,5	0,0	125,5	02h00
12/06/2014	25,3	1362,3	73,0	0,0	125,5	06h06
13/06/2014	25,7	1388,0	72,5	0,0	125,5	04h12
14/06/2014	22,4	1410,4	67,0	0,0	125,5	01h36
15/06/2014	20,2	1430,6	60,0	0,0	125,5	00h00
16/06/2014	20,5	1451,1	64,5	0,0	125,5	00h00
17/06/2014	20,1	1471,2	64,5	0,0	125,5	05h24
18/06/2014	20,0	1491,2	64,5	0,0	125,5	04h12
19/06/2014	20,9	1512,1	66,5	0,0	125,5	05h54
20/06/2014	23,2	1535,3	64,0	0,0	125,5	06h30
21/06/2014	25,0	1560,3	59,0	0,0	125,5	04h24
22/06/2014	25,0	1585,3	65,5	4,5	130,0	03h00
23/06/2014	22,0	1607,3	84,5	1,5	131,5	11h30
24/06/2014	22,0	1629,3	78,0	0,0	131,5	06h54
25/06/2014	22,8	1652,1	88,5	0,0	131,5	03h18
26/06/2014	21,1	1673,2	73,5	0,0	131,5	02h18
27/06/2014	21,8	1695,0	69,5	0,0	131,5	07h06
28/06/2014	22,8	1717,8	73,0	5,0	136,5	05h06
29/06/2014	17,4	1735,2	86,0	1,5	138,0	10h06
30/06/2014	18,1	1753,3	76,5	0,0	138,0	07h12
01/07/2014	20,5	1773,8	72,5	11,5	149,5	04h42
02/07/2014	20,8	1794,6	85,5	2,0	151,5	11h36
03/07/2014	19,7	1814,3	89,5	2,5	154,0	16h06
04/07/2014	19,7	1834,0	91,5	5,0	159,0	15h42
05/07/2014	21,7	1855,7	80,5	0,0	159,0	06h54
06/07/2014	21,8	1877,5	82,5	4,0	163,0	05h48
07/07/2014	17,1	1894,6	88,0	3,0	166,0	11h54
08/07/2014	17,5	1912,1	85,5	0,0	166,0	06h18
09/07/2014	18,2	1930,3	75,5	0,5	166,5	03h18

Suivi biologique à partir du piège Marchi								
DATE	Nombre total de spores relevées	Total spores relevées (%)	Nombre de grosses spores relevées	Grosses spores relevées (%)	Pourcentages cumulés de grosses spores (%)	Nombre de petites spores relevées	Petites spores relevées (%)	Pourcentages cumulés de petites spores (%)
10/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
11/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
12/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
13/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
14/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
15/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
16/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
17/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
18/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
19/03/2014	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
20/03/2014	7	0,00	7	0,74	0,74	0	0,00	0,00
21/03/2014	66	0,04	66	6,97	7,71	0	0,00	0,00
22/03/2014	7	0,00	7	0,74	7,71	0	0,00	0,00
23/03/2014	0	0,00	0	0,00	7,71	0	0,00	0,00
24/03/2014	0	0,00	0	0,00	7,71	0	0,00	0,00
25/03/2014	24	0,01	24	2,53	10,24	0	0,00	0,00
26/03/2014	191	0,12	186	19,64	29,89	5	0,00	0,00
27/03/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
28/03/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
29/03/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
30/03/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
31/03/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
01/04/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
02/04/2014	0	0,00	0	0,00	29,89	0	0,00	0,00
03/04/2014	162	0,10	20	2,11	32,00	142	0,09	0,09
04/04/2014	75	0,05	4	0,42	32,42	71	0,04	0,14
05/04/2014	0	0,00	0	0,00	32,42	0	0,00	0,14
06/04/2014	0	0,00	0	0,00	32,42	0	0,00	0,14
07/04/2014	0	0,00	0	0,00	32,42	0	0,00	0,14
08/04/2014	552	0,34	122	12,88	45,30	430	0,27	0,40
09/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
10/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
11/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
12/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
13/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
14/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
15/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
16/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
17/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
18/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
19/04/2014	0	0,00	0	0,00	45,30	0	0,00	0,40
20/04/2014	10000	6,17	0	0,00	45,30	10000	6,20	6,61
21/04/2014	2949	1,82	73	7,71	53,01	2876	1,78	8,39
22/04/2014	8450	5,21	2	0,21	53,22	8448	5,24	13,63
23/04/2014	0	0,00	0	0,00	53,22	0	0,00	13,63
24/04/2014	0	0,00	0	0,00	53,22	0	0,00	13,63
25/04/2014	13000	8,02	170	17,95	71,17	12830	7,96	21,59
26/04/2014	20000	12,34	100	10,56	81,73	19900	12,35	33,94
27/04/2014	22000	13,58	0	0,00	81,73	22000	13,65	47,58
28/04/2014	24400	15,06	54	5,70	87,44	24346	15,10	62,69
29/04/2014	17700	10,92	98	10,35	97,78	17602	10,92	73,61
30/04/2014	8993	5,55	4	0,42	98,21	8989	5,58	79,18

Suivi biologique à partir du piège Marchi								
DATE	Nombre total de spores relevées	Total spores relevées (%)	Nombre de grosses spores relevées	Grosses spores relevées (%)	Pourcentages cumulés de grosses spores (%)	Nombre de petites spores relevées	Petites spores relevées (%)	Pourcentages cumulés de petites spores (%)
01/05/2014	4960	3,06	4	0,42	98,63	4956	3,07	82,26
02/05/2014	765	0,47	1	0,11	98,73	764	0,47	82,73
03/05/2014	1300	0,80	0	0,00	98,73	1300	0,81	83,54
04/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,73	0	0,00	83,54
05/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,73	0	0,00	83,54
06/05/2014	250	0,15	0	0,00	98,73	250	0,16	83,69
07/05/2014	425	0,26	1	0,11	98,84	424	0,26	83,96
08/05/2014	14	0,01	0	0,00	98,84	14	0,01	83,97
09/05/2014	35	0,02	0	0,00	98,84	35	0,02	83,99
10/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	83,99
11/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	83,99
12/05/2014	203	0,13	0	0,00	98,84	203	0,13	84,11
13/05/2014	690	0,43	0	0,00	98,84	690	0,43	84,54
14/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
15/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
16/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
17/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
18/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
19/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
20/05/2014	0	0,00	0	0,00	98,84	0	0,00	84,54
21/05/2014	6680	4,12	1	0,11	98,95	6679	4,14	88,68
22/05/2014	3300	2,04	0	0,00	98,95	3300	2,05	90,73
23/05/2014	2060	1,27	1	0,11	99,05	2059	1,28	92,01
24/05/2014	640	0,39	0	0,00	99,05	640	0,40	92,41
25/05/2014	0	0,00	0	0,00	99,05	0	0,00	92,41
26/05/2014	2270	1,40	0	0,00	99,05	2270	1,41	93,81
27/05/2014	180	0,11	0	0,00	99,05	180	0,11	93,93
28/05/2014	2690	1,66	2	0,21	99,26	2688	1,67	95,59
29/05/2014	2390	1,47	0	0,00	99,26	2390	1,48	97,08
30/05/2014	3040	1,88	0	0,00	99,26	3040	1,89	98,96
31/05/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	98,96
01/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	98,96
02/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	98,96
03/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	98,96
04/06/2014	510	0,31	0	0,00	99,26	510	0,32	99,28
05/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
06/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
07/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
08/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
09/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
10/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
11/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
12/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
13/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
14/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
15/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
16/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
17/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
18/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
19/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
20/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
21/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
22/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,28
23/06/2014	60	0,04	0	0,00	99,26	60	0,04	99,32
24/06/2014	337	0,21	0	0,00	99,26	337	0,21	99,52
25/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,52
26/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,52
27/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	99,52
28/06/2014	200	0,12	0	0,00	99,26	200	0,12	99,65
29/06/2014	566	0,35	0	0,00	99,26	566	0,35	100,00
30/06/2014	0	0,00	0	0,00	99,26	0	0,00	100,00
01/07/2014								
02/07/2014								
03/07/2014								
04/07/2014								
05/07/2014								
06/07/2014								
07/07/2014								
08/07/2014								
09/07/2014								
TOTAL	162141	100,00	947	100,00	100,00	161194	100,00	100,00

RIMpro (à partir des conditions climatiques du CEFEL)				
DATE	Nombre de spores projetées selon RIMpro	Spores projetées selon RIMpro (%)	Pourcentages cumulés des spores libérées selon RIMpro	R.I.M.
10/03/2014	0	0,00	0,00	0
11/03/2014	0	0,00	0,00	0
12/03/2014	0	0,00	0,00	0
13/03/2014	0	0,00	0,00	0
14/03/2014	0	0,00	0,00	0
15/03/2014	0	0,00	0,00	0
16/03/2014	0	0,00	0,00	0
17/03/2014	0	0,00	0,00	0
18/03/2014	0	0,00	0,00	0
19/03/2014	0	0,00	0,00	0
20/03/2014	0	0,00	0,00	0
21/03/2014	863	9,87	9,87	0
22/03/2014	177	2,02	11,89	23
23/03/2014	271	3,10	14,99	188
24/03/2014	258	2,95	17,94	304
25/03/2014	136	1,56	19,50	694
26/03/2014	0	0,00	19,50	947
27/03/2014	0	0,00	19,50	955
28/03/2014	0	0,00	19,50	1 012
29/03/2014	0	0,00	19,50	0
30/03/2014	0	0,00	19,50	0
31/03/2014	0	0,00	19,50	0
01/04/2014	0	0,00	19,50	0
02/04/2014	2014	23,03	42,53	0
03/04/2014	257	2,94	45,47	23
04/04/2014	0	0,00	45,47	1457
05/04/2014	0	0,00	45,47	0
06/04/2014	43	0,49	45,96	84
07/04/2014	923	10,55	56,51	0
08/04/2014	0	0,00	56,51	44
09/04/2014	0	0,00	56,51	52
10/04/2014	0	0,00	56,51	229
11/04/2014	0	0,00	56,51	11
12/04/2014	0	0,00	56,51	0
13/04/2014	0	0,00	56,51	0
14/04/2014	0	0,00	56,51	0
15/04/2014	0	0,00	56,51	0
16/04/2014	0	0,00	56,51	0
17/04/2014	0	0,00	56,51	0
18/04/2014	0	0,00	56,51	0
19/04/2014	2426	27,74	84,25	0
20/04/2014	0	0,00	84,25	1120
21/04/2014	437	5,00	89,25	1586
22/04/2014	0	0,00	89,25	0
23/04/2014	366	4,19	93,44	0
24/04/2014	86	0,98	94,42	21
25/04/2014	178	2,04	96,46	388
26/04/2014	55	0,63	97,08	475
27/04/2014	48	0,55	97,63	652
28/04/2014	13	0,15	97,78	702
29/04/2014	3	0,03	97,82	739
30/04/2014	3	0,03	97,85	747

RIMpro (à partir des conditions climatiques du CEFEL)				
DATE	Nombre de spores projetées selon RIMpro	Spores projetées selon RIMpro (%)	Pourcentages cumulés des spores libérées selon RIMpro	R.I.M.
01/05/2014	69	0,79	98,64	747
02/05/2014	0	0,00	98,64	747
03/05/2014	0	0,00	98,64	750
04/05/2014	0	0,00	98,64	0
05/05/2014	0	0,00	98,64	0
06/05/2014	2	0,02	98,66	0
07/05/2014	0	0,00	98,66	0
08/05/2014	0	0,00	98,66	1
09/05/2014	0	0,00	98,66	0
10/05/2014	3	0,03	98,70	0
11/05/2014	8	0,09	98,79	0
12/05/2014	58	0,66	99,45	0
13/05/2014	0	0,00	99,45	2
14/05/2014	0	0,00	99,45	2
15/05/2014	0	0,00	99,45	0
16/05/2014	0	0,00	99,45	0
17/05/2014	0	0,00	99,45	0
18/05/2014	0	0,00	99,45	0
19/05/2014	0	0,00	99,45	0
20/05/2014	41	0,47	99,92	0
21/05/2014	0	0,00	99,92	0
22/05/2014	7	0,08	100,00	41
23/05/2014	0	0,00	100,00	0
24/05/2014	0	0,00	100,00	8
25/05/2014	0	0,00	100,00	0
26/05/2014	0	0,00	100,00	0
27/05/2014	0	0,00	100,00	0
28/05/2014	0	0,00	100,00	0
29/05/2014	0	0,00	100,00	0
30/05/2014	0	0,00	100,00	0
31/05/2014	0	0,00	100,00	0
01/06/2014	0	0,00	100,00	0
02/06/2014	0	0,00	100,00	0
03/06/2014	0	0,00	100,00	0
04/06/2014	0	0,00	100,00	0
05/06/2014	0	0,00	100,00	0
06/06/2014	0	0,00	100,00	0
07/06/2014	0	0,00	100,00	0
08/06/2014	0	0,00	100,00	0
09/06/2014	0	0,00	100,00	0
10/06/2014	0	0,00	100,00	0
11/06/2014	0	0,00	100,00	0
12/06/2014	0	0,00	100,00	0
13/06/2014	0	0,00	100,00	0
14/06/2014	0	0,00	100,00	0
15/06/2014	0	0,00	100,00	0
16/06/2014	0	0,00	100,00	0
17/06/2014	0	0,00	100,00	0
18/06/2014	0	0,00	100,00	0
19/06/2014	0	0,00	100,00	0
20/06/2014	0	0,00	100,00	0
21/06/2014	0	0,00	100,00	0
22/06/2014	0	0,00	100,00	0
23/06/2014	0	0,00	100,00	0
24/06/2014	0	0,00	100,00	0
25/06/2014	0	0,00	100,00	0
26/06/2014	0	0,00	100,00	0
27/06/2014	0	0,00	100,00	0
28/06/2014	0	0,00	100,00	0
29/06/2014	0	0,00	100,00	0
30/06/2014	0	0,00	100,00	0
01/07/2014				
02/07/2014				
03/07/2014				
04/07/2014				
05/07/2014				
06/07/2014				
07/07/2014				
08/07/2014				
09/07/2014				
TOTAL	8745	100,00	100,00	

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (06/05/2014)

Histogramme des résidus :

14									401		
13									108		
12									408		
11									303		
10									106		
9								407	308		
8								403	201		
7				210				404	410		
6				305				302	301		
5			204	107				103	310		
4			206	105				402	309		
3			207	109				304	203		
2			307	110				208	101	406	202
1	409	306	205	405	102	209					104
Effectifs											
Bornes											
	-12,38	-9,48	-6,58	-3,68	-0,77	2,13	5,03	7,93			
	à	à	à	à	à	à	à	à			
	-9,48	-6,58	-3,68	-0,77	2,13	5,03	7,93	10,83			

Minimum : - 12,375 Maximum : 10,825 Intervalle : 2,900

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,084 Prob. : 0,438

Applatissage (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3,697 Prob. : 0,341

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										

Légende :

	Donnée manquante
	< - 3,048
	< 0,000
	< 3,048
	< 999999,000

Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = F1	
	E.T.
1 (M1 TNT)	5,949
2 (M2 Syllit)	2,803
3 (M3 Chorus)	5,118
4 (M4 Score)	11,610
5 (M5 Produit B)	2,158
6 (M6 Produit D)	3,259
7 (M8 Dithane)	3,990
8 (M9 Dithane + Chorus)	3,553
9 (M10 Produit D + Dithane)	1,457
10 (M11 Score + Dithane)	3,320

khi² = 17,304 Prob. = 0,04395

Ecart-types blocs = Bloc	
	E.T.
1 (B1)	3,850
2 (B2)	5,293
3 (B3)	4,685
4 (B4)	4,720

khi² = 0,862 Prob. = 0,8364

Prob < 0,05

→ On ne peut pas continuer

→ Tentative de transformation des données

(cet exemple de transformation ne sera plus représenté par la suite)

Analyse de variance

Variable : X = arcsin (sqrt (Pourcentage de pousses tavelées (06/05/2014)))

Histogramme des résidus :

16					401			
15					108			
14					408			
13					303			
12					210			
11					106			
10					301			
9			204		403			
8			305		404	308		
7			107		103	407		
6			206		405	410		
5			105		309	310		
4			207		101	302		
3			109		406	203		
2			208	110	209	402		202
1	409	205	307	306	102	304	201	104
Effectifs								
	1	1	2	9	16	8	1	2
Bornes								
	-1.7	-1.32	-0.93	-0.54	-0.15	0.23	0.62	1.01
	à	à	à	à	à	à	à	à
	-1.32	-0.93	-0.54	-0.15	0.23	0.62	1.01	1.4

Minimum : - 1.704 Maximum : 1.395 Intervalle : 0.387

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.151 Prob. : 0.299

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4.813 Prob. : 0.013

Prob < 0,05

→ On ne peut pas continuer

→ Tests non-paramétriques

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (06/05/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 33.674

P-value associée : 10.19E-05

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 16.905

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 10 groupes
Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

→ Il existe une différence entre les 10 groupes

→ Test non-paramétrique de Mann et Whitney

(La description en détails de ce test ne sera plus présentée par la suite ; seul le tableau final sera donné)

Test de Mann-Withney

Descripteur d'échantillon : Pourcentage de pousses tavelées (06/05/2014)

M1-M3

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 16.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 12.000

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 2.309

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M3-M8

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 14.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.742

P-value associée : 0.041

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M3-M4

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 13.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 12.000

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.443

P-value associée : 0.074

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M3-M9

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 16.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 2.323

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M8-M4

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 7.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -0.296

P-value associée : 0.384

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M8-M9

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 14.500

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.571

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.911

P-value associée : 0.028

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M8-M11

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.323

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M8-M6

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.714

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.337

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M4-M9

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 8.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 0.000

P-value associée : 0.500

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M4-M11

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 5.500

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -0.726

P-value associée : 0.234

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M4-M6

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 12.500

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.286

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.340

P-value associée : 0.090

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M4-M2

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 3.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -1.452

P-value associée : 0.073

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M4-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 14.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.775

P-value associée : 0.038

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M4-M10

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 10.571

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.460

P-value associée : 0.007

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M9-M11

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 2.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -1.742

P-value associée : 0.041

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M9-M6

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.714

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.337

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\alpha/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total α : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M9-M2

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.714

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.337

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M9-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.714

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.337

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M9-M10

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 10.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.477

P-value associée : 0.007

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M11-M6

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 13.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.571

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.470

P-value associée : 0.071

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M11-M2

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 15.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 2.071

P-value associée : 0.019

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M11-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 16.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.857

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 2.323

P-value associée : 0.010

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M11-M10

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 10.571

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.460

P-value associée : 0.007

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M6-M2

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 7.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.286

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -0.298

P-value associée : 0.383

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M6-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 4.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 10.571

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -1.230

P-value associée : 0.109

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M6-M10

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 0.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 10.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.477

P-value associée : 0.007

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M2-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 12.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 11.429

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : 1.183

P-value associée : 0.118

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons n'est pas significative

M2-M10

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 2.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 9.000

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.000

P-value associée : 0.023

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M10-M5

Valeur observée du U de Mann-Whitney : 2.000

Espérance du U de Mann-Whitney : 8.000

Variance du U de Mann-Whitney : 9.000

Le U de Mann-Whitney est centré réduit et testé par rapport à la loi normale

Valeur observée de la statistique centrée réduite z : -2.000

P-value associée : 0.023

Le test étant bilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification $\text{Alpha}/2$: 0.025

Valeur critique de la statistique centrée réduite z : 1.960

Conclusion :

Au seuil de signification total Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre échantillons

Autrement dit, la différence entre échantillons est significative

M1	1						
M3		2					
M8		2	3				
M4		2	3	4	5	6	
M9			3	4			
M11				4		6	
M6					5	6	7
M2					5		7
M5							7
M10							8

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (04/06/2014)

Histogramme des résidus :

11				204					
10				303					
9		408		210					
8		206	305	401					
7		109	301	106					
6		302	310	407	308				
5		103	207	107	403				
4	108	307	203	404	208				
3	201	405	110	202	104				
2	409	402	304	309	101				
1	105	406	205	306	209	102			410
Effectifs									
Bornes									
	-23,48	-17,03	-10,58	-4,13	2,33	8,77	15,23	21,68	
	à	à	à	à	à	à	à	à	
	-17,03	-10,58	-4,13	2,33	8,77	15,23	21,68	28,13	

Minimum : - 23,475 Maximum : 28,125 Intervalle : 6,450

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,033 Prob. : 0,628

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4,043 Prob. : 0,154

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°28; facteur 1 = F1, niveau 7 = M8 Dithane

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										

Légende :

	Donnée manquante
	< - 6,381
	< 0,000
	< 6,381
	< 999999,000

Ecart type des résidus :

Ecart type facteur 1 = F1

	E.T.
1 (M1 TNT)	8,637
2 (M2 Syllit)	8,075
3 (M3 Chorus)	4,889
4 (M4 Score)	12,736
5 (M5 Produit B)	8,309
6 (M6 Produit D)	6,097
7 (M8 Dithane)	21,559
8 (M9 Dithane + Chorus)	9,002
9 (M10 Produit D + Dithane)	6,335
10 (M11 Score + Dithane)	11,247

$kh^2 = 9,972$ Prob. = 0,35254

Ecart type blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	12,404
2 (B2)	6,402
3 (B3)	5,202
4 (B4)	12,633

$kh^2 = 9,559$ Prob. = 0,0225

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (04/06/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 33,012

P-value associée : 13,29E-05

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 16,905

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 10 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Descripteur de groupe : Pourcentage de pousses tavelées (04/06/2014)

Test de Mann-Whitney

M1	1				
M3	1	2			
M4		2			
M8		2	3		
M9			3		
M6			3		
M11			3	4	
M5			3		
M2				4	5
M10					5

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (09/07/2014)

Histogramme des résidus :

11										308		
10									204	305		
9									303	403		
8									210	207		
7									201	404		
6									107	302	301	
5									206	307	109	
4	108								310	203	202	
3	105	408							405	110	104	401
2	103	402	205	306	309				410	106		
1	409	304	406	102	209	407	208	101				
Effectifs												
	4	3	10	11	6	1	2	3				
Bornes												
	-18.38	-13.03	-7.69	-2.34	3.0	8.34	13.69	19.03				
	à	à	à	à	à	à	à	à				
	-13.03	-7.69	-2.34	3.0	8.34	13.69	19.03	24.38				

Minimum : - 18.375 Maximum : 24.375 Intervalle : 5.344

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.226 Prob. : 0.203

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3.046 Prob. : 0.950

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										

Légende :

	Donnée manquante
	< - 6.907
	< 0.000
	< 6.907
	< 999999.000

Ecart type des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (M1 TNT)	4,881
2 (M2 Syllit)	16,389
3 (M3 Chorus)	4,403
4 (M4 Score)	9,033
5 (M5 Produit B)	14,477
6 (M6 Produit D)	5,316
7 (M8 Dithane)	13,041
8 (M9 Dithane + Chorus)	8,213
9 (M10 Produit D + Dithane)	14,950
10 (M11 Score + Dithane)	15,784

$khi^2 = 10.418$ Prob. = 0.31735

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	15,068
2 (B2)	7,502
3 (B3)	5,631
4 (B4)	11,493

$khi^2 = 9.209$ Prob. = 0.02633

Test de Kruskal-Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (09/07/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 31.926

P-value associée : 20.51E-05

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 16.905

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 10 groupes
Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann - Whitney

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (09/07/2014)

M1	1			
M3	1	2		
M4		2		
M8			3	
M9			3	
M6			3	
M5			3	
M11			3	4
M2			3	4
M10				4

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (27/06/2014)

Histogramme des résidus :

11				303				
10		305		106				
9		201	401	407				
8		310	204	107				
7		302	408	105				
6		103	210	207				
5	108	409	410	109				
4	301	309	403	404				
3	307	205	202	208				
2	110	209	203	402			104	
1	406	102	304	101	206	308	405	306
Effectifs								
	5	10	9	11	1	1	2	1
Bornes								
	-5.82	-3.66	-1.51	0.65	2.81	4.97	7.13	9.29
	à	à	à	à	à	à	à	à
	-3.66	-1.51	0.65	2.81	4.97	7.13	9.29	11.45

Minimum : - 5.824 Maximum : 11.451 Intervalle : 2.159

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 1.128 Prob. : **0.004**

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4.287 Prob. : **0.079**

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (27/06/2014)

Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 31.832

P-value associée : 21.29E-05

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 9) : 16.905

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 10 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann-Whitney

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (27/06/2014)

M1		1				
M3			2			
M4			2			
M9				3		
M8				3	4	
M11				3	4	5
M5				3	4	5
M2					4	5
M6					4	5
M10						5

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (12/05/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 11) : 26.678

P-value associée : 0.005

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 11) : 19.663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (12/05/2014)

T1	1			
T10	1			
T9	1	2		
T3	1	2		
T6	1	2	3	4
T12		2		
T7		2	3	
T4		2	3	
T2		2	3	
T5			3	4
T11			3	4
T8			3	

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (02/06/2014)

Histogramme des résidus :

15			311						
14			208						
13			107						
12			312	305					
11			207	204					
10		403	301	103					
9		109	202	409					
8		410	406	304					
7		110	212	408					
6		401	308	108					
5		201	102	407					
4		112	405	303	411				
3		203	309	105	205				
2	306	209	302	210	104	412			
1	402	206	111	106	310	404	101	307	211
Effectifs									
	2	10	15	12	4	1	2	1	1
Bornes									
	-31,96	-21,73	-11,5	-1,26	8,97	19,2	29,43	39,66	49,89
	à	à	à	à	à	à	à	à	à
	-21,73	-11,5	-1,26	8,97	19,2	29,43	39,66	49,89	60,13

Minimum : - 31,958 Maximum : 60,125 Intervalle : 10,231

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 1,275 Prob. : 0,001

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4,786 Prob. : 0,008

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (02/06/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 11) : 22,371

P-value associée : 0,022

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 11) : 19,663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes
Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann - Whitney

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (02/06/2014)

T10	1			
T1	1	2		
T9	1	2	3	
T2		2	3	
T6		2	3	
T12		2	3	
T4		2	3	
T3				4
T7			3	4
T5			3	4
T11			3	4
T8			3	

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (17/06/2014)

Histogramme des résidus :

12									305
11									204
10		109							103
9		410	411						207
8		301	208						108
7		202	409						406
6		407	110						212
5	403	308	203						105
4	306	102	210	107	405	311			
3	401	309	302	304	106	205			211
2	201	209	111	312	310	104			307
1	112	402	206	303	101	408	412	404	
Effectifs									
	5	10	9	4	12	4	0	1	3
Bornes									
	-26.1	-18.4	-10.7	-2.99	4.71	12.41	20.12	27.82	35.53
	à	à	à	à	à	à	à	à	à
	-18.4	-10.7	-2.99	4.71	12.41	20.12	27.82	35.53	43.23

Minimum : - 26.104 Maximum : 43.229 Intervalle : 7.704

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.483 Prob. : 0.043

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3.199 Prob. : 0.768

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (17/06/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un khi² (ddl = 11) : 23.011

P-value associée : 0.018

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un khi² (ddl = 11) : 19.663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann - Whitney

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (17/06/2014)

T10		1			
T1		1	2		
T6		1	2	3	4
T4		1	2	3	
T12				3	
T2			2	3	
T9				3	4
T3				3	
T7				3	4
T11				3	4
T5				3	4
T8					4

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (14/05/2014)

Histogramme des résidus :

15				401	
14				201	
13				104	
12				405	
11				205	
10				407	
9				403	
8				306	
7				204	
6				106	
5		301	402	302	
4		307	406	102	
3		202	207	203	
2		101	404	105	304
1	107	303	305	103	206

Effectifs

	1	5	15	5	2
--	---	---	----	---	---

Bornes

-16.79	-10.47	-4.16	2.16	8.47
à	à	à	à	à
-10.47	-4.16	2.16	8.47	14.79

Minimum : - 16.786 Maximum : 14.786 Intervalle : 6.314

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.008 Prob. : 0.839

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3.899 Prob. : 0.295

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							

Légende :

	Donnée manquante
	< - 4.284
	< 0.000
	< 4.284
	< 999999.000

Ecart type des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (T1 TNT)	12,951
2 (T2 SIGMA DG)	5,643
3 (T3 VACCIPLANT)	8,687
4 (T4 TRILOG 7,5 kg)	2,397
5 (T5 BOUILLIE BORD. RSR)	5,629
6 (T6 BOUILLIE BORD. RSR + TRILOG)	4,969
7 (T7 TRILOG 5 kg)	4,476

$khi^2 = 8.549$ Prob. = 0.19951

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	8,619
2 (B2)	7,259
3 (B3)	6,845
4 (B4)	2,184

$khi^2 = 8.494$ Prob. = 0.03625

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées
Les variances intra-traitements(blocs) ne sont pas homogènes

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (14/05/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 6) : 16.162

P-value associée : 0.013

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 6) : 12.571

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 7 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann - Whitney

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (14/05/2014)

T1	1		
T3	1	2	3
T7			3
T4		2	3
T5		2	3
T2		2	
T6		2	

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (03/06/2014)

Histogramme des résidus :

12			401		
11			201		
10			405		
9			205	302	
8			407	104	
7			203	307	
6			403	105	
5			306	204	
4			402	106	
3		301	202	103	102
2		101	406	305	304
1	107	303	207	206	404
Effectifs					
	1	3	12	9	3
Bornes					
	-31.0	-20.31	-9.63	1.06	11.74
	à	à	à	à	à
	-20.31	-9.63	1.06	11.74	22.43

Minimum : - 31.000 Maximum : 22.429 Intervalle : 10.686

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.369 Prob. : 0.168

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 5.041 Prob. : 0.017

Test de Kruskal - Wallis

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (03/06/2014)

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 6) : 18.217

P-value associée : 0.006

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0.050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un χ^2 (ddl = 6) : 12.571

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0.050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 7 groupes
Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

Test de Mann - Whitney

Variable : Pourcentage de pousses tavelés (03/06/2014)

T1		1		
T3		1		
T7			2	
T5			2	3
T4			2	3
T6				3
T2			2	3

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de pousses tavelées (01/07/2014)

Histogramme des résidus :

10					407
9					406
8					404
7					403
6			401	304	307
5			303	205	305
4		405	302	201	206
3		402	301	104	204
2	202	306	207	103	203
1	107	101	106	102	105
Effectifs					
	2	4	6	10	6
Bornes					
	-22.07	-14.82	-7.57	-0.32	6.93
	à	à	à	à	à
	-14.82	-7.57	-0.32	6.93	14.18

Minimum : - 22.071 Maximum : 14.179 Intervalle : 7.250

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.369 Prob. : 0.168
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 2.602 Prob. : 0.643

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							

Légende :

	Donnée manquante
	< - 6.392
	< 0.000
	< 6.392
	< 999999.000

Ecart type des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (T1 TNT)	9,765
2 (T2 SIGMA DG)	11,816
3 (T3 VACCIPLANT)	14,748
4 (T4 TRILOG 7,5 kg)	6,399
5 (T5 BOUILLIE BORD. RSR)	11,029
6 (T6 BOUILLIE BORD. RSR + TRILOG)	10,897
7 (T7 TRILOG 5 kg)	7,831

$khi^2 = 2.244$ Prob. = 0.89616

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	13,942
2 (B2)	6,110
3 (B3)	11,188
4 (B4)	6,380

$khi^2 = 5.446$ Prob. = 0.14004

Analyse de variance (Suite)

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (01/07/2014)

Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 1363.193 Prob. = 0.000

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées
Il y a une interaction Traitements * Blocs

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	18490,964	27	684,851		
Var.FACTEUR 1	13003,714	6	2167,286	16,354	0,000
Var.BLOCS	3101,821	3	1033,940	7,802	0,002
VAR.RESIDUELLE 1	2385,429	18	132,524		

Puissance de l'essai :

Puissance facteur 1 : F1

		Risque de 1ère espèce (%)		
Ecart	Ecart	5	10	20
En %	V.Absolute	Puissance a priori (%)		
5	1,180	5	10	20
10	2,350	5	10	21
		Puissance à posteriori (%)		
Moyennes observées		99	99	99

Comparaisons de moyennes

Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

Groupes homogènes

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes
1	T1 TNT	63,250	A
3	T3 VACCIPLANT	46,750	A
5	T5 BOUILLIE BORD. RSR	23,250	B
7	T7 TRILOG 5 kg	17,500	B
4	T4 TRILOG 7,5 kg	9,000	B
2	T2 SIGMA DG	3,500	B
6	T6 BOUILLIE BORD. RSR + TRILOG	1,500	B

Analyse de variance

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (01/07/2014)

Histogramme des résidus :

13	406				
12	404				
11	402				
10	401				
9	304				
8	302				
7	301	407			
6	206	405			
5	205	403			
4	203	306			
3	305	202	207	307	
2	106	107	201	303	204
1	101	104	103	105	102
Effectifs					
	3	13	7	3	2
Bornes					
	-2.99	-1.58	-0.17	1.24	2.65
	à	à	à	à	à
	-1.58	-0.17	1.24	2.65	4.06

Minimum : - 2.986 Maximum : 4.056 Intervalle : 1.408

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0.718 Prob. : 0.054

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3.668 Prob. : 0.436

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							

Légende :

	Donnée manquante
	< - 1.098
	< 0.000
	< 1.098
	< 999999.000

Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (T1 TNT)	2,911
2 (T2 SIGMA DG)	1,762
3 (T3 VACCIPLANT)	2,710
4 (T4 TRILOG 7,5 kg)	0,703
5 (T5 BOUILLIE BORD. RSR)	1,592
6 (T6 BOUILLIE BORD. RSR + TRILOG)	1,116
7 (T7 TRILOG 5 kg)	0,525

$khi^2 = 10.779$ Prob. = 0.09458

Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	1,829
2 (B2)	1,972
3 (B3)	1,879
4 (B4)	0,988

$khi^2 = 2.826$ Prob. = 0.42093

Analyse de variance (Suite)

Variable : Pourcentage de fruits tavelés (01/07/2014)

Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 42.288 Prob. = 0.000

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées

Il y a une interaction Traitements * Blocs

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	358,232	27	13,268		
Var.FACTEUR 1	245,297	6	40,883	10,450	0,000
Var.BLOCS	42,511	3	14,170	3,622	0,033
VAR.RESIDUELLE 1	70,423	18	3,912		

Puissance de l'essai :

Puissance facteur 1 : F1

		Risque de 1ère espèce (%)			
Ecart	Ecart	5	10	20	
En %	V.Absolue	Puissance a priori (%)			
5	0,140	5	10	20	
10	0,280	5	10	20	
Moyennes observées		Puissance à posteriori (%)			
		99	99	99	

Comparaisons de moyennes

Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

Groupes homogènes

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes		
1	T1 TNT	8,959	A		
3	T3 VACCIPLANT	5,058	B		
7	T7 TRILOG 5 kg	2,218	B		
4	T4 TRILOG 7,5 kg	1,845	B		
5	T5 BOUILLIE BORD. RSR	0,703	C		
2	T2 SIGMA DG	0,292	C		
6	T6 BOUILLIE BORD. RSR + TRILOG	0,278	C		

L'étude des phénomènes de résistance demande la mise en œuvre d'une démarche spécifique, qui consiste essentiellement en la recherche des individus résistants (niveau de résistance et fréquence, mécanismes de résistance) dans les populations de bio-agresseurs.

L'Agence développe les différentes étapes de cette démarche :

- Dans le cadre de plans de surveillance, réalisation de tests biologiques *in vitro* pour la détermination des niveaux de résistance et de la fréquence des individus résistants chez les populations du terrain soumises à une pression de sélection
- Mise en œuvre de tests bio-moléculaires pour la caractérisation génotypique des résistances observées
- Elaboration et/ou validation des méthodes permettant d'évaluer le niveau de sensibilité des populations de bio-agresseurs
- Recherche et étude des mécanismes en jeu chez les individus résistants.

L'ensemble de ces études lui permet de produire des synthèses sur les principaux problèmes de résistance et de contribuer aux travaux de différents groupes de travail spécialisés dont, en particulier, le groupe « Résistances » de l'Organisation européenne de protection des plantes (OEPP), ainsi que le groupe de veille sur les effets secondaires des pesticides (ECOACS).