

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

**AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché

**BBCH** : Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie

**BSV** : Bulletin Santé du Végétal

**BPE** : Bonnes Pratiques d'Expérimentation

**CAPL** : Coopérative Agricole Provence Languedoc Roussillon

**C.C.L** : Comptoir Commercial des Lubrifiants

**CE** : Communauté Européenne

**CEB** : Commission des Essais Biologiques

**CPVADAAA** : Comité Phytosanitaire Permanent des Végétaux, des Animaux, des Denrées Alimentaires et des Aliments pour Animaux

**DGAL** : Direction Générale de l'Alimentation

**DDR** : Dérogation à la Destruction de Récolte

**GPS** : Groupe Provence Services

**IFT** : Indice de Fréquence de Traitement

**MAFF** : Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

**PACA** : Provence Alpes Côte d'Azur

**PPAM** : Plantes à Parfums Aromatiques et Médicinales

**RIM** : Relative Infection Measure

**SDQAPV** : Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux

**TNT** : Témoin Non Traité

## LISTE DES FIGURES

**Figure 1 :** Schéma des filiales et partenaires du Groupe Provence Service en 2015. Les % correspondent au niveau de participation de chaque filiale et partenaire. (<http://www.gps.coop/HP/HomePageInternet.aspx>).

**Figure 2 :** Répartition de la production européenne de pommes de tables entre 2010 et 2014. (FranceAgriMer, 2016).

**Figure 3 :** Volume de production des différentes espèces de fruits en France en 2014 (FranceAgriMer, 2016).

**Figure 4 :** Répartition de la production française de pomme de table en 2014 (FranceAgriMer, 2016).

**Figure 5 :** Stades phénologiques repères du pommier d'après Fleckinger, 1964 (Bloesch & Viret, 2013).

**Figure 6 :** Cycle biologique de la tavelure du pommier, *Venturia inaequalis* (<http://accs.ens-lyon.fr>)

**Figure 7 :** Développement cuticulaire de *Venturia inaequalis* (Chamont et Gil, 2013)

**Figure 8 :** Symptômes sur fruits et feuilles de pommiers, causés par *Venturia inaequalis*, agent causal de la tavelure du pommier.

**Figure 9 :** Nombre moyen de traitements phytosanitaires dans les vergers de pommiers (Nord/Nord-Ouest, Nord/Nord-Est, Centre/Ouest, Sud-Ouest et Sud-Est) selon cinq bassins de production en 2011 (Agreste, 2015)

**Figure 10 :** Mode d'action d'un fongicide multisite de contact (Carisse et Jobin, 2006)

**Figure 11 :** Mode d'action d'un fongicide unisite/systémique (Carisse et Jobin, 2006)

**Figure 12 :** Schéma général de l'adjuvant CCL 846-1

**Figure 13 :** Caisson ONU pour assurer le transport des produits phytosanitaires jusqu'à la parcelle d'essai

**Figure 14 :** Applicateur lors d'un traitement phytosanitaire dans le cadre d'un essai.

**Figure 15 :** Synthèse de la météorologie et positionnement des traitements fongicides (T) et des observations (O) durant l'essai.

**Figure 16 :** Représentation des différentes contaminations primaires de la tavelure du pommier par le modèle RIMPRO, pour la Station de Ribiers (05).

**Figure 17 :** Suivi des pousses de pommiers sur la parcelle d'essai durant la période des contaminations primaires de la tavelure du pommier.

**Figure 18 :** Notation du 18-05 sur les feuilles caractérisant l'intensité d'attaque et la fréquence d'attaque pour l'infection primaire du 20/04 de la tavelure du pommier.

**Figure 19 :** Notation du 03/06 sur les feuilles caractérisant l'efficacité (%) en fonction de la fréquence d'attaque et de l'intensité d'attaque, des différentes modalités pour l'infection primaire du 08/05.

**Figure 20 :** Notation du 21/06 sur les feuilles caractérisant l'efficacité (%) en fonction de la fréquence d'attaque et de l'intensité d'attaque, des différentes modalités pour l'infection primaire du 01/06.

**Figure 21 :** % de fruits observés par classe 0 : fruit indemne de tavelure ; classe 1 : 1 à 3 taches ; classe 2 : supérieur à 3 taches.

**Figure 22 :** % de fruits observés par classe de rugosité en fonction de trois catégories : 0 : pas de rugosité ; 1 : rugosité légère ; 2 : rugosité forte, le fruit est déclassé.

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau I :** Classification du pommier de Cronquist (1981).

**Tableau II :** Nombre moyen de traitements phytosanitaires (fongicides, insecticides, herbicides et régulateurs de croissance) en fonction de différentes espèces fruitières en 2012. (*Agreste, 2014*).

**Tableau III :** Caractérisation des différentes modalités au sein de l'essai. Le programme référence est défini par l'Expertise de Raison'Alpes au cours de l'essai.

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe I :** Généralités sur l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT).

**Annexe II :** Dispositif expérimental de la zone d'essai.

**Annexe III :** Tableau récapitulatif des dix interventions fongicides durant les contaminations primaires de la tavelure du pommier.

**Annexe IV :** Fiche caldha précisant toutes les informations nécessaires à chaque traitement, assurant une traçabilité au sein de Raison'Alpes.

**Annexe V :** Analyse statistique des résultats sur feuilles de l'efficacité sur la fréquence d'attaque au seuil 5 % du 03/06.

**Annexe VI :** Analyse statistique des résultats sur feuilles de l'efficacité sur l'intensité d'attaque au seuil 5 % du 03/06.

**Annexe VII :** Analyse statistique des résultats de l'efficacité des différents programmes de traitements sur fruits contre la rugosité de classe 2 au seuil 5 % du 27/06.

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	
GLOSSAIRE.....	
LISTE DES ABREVIATIONS .....	
LISTE DES FIGURES .....	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES ANNEXES .....	
1. INTRODUCTION .....	1
1.1. Structure d'accueil.....	1
1.2. Contexte de l'étude.....	2
2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
2.1. Présentation de la pomme .....	4
2.1.1. Contexte économique de la pomme.....	4
2.1.2. Origine et classification .....	5
2.1.3. Biologie et physiologie .....	5
2.2. Présentation de la tavelure du pommier .....	6
2.2.1. Pertes économiques associées à la tavelure .....	6
2.2.2. Cycle biologique de <i>Venturia inaequalis</i> .....	7
2.2.3. Symptômes & Dégâts .....	8
2.3. Méthodes de lutte contre la tavelure.....	9
2.3.1. La lutte chimique .....	9
2.3.1.1. Les fongicides .....	9
2.3.1.2. Les adjuvants .....	10
2.3.2. Effets indésirables d'un produit phytosanitaire .....	11
2.3.3. Méthodes de lutte prophylactiques .....	11
2.4. Synthèse .....	12
3. MATERIELS ET METHODES .....	13
3.1. Localisation de la zone d'essai.....	13
3.2. Le matériel végétal .....	13
3.3. Le matériel de traitement.....	13
3.3.1. Les fongicides utilisés .....	13
3.3.2. Préparation des bouillies.....	14
3.3.3. Le pulvérisateur .....	14
3.3.4. Equipement de Protection Individuel .....	14

3.4.	Dispositif expérimental .....	15
3.5.	Observations et Notations .....	15
3.5.1.	La tavelure sur feuilles .....	15
3.5.2.	La tavelure sur fruits .....	15
3.5.3.	La rugosité .....	15
3.5.4.	La phytotoxicité .....	16
3.5.5.	Le devenir de la récolte .....	16
3.6.	Analyse Statistique .....	16
4.	RESULTATS .....	17
4.1.	Météorologie et Contexte contaminants .....	17
4.2.	Efficacité de l'adjuvant CCL846-1 .....	18
4.2.1.	Sur feuilles .....	18
4.2.1.1.	Notation du 03/05 .....	18
4.2.1.2.	Notation du 18/05 .....	19
4.2.1.3.	Notation du 03/06 .....	19
4.2.1.4.	Notation du 21/06 .....	20
4.2.2.	Sur fruits .....	21
4.3.	Effets indésirables potentiels du CCL846-1 .....	21
4.3.1.	La rugosité .....	21
4.3.2.	La phytotoxicité .....	22
5.	DISCUSSION .....	23
5.1.	La Météorologie .....	23
5.2.	Le Contexte Contaminant .....	23
5.3.	Efficacité du CCL846-1 .....	25
5.4.	Les effets indésirables potentiels du CCL846-1 .....	26
5.5.	Les propositions d'amélioration de l'essai .....	27
6.	CONCLUSION .....	28
	BIBLIOGRAPHIE .....	29
	SITOGRAFIE .....	30
	ANNEXES .....	32





**Figure 1 :** Schéma des filiales et partenaires du Groupe Provence Services en 2015. Les % correspondent au niveau de participation de chaque filiale et partenaire.

(<http://www.gps.coop/HP/HomePageInternet.aspx>)

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Structure d'accueil

Raison'Alpes est une filiale de la coopérative Groupe Provence Services (GPS), créée en 1935-1936 dans les Alpes-de-Haute-Provence sous le nom de coopérative de Manosque. Celle-ci a fusionné avec de nombreuses coopératives jusqu'aux années 2000 pour se développer progressivement (achats et construction de silos, de bâtiments...). L'objectif majeur de GPS est la vente et la valorisation de produits agricoles des producteurs adhérents dans les différents marchés, en mobilisant toutes leurs compétences (collecte, stockage, transformation, commercialisation ...). En 2010, GPS dispose de 8 filiales, 11 silos de collecte, 5 dépôts d'agrofournitures, 60 % de la collecte du département, 873 adhérents, 65 salariés et un chiffre d'affaires global de 29 millions d'euros. GPS s'unie avec de nombreuses filiales et partenaires, dont Raison'Alpes, afin d'accroître ses performances techniques et économiques (**Figure 1**). La participation de chacun d'eux tend à fournir à l'ensemble de ses adhérents les meilleurs conseils, prestations et fournitures possibles.

Filiale à 100% de GPS, Raison'Alpes est une société de prestation de services en agriculture créée en 2003 et implantée dans les Alpes-de-Haute-Provence à Sisteron (04). Ses travaux cernent la performance économique et environnementale des systèmes de production. Les différents services proposés s'orientent vers les filières arboricoles, céréalières et plantes à parfum aromatiques et médicinales (PPAM) dans les départements des Alpes-de-Haute-Provence (04), des Hautes Alpes (05) et une partie du Vaucluse (84).

Raison'Alpes réalisent de nombreuses activités, dont l'expérimentation de produits phytopharmaceutiques, d'engrais et de méthodes alternatives. La société conduit ses essais installés sur des parcelles d'exploitations agricoles chez des producteurs en arboriculture et grandes cultures sous l'agrément Bonnes Pratiques d'Expérimentation (BPE) depuis 2008, délivré par le Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAFF). Les essais, dont les thématiques sont très variées (Désherbage, Fertilisation, Lutte contre des bioagresseurs, Méthodes alternatives...), aboutissent à deux finalités :

- ✓ Les essais non confidentiels permettent à la société Raison'Alpes d'acquérir de solides connaissances dans l'efficacité des méthodes de lutte en adéquation avec le contexte social, économique et environnemental (Ecophyto). Ces données sont utilisées pour réaliser les conseils aux producteurs et/ou former les agriculteurs et les vendeurs en agro-



équipements pour orienter la production vers des techniques unissant l'efficacité et le respect de l'environnement.

- ✓ Pour l'ensemble des essais, les commanditaires (firmes) disposent des comptes rendus effectués par Raison'Alpes pour déposer le dossier d'homologation, assurer le suivi post-homologation et/ou améliorer leurs connaissances sur le(s) produit(s) phytopharmaceutique(s) testé(s).

Par ailleurs, Raison'Alpes procure une expertise technique appuyée pour accompagner les exploitations agricoles vers une agriculture plus performante et durable (accompagnement technique), pour participer aux démarches et au maintien de certification (Référentiel GlobalGAP\* ...) et de favoriser l'utilisation de nouvelles technologies (Smartfresh\*). En parallèle, Raison'Alpes propose des formations (Certiphyto, Certibiocide) en adéquation avec l'évolution de la réglementation dans les Alpes-de-Haute-Provence (04) et les Hautes-Alpes (05). Raison'Alpes alimente également les réseaux d'épidémiosurveillance\*, Bulletins de Santé du Végétal (BSV), par ses observations parcellaires en arboriculture, grandes cultures et PPAM. Pour finir, Raison'Alpes participe activement au Réseau DEPHY\*, un réseau pilote d'agriculteurs qui ont engagé leur exploitation dans une démarche de réduction des produits phytopharmaceutiques mettant en œuvre différents itinéraires et pratiques culturales : Réseau « Pommiers en Bassin Versant de la Durance ».

## 1.2. Contexte de l'étude

Dans un contexte de réduction des produits phytopharmaceutiques, des mesures drastiques sont appliquées afin d'accroître la protection des applicateurs, des consommateurs et de l'environnement. En parallèle, l'exigence des consommateurs et l'évolution de la population mondiale obligent à maintenir et à accroître de fortes productions agricoles.

Un produit phytosanitaire doit disposer d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM), afin de pouvoir être mis en vente sur le marché français. La délivrance de cette AMM se réalise en deux phases d'évaluation (<http://www.daaf974.agriculture.gouv.fr>) :

- ✓ Au niveau européen, la Commission Européenne fixe des critères d'approbation pour chaque substance active (efficacité, caractéristiques, écotoxicologie, métabolites et résidus, incidence sur la santé humaine et l'environnement, méthodes d'analyses disponibles...). Une fois le dossier constitué, ce dernier est déposé et analysé par le Comité Phytosanitaire Permanent des Végétaux, des Animaux, des Denrées

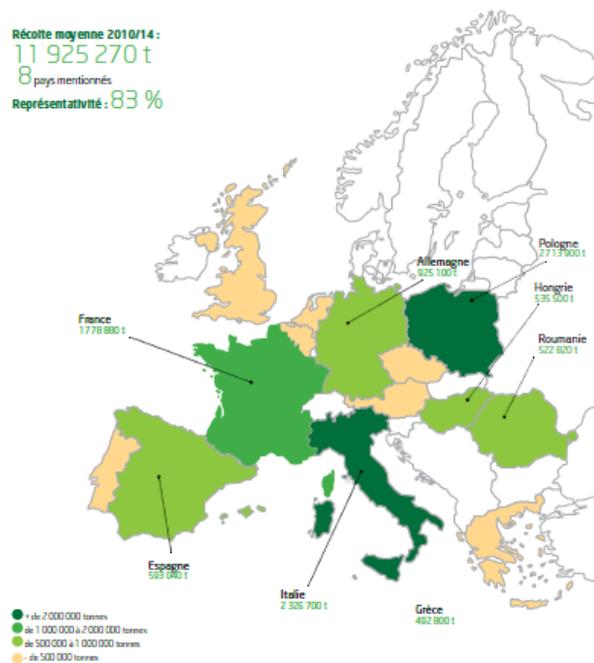


Alimentaires et des Aliments pour Animaux (CPVADAAA) pour l'inscription de la substance active en vertu du règlement CE 1107/2009\*. Une fois examinée, la substance est inscrite ou non sur une liste positive (Annexe 1 du règlement (CE) n° 1107/2009) et pourra être intégrée dans la composition d'un produit phytosanitaire. L'AMM des produits phytosanitaires est délivrée par les Etats Membres sur la base d'une évaluation nationale et zonale.

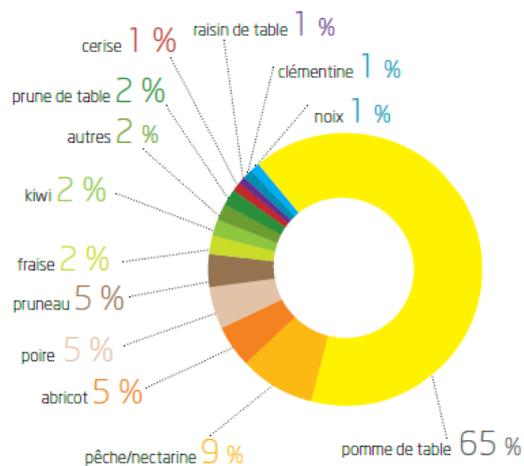
- ✓ Au niveau français, le dossier biologique d'un produit phytosanitaire à homologuer doit garantir sa sélectivité *via* la culture concernée (phytotoxicité), son efficacité et son innocuité *via* l'applicateur, le consommateur et l'environnement. Dans l'élaboration d'un dossier biologique, les essais d'efficacité, de sélectivité et de résidus sont réalisés par des organismes agréés BPE. L'agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) évalue les dossiers pour émettre un avis à la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL)/ Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux (SDQAPV) afin de délivrer l'AMM.

Dans ce cadre, Raison'Alpes est en mesure de réaliser des essais officiellement reconnus « BPE », pour un objet d'étude défini (bioagresseur, type de culture, stade physiologique...). En arboriculture, l'intérêt des entreprises se porte essentiellement sur le pommier du genre *Malus*, une culture majeure d'un point de vue économique (Faostat, 2015). De plus, c'est une culture pérenne soumise à une pression parasitaire constante, dont la tavelure, le feu bactérien, le carpocapse, le puceron et la tordeuse... La majorité des essais réalisés ont pour objectif d'apporter des données biologiques sur l'efficacité du produit phytosanitaire pour l'homologation, l'extension d'homologation et le suivi post-homologation contre *Venturia inaequalis*, agent causal de la tavelure du pommier.

Dans le contexte de réduction des produits phytopharmaceutiques, la Société Comptoir Commercial des Lubrifiants (C.C.L) recherche, homologue, formule, fabrique et commercialise des produits pour la protection des plantes en agriculture, jardins et espaces verts, des lubrifiants pour l'industrie et le machinisme, et des commodités pour l'entretien des matériels. Dans le cadre de l'homologation de son adjuvant « CCL846-1 », la société C.C.L a sollicité Raison'Alpes pour une prestation de services, non confidentielle, sur « l'étude de l'efficacité contre la tavelure du pommier, *V. inaequalis* : un programme comprenant différents fongicides de contact, à dose réduite, avec l'adjuvant CCL846-1.



**Figure 2 :** Répartition de la production européenne de pommes de tables entre 2010 et 2014.  
(FranceAgriMer, 2016).



**Figure 3 :** Volume de production des différentes espèces de fruits en France en 2014  
(FranceAgriMer, 2016).

## 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIE

### 2.1. Présentation de la pomme

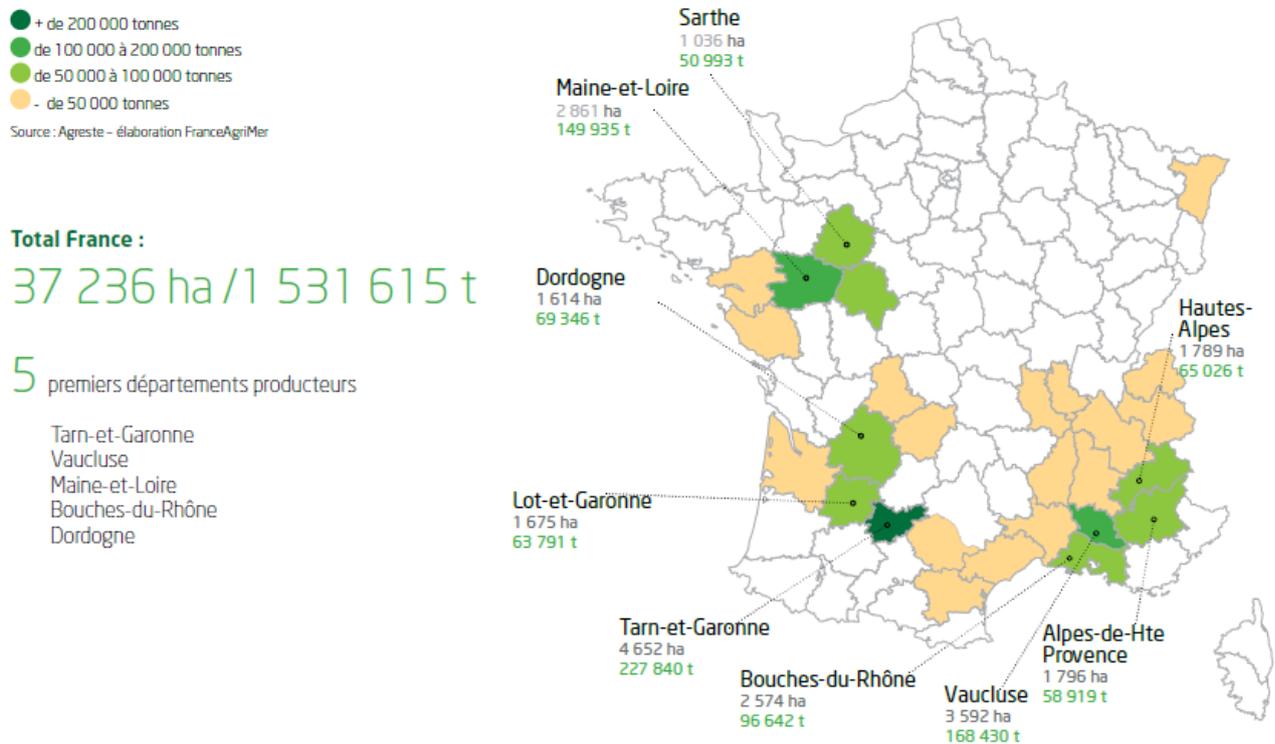
#### 2.1.1. Contexte économique de la pomme

La pomme est l'un des fruits les plus consommés dans le monde, avec 64 millions de tonnes de pommes récoltées chaque année (Panetoscope a, 2015). La Chine, 1<sup>er</sup> producteur mondial avec plus de 40 millions de tonnes produites est largement en tête devant les Etats-Unis (4,0 millions), la Turquie (3,12 millions), la Pologne (3,09 millions) et l'Italie (2,22 millions) en 2013 (Faostat, 2015). Plus de 20 000 variétés de pommiers ont été créées afin de répondre aux besoins des consommateurs et aux différents débouchés (fruits de bouche, cidre, jus ...).

En Europe, entre 2010 et 2014, environ 12 millions de tonnes ont été récoltées dans 8 pays (Italie, Pologne, France, Pays-Bas, Royaume-Uni, Belgique, Roumanie, Espagne) soit 83 % de la production européenne moyenne (**Figure 2**) (FranceAgriMer, 2016). La France est le 5<sup>ème</sup> exportateur mondial avec une balance commerciale positive de 296 millions d'euros en 2013. C'est également le 3<sup>ème</sup> pays producteur de pommes en Europe, derrière la Pologne et l'Italie (Panetoscope b, 2015). Chaque année, environ 1,7 à 2 millions de tonnes de pommes sont récoltées en France (FranceAgriMer, 2015).

A l'échelle française, la pomme est une espèce fruitière très importante pour son volume de 65 % et sa surface de production de 26 % (**Figure 3**). En 2014, la récolte française s'élève 1,53 millions de tonnes de pommes sur 37 236 ha (FranceAgriMer, 2016). Cependant, une forte diminution des surfaces de production est notée depuis 2000 avec 53 023 ha contre 39 509 ha en 2013 (FranceAgriMer, 2015). Néanmoins, le volume de production fluctue faiblement. Sur le territoire, il existe plus de 400 variétés dont les plus répandues sont les Golden (44 % de la production française), Gala (13 %), Granny Smith (11 %), Delicious Rouge (9 %) et Braeburn (7 %) (Fnppf, 2012).

La région PACA est la première région productrice de pommes avec près de 10 000 ha de vergers pour une production de 420 000 tonnes soit 25 % de la production nationale (Vaucluse : 3 900 ha ; Bouches du Rhône : 3 700 ha ; Alpes de Haute Provence : 1 900 ha ; Hautes Alpes : 1 700 ha) (AREFA, 2015). Les conditions climatiques sont très favorables dans ces départements alpins pour la variété Golden (La Pugère & La Tapy, 2015). En effet,



**Figure 4 :** Répartition de la production française de pomme de table en 2014 (FranceAgriMer, 2016).

**Tableau I :** Classification du pommier de Cronquist (1981).

<b>Règne :</b> <i>Plantae</i>
<b>Sous-règne :</b> <i>Tracheobionta</i>
<b>Division :</b> <i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe :</b> <i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe :</b> <i>Rosidae</i>
<b>Ordre :</b> <i>Rosales</i>
<b>Famille :</b> <i>Rosaceae</i>
<b>Sous-famille :</b> <i>Maloideae</i>
<b>Genre :</b> <i>Malus</i>
<b>Espèce :</b> <i>Malus domestica</i>

le terroir, le froid relatif et l'amplitude thermique sont des facteurs essentiels pour sa production.

Par conséquent, la pomme est un enjeu économique majeur en agriculture à toutes les échelles, d'où une recherche scientifique et technique importante à ce sujet, notamment au travers des prestations menées à Raison'Alpes (**Figure 4**).

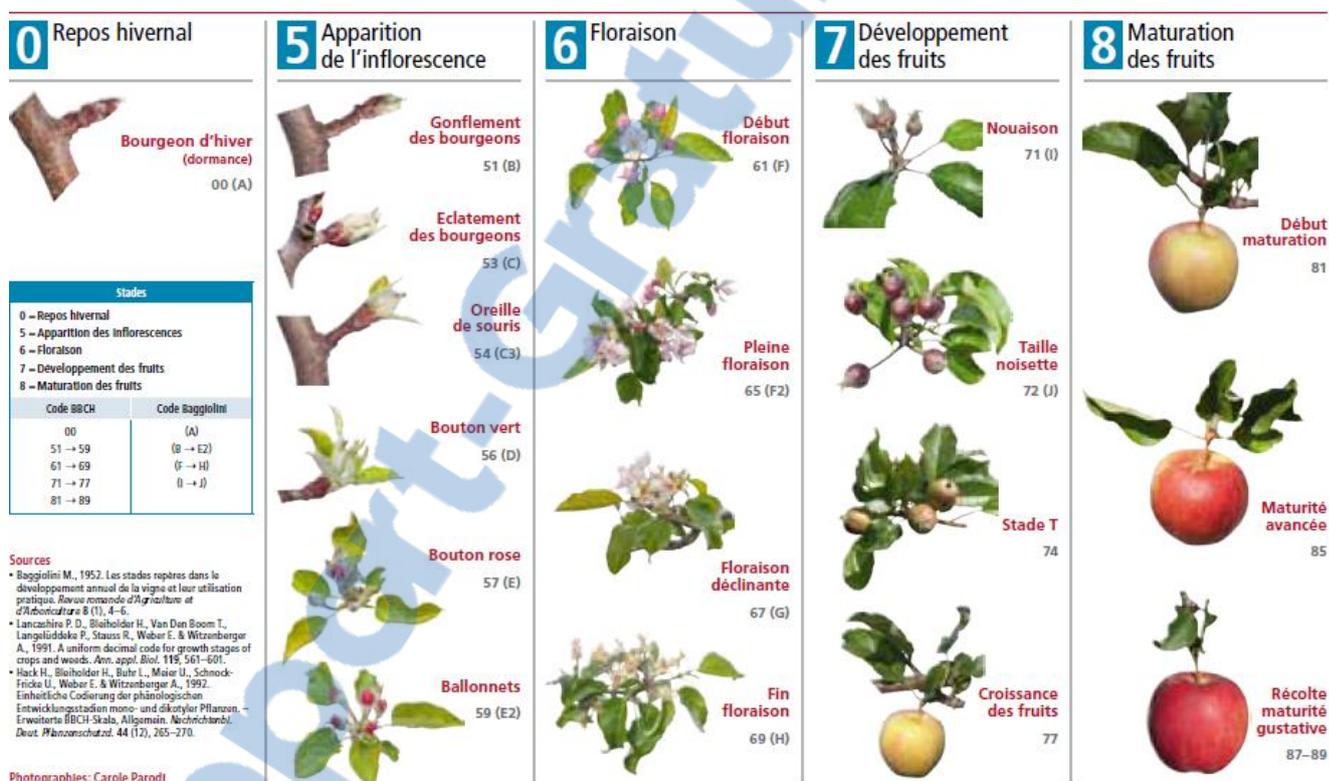
### 2.1.2. Origine et classification

Le pommier appartient à la famille des Rosacées et au genre *Malus* (**Tableau I**). Des études paléontologiques ont révélées la présence du genre *Malus* à l'ère tertiaire. Originaire du Caucase et d'Asie Mineure, le genre *Malus* décrit à la fois un fruit et une signification biblique : le mal ou le malheur (Juniper & Mabberley, 2006). L'espèce domestique principalement cultivée est *Malus domestica* L. Borkh. De nombreuses espèces ont vraisemblablement participé à son évolution, notamment *Malus baccata* pour sa résistance au froid et *Malus sylvestris* répandue à travers l'Europe (<http://agriculture.gouv.fr>).

### 2.1.3. Biologie et physiologie

Le pommier est un arbre à feuilles caduques, hermaphrodite, qui se développe au printemps sous le climat tempéré français. Il est cultivé pour ses fruits à pépins, la pomme. En arboriculture, le pommier cultivé (greffon) est toujours constitué d'un porte-greffe choisi en fonction des conditions pédoclimatiques de la parcelle, de la vigueur, de la conduite du verger et de la compatibilité avec le greffon.

La floraison du pommier, très rapide, se déroule au printemps. Les bouquets floraux sont constitués de 5 à 6 fleurs. La fleur est formée sur un « type 5 » avec 5 sépales et 5 pétales renfermant le pistil et de très nombreuses étamines. La reproduction est allogame. Ainsi, des variétés pollinisatrices sont implantées dans les vergers mais ne sont pas très souvent récoltées. La pollinisation est assurée par des pollinisateurs (bourdons, abeilles...) souvent apportés par les apiculteurs lors de la floraison. La fleur est très sensible au gel, les producteurs protègent donc leurs vergers en apportant soit de l'eau par aspersion sur frondaison pour former une couche de glace protectrice sur les fleurs, soit en disposant des bougies dans les vergers, soit en utilisant des systèmes de tours antigel avec des hélices. C'est une étape cruciale car une pollinisation réussie permet d'assurer la formation des fruits. A la fin de la floraison, après la fécondation, les pétales tombent et l'ovaire se développe. La formation du fruit correspond à la nouaison (Bloesch & Viret, 2013).



**Figure 5 :** Stades phénologiques repères du pommier d'après Fleckinger, 1964 (Bloesch & Viret, 2013).

La paroi du fruit (péricarpe) est charnue à l'extérieur et cartilagineuse à l'intérieur (trognon). La partie externe charnue, correspond au réceptacle de la fleur et est soudée à l'ovaire central. Le vrai fruit, au sens botanique (c'est à dire provenant du développement de l'ovaire) est symbolisé par le trognon. La pomme est donc un faux fruit, appelé piridion par les botanistes (snv.jussieu.fr).

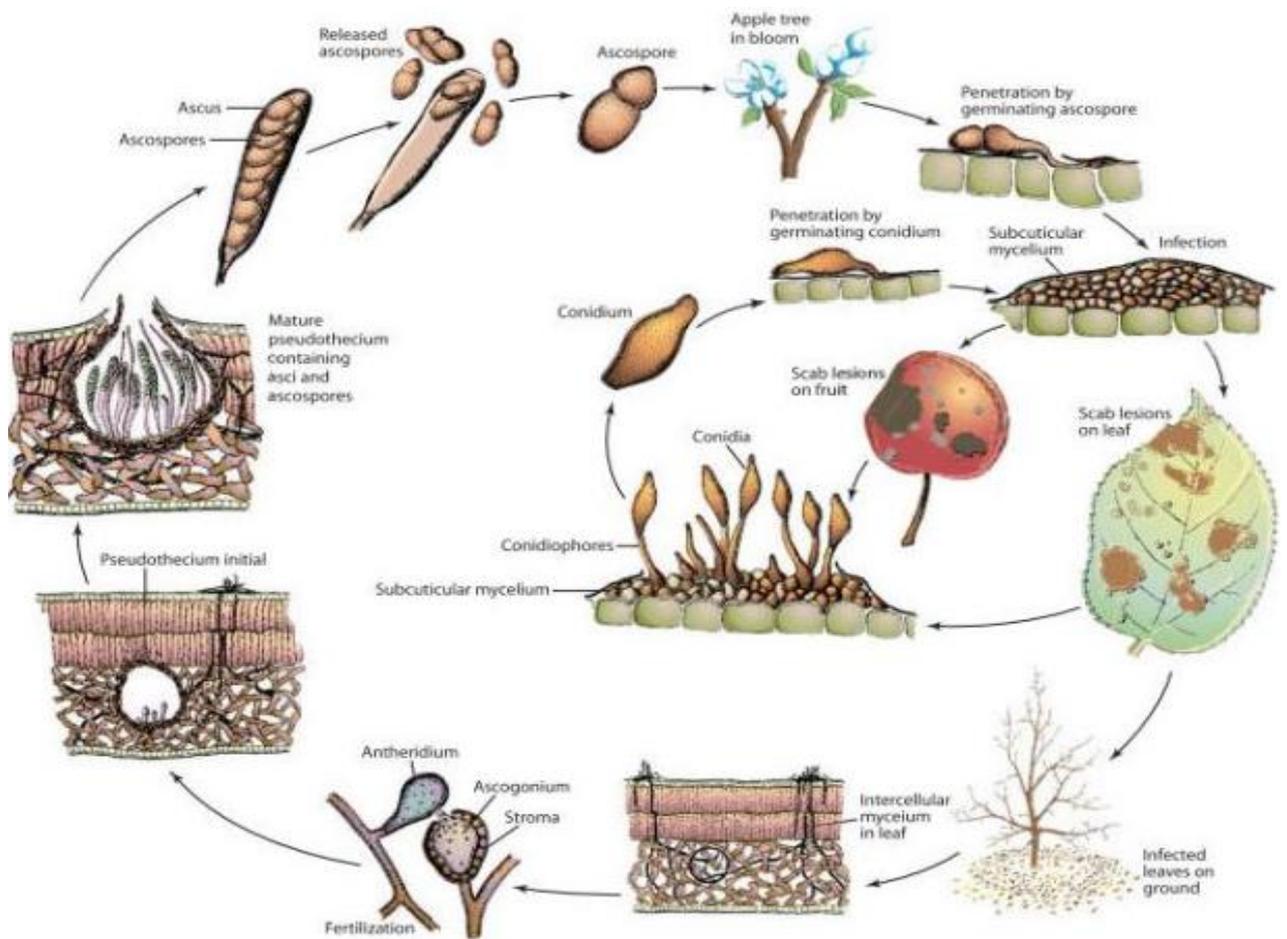
Afin d'identifier et de caractériser les différents stades physiologiques du pommier, Fleckinger dresse une nomenclature en 1964. Elle sert de « point repère » pour positionner les méthodes de lutte contre les bioagresseurs, notamment de la tavelure du pommier, à partir du débourrement du bourgeon hivernal jusqu'à la récolte, selon le système international Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical (BBCH) (**Figure 5**).

## 2.2. Présentation de la tavelure du pommier

La tavelure du pommier est une maladie cryptogamique\* causée par un champignon hémibiotrophe\*, *Venturia inaequalis*, appartenant à la famille des Ascomycètes\*. C'est une maladie majeure chez le pommier, capable d'infecter et dégrader les feuilles, les fruits, et les fleurs (Naqvi, 2004). La tavelure du pommier est connue sous deux formes : la forme sexuée (parfaite), *V. inaequalis* (Cooke) Winter (1875), et la forme asexuée (imparfaite), *Spilocaea pomi* Cooke (1866).

### 2.2.1. Pertes économiques associées à la tavelure

*V. inaequalis* est une menace économique majeure dans les régions pommicoles. Il ne détruit que rarement son hôte, contrairement à d'autres maladies telle qu'*Erwinia amylovora*. Le champignon n'affecte pas la santé du consommateur (pas de mycotoxines), mais peut réduire considérablement le rendement réel d'un verger, à cause des exigences liées à la qualité des fruits. En effet, un niveau d'infection très bas suffit pour rendre les pommes non commercialisables ou un déclassement des fruits (Carisse et Jobin, 2006). A partir du débourrement des arbres (stade BBCH 53), il peut également réduire le rendement brut avec la chute des feuilles et des fleurs et une diminution du grossissement des fruits. Des pertes économiques jusqu'à 70-100 % peuvent être notées si aucune lutte n'est appliquée (Mapaq, 2010 ; Sauphanor et Dirwimmer, 2009). En 2009, en Ontario, la tavelure a généré des pertes économiques avoisinant les 1,8 millions de dollars (Agrinova et Irda, 2013).



**Figure 6 :** Cycle biologique de la tavelure du pommier, *Venturia inaequalis*.  
(Tiré de Bowen et al., 2011)

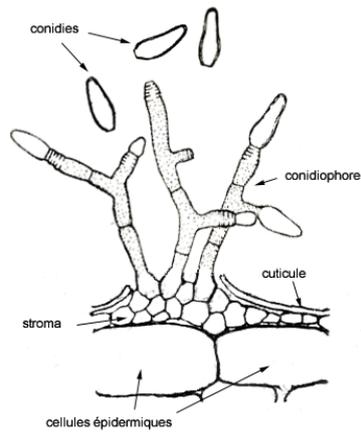
### 2.2.2. Cycle biologique de *Venturia inaequalis*

Le cycle biologique de *V. inaequalis* constitue deux phases distinctes (**Figure 6**) : une phase saprophytique où se déroule la reproduction sexuée assurant la conservation hivernale et une phase parasitaire où se produisent de nombreux cycles de reproduction asexuée (Chamont et Gil, 2013).

La reproduction sexuée se déroule en automne-hiver, sur les feuilles au sol de l'année précédente. Elle se caractérise par la fusion d'un organe mâle (anthéridie) à un organe femelle (trichogyne). De cette fécondation résulte une structure de survie appelée « périthèce\* » pour la conservation hivernale (Biggs, 1990 ; MacHardy, 1996). Au début du printemps, lorsque les conditions y sont favorables, les périthèces se développent et se remplissent d'ascospores\* matures (Vaillancourt et Hartman, 2000). Les périthèces renferment en moyenne 120 asques qui contiennent eux-mêmes, 8 ascospores bicellulaires. La maturation des périthèces, asques et ascospores coïncident fortement avec le débourrement des pommiers (CABI, 2005). Ces ascospores sont éjectables en conditions favorables (température, humidité, luminosité) sur une distance variant de 0,1 à 8,1 mm au-dessus du feuillage, et pouvant parfois atteindre 13,2 mm (Aylor et Anagnostakis, 1991). La dissémination, par le vent et la pluie, peut propulser les ascospores jusqu'à 100-200 mètres (MacHardy, 1996). Il n'y a qu'un seul cycle de production d'ascospores et d'infection dans une saison (Vaillancourt et Hartman, 2000).

Une fois éjectées, si elles se déposent sur les fleurs, les feuilles et les fruits des pommiers avec des conditions favorables (humidité, température, luminosité), les ascospores germent et amorcent une **infection primaire**. Le tube germinatif des ascospores transperce la cuticule et les cellules épidermiques *via* la formation d'un *appressorium*. A cette étape, la température et l'humidité sont les facteurs déterminants de la viabilité des ascospores, pouvant atteindre jusqu'à 19 jours à 5°C (Boríc, 1985). En effet, la germination et l'élongation du tube germinatif se réalisent sur une large plage de température variant de 0.5°C à 32°C avec un optimal à 17°C. En dessous de 11°C et au-dessus de 26°C, les procédés physiologiques sont réduits (MacHardy, 1996). Les ascospores doivent être humide pendant 28 heures à 6°C, 14 heures à 10°C, 9 heures à 18-24°C ou 12 heures à 26°C pour infecter (Agrios, 1997).

Les infections primaires s'achèvent à la libération totale des ascospores dans les périthèces. Leur durée varie entre 6-8 semaines, soit à partir du débourrement des bourgeons jusqu'à mi-juin, soit quatre à six semaines après la nouaison. Des lésions surgissent dix à vingt-huit jours après le début des infections primaires, en fonction de la température (MacHardy, 1996).



**Figure 7 :** Développement cuticulaire de *Venturia inaequalis* (Chamont et Gil, 2013)



**Figure 8 :** Symptômes sur fruits et feuilles de pommiers, causés par *Venturia inaequalis*, agent causal de la tavelure du pommier.

(A : Lésions sur la face inférieure ; B : Lésions sur la face supérieure ; C : une lésion sur fruit non mûre ; D : Nombreuses lésions sur un fruit non mûre qui devient difforme et fissuré ; E : Contamination d'un fruit et d'une pousse par la tavelure du pommier)

(Source personnelle)

Pour finir, le champignon développe une structure pseudo-parenchymateuse nommée « stroma », où un mycélium et des conidiophores\* peuvent se différencier à la surface de la feuille (**Figure 7**). Les conidies\* qui proviennent de ces lésions primaires sont à l'origine de nouvelles infections, appelées **infections secondaires** (Chamont et Gil, 2013). Une fois disséminées par la pluie et/ou le vent, les conidies germent en conditions optimales (température et humidité) sur les feuilles et les fruits. Le champignon entraîne de nouvelles lésions, qui pourront produire de nouvelles spores contaminantes. Si les conditions le permettent, les infections secondaires peuvent se poursuivre durant la totalité de la période estivale (Omafra, 2011). Par ailleurs, les gouttes d'eau rebondissent et ruissellent des feuilles infectées sur les feuilles saines, néoformées : phénomène de « *splashing* » (CABI, 2005 ; MacHardy, 1996).

Le pommier est sensible à *V. inaequalis* à partir du débourrement (stade C ou BBCH 53) est atteint. La contamination du champignon dépend également de l'âge des feuilles. En effet, les jeunes feuilles sont très sensibles dès leur apparition (feuilles néoformées) jusqu'à l'âge de 8 jours environ (Carisse et Jobin, 2006). En vieillissant, elles perdent progressivement leur sensibilité en développant une résistance ontogénique (McHardy, 1996 ; Keitt et Jones, 1926).

### 2.2.3. Symptômes & Dégâts

La tavelure du pommier se développe sur tous les organes aériens du pommier et plus particulièrement sur les feuilles et les fruits (CABI, 2005).

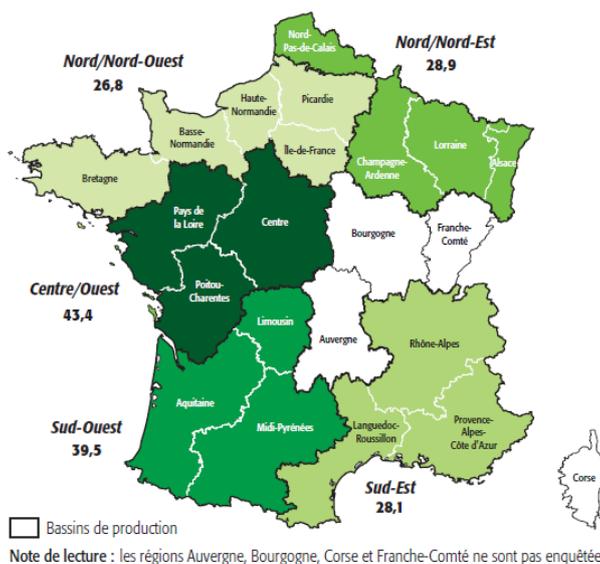
Sur les **feuilles**, les symptômes évoluent avec l'âge des organes (**Figure 8**). Au printemps, des lésions vert-olive à noires apparaissent sur la face supérieure des jeunes feuilles, environ dix à vingt-huit jours après le début des infections primaires (McHardy, 1996). Par suite, un velouté verdâtre dû à la fructification des conidiophores lors de l'infection secondaire recouvre ces lésions (Chamont et Gil, 2013). Les feuilles peuvent se courber et la photosynthèse est altérée.

Sur les **fruits**, des croûtes noirâtres et liégeuses se développent, bien visibles à partir de mai-juin. Ces symptômes sont identiques à ceux observés sur la face supérieure des feuilles. Ces croûtes se craquellent et donnent des fissures et les fruits sont parfois déformés (**Figure 8**). En cas d'une attaque précoce, le fruit se dessèche en partie, se déforme, mûrit très mal et peut chuter (Chamont et Gil, 2013). Les taches issues des contaminations primaires sont de plus grandes tailles que celles des contaminations secondaires, plus petites et superficielles.

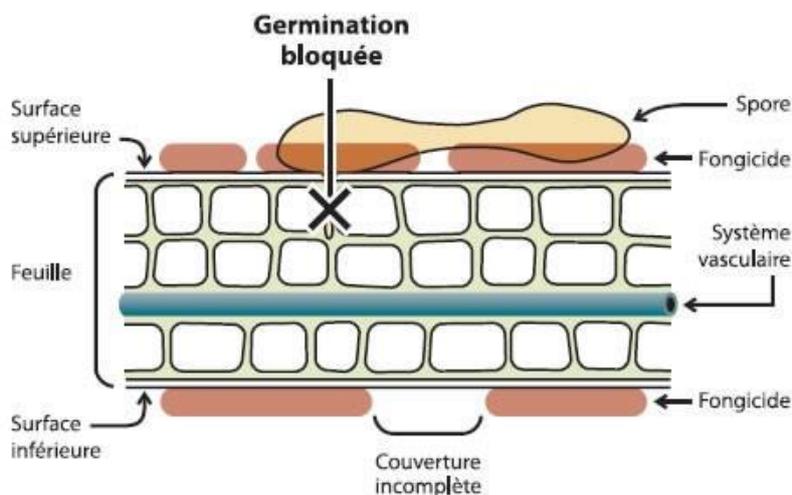
**Tableau II :** Nombre moyen de traitements phytosanitaires (fongicides, insecticides, herbicides et régulateurs de croissance) en fonction de différentes espèces fruitières en 2012. (Agreste, 2014).

Espèces fruitières	Pomme	Pêche	Prune	Abricot	Cerise
Fongicides	22,5	10,8	5,5	8,1	5
Insecticides/Acaricides	9	6,7	3,8	2,6	2,6
Herbicides	1,8	1,6	1,5	1,1	0,8
Régulateurs de croissance	1,8	0	0	0	0,1
Nombre total de traitements	35,1	19,2	10,8	11,8	8,5

**Nombre moyen de traitements phytosanitaires dans les vergers de pommiers selon cinq bassins de production en 2011**



**Figure 9 :** Nombre moyen de traitements phytosanitaires dans les vergers de pommiers (Nord/Nord-Ouest, Nord/Nord-Est, Centre/Ouest, Sud-Ouest et Sud-Est) selon cinq bassins de production en 2011 (Agreste, 2015)



**Figure 10 :** Mode d'action d'un fongicide multisite de contact (Carisse et Jobin, 2006)

Sur les **fleurs**, il est possible d'identifier des taches sur les sépales, l'ovaire ou le pédoncule pouvant provoquer une chute précoce (Chamont et Gil, 2013).

Sur les **rameaux**, les symptômes sont beaucoup moins fréquents. A maturité, ces altérations forment des petites pustules ovales ou chancres autour desquels l'écorce est soulevée et s'effrite (Dreyfus et Roussel, 2008). Les bourgeons des rameaux chancrés sont fortement susceptibles de périr au printemps suivant ([www.syngenta.com](http://www.syngenta.com)).

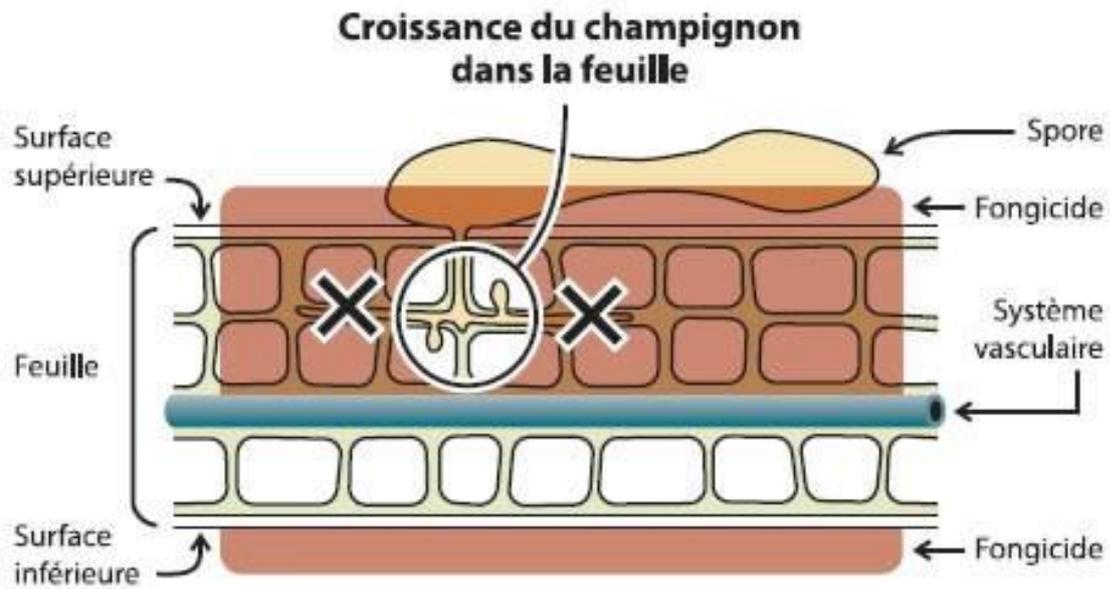
## 2.3. Méthodes de lutte contre la tavelure

### 2.3.1. La lutte chimique

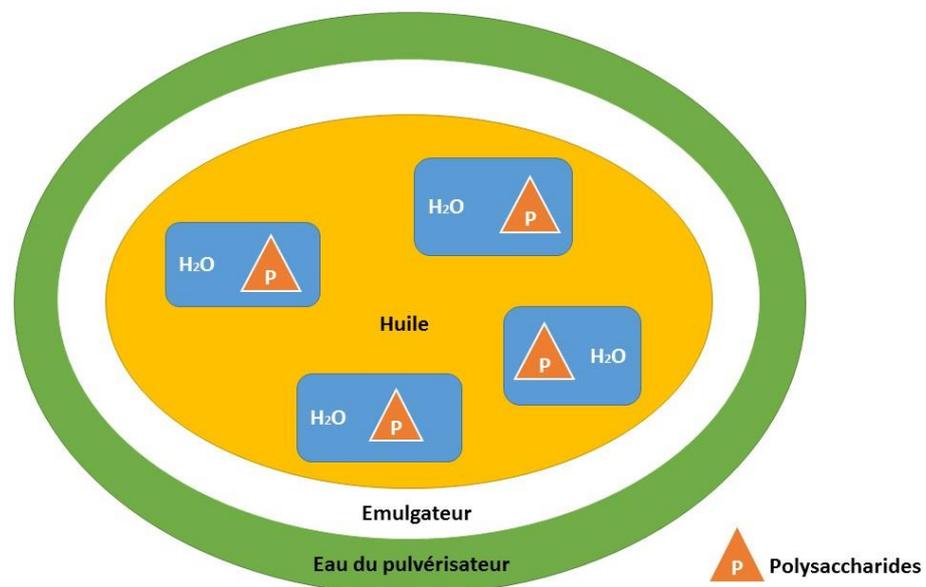
#### 2.3.1.1. Les fongicides

Le pommier nécessite un très grand nombre de traitements phytosanitaires, en moyenne 30, pour lutter contre ses divers bioagresseurs (**Tableau II**). La tavelure nécessite une lutte chimique intense afin de pouvoir conjuguer rendement et qualité des fruits. En effet, 10 à 20 interventions chimiques sont réalisées uniquement contre cette maladie, soit 40-50 % du nombre total de traitements phytosanitaires, en moyenne (Agreste, 2015 ; Chamont et Gil, 2013). Par ailleurs, l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) total en fongicides en arboriculture, varie également en fonction des différents bassins de production (**Figure 9 ; Annexe I**) (Sauphanor et Dirwimmer, 2009). Les spécialités homologuées et autorisées contre la tavelure du pommier sont énumérées sur la base de données e-phy (<https://ephy.anses.fr/>). Elles peuvent se classer en fonction de leur mode d'action :

- Les fongicides **multisites** ont une action préventive, peu spécifique, avec un large spectre d'action (**Figure 10**). Ils sont principalement appliqués lors de la prévision d'épisodes pluvieux avec un fort potentiel d'ascospores projectibles. Ils inhibent un très grand nombre de systèmes enzymatiques d'où une faible probabilité de résistance. Ce sont principalement des produits de contacts qui inhibent l'adhésion et la germination des ascospores sur les organes. Cependant, la bouillie pulvérisée n'est efficace que sur les organes néoformés à la date du traitement (feuilles, fruits et fleurs). C'est le cas du Trimanoc DG, Merpan SC et de l'Ordoval :
- ✓ Trimanoc DG : Le Mancozèbe est la principale matière active du Trimanoc DG. Il appartient au groupe des dithiocarbamates. L'action multisite du mancozèbe permet d'agir sur la germination des spores, la pénétration et l'installation du champignon.



**Figure 11 :** Mode d'action d'un fongicide unisite/systémique (*Carisse et Jobin, 2006*)



**Figure 12 :** Schéma général de l'adjuvant CCL 846-1

Merpan SC : Le Captane est la matière active principale qui constitue le Merpan SC. Il appartient à la famille chimique des phtalimides, qui inhibe la germination des spores, la formation de mycélium avant leur pénétration dans les tissus des végétaux.

- ✓ Ordoval : L'Ordoval est un fongicide qui contient 80% de Thirame de la famille des dithiocarbamates. C'est un fongicide de contact avec un mode d'action multisites.
- Les fongicides **unisites** ont sur une cible précise, et sont souvent systémique (**Figure 11**). Il y a une très forte efficacité de la molécule à faible dose. Ces traitements curatifs, vont agir après l'infection du champignon, à un stade précis de son développement. Par conséquent, le risque d'apparition de résistance reste très élevé.

Tous les fongicides de contact résistent à un seuil d'eau, avant d'être lessivé. L'intérêt d'apporter des adjuvants et additifs avec le fongicide, est d'améliorer le contact sur le végétal et la résistance de la matière active au lessivage. En général, un fongicide de contact sans adjuvant est susceptible de pouvoir résister à un cumul d'eau d'environ 20 mm. A contrario, l'apport d'un adjuvant permettrait de résister 30-40 mm environ, en fonction des conditions pédoclimatiques (Communication personnelle).

### 2.3.1.2. Les adjuvants

Les produits phytopharmaceutiques sont composés d'une ou plusieurs matières actives et d'adjuvants et/ou additifs. En effet, la cuticule limite la pénétration des matières actives en fonction de la mouillabilité des plantes, du stade végétatif, de la température et de l'hygrométrie (CCL, 2016). Le rôle des **adjuvants** est d'optimiser l'activité, la pénétration et de faciliter l'emploi du principe actif (solvants, dispersants, émulsifiants, tensioactifs, stabilisants, anti-mousses...), pour une pénétration optimale de la matière active et une plus grande stabilité dans le temps. C'est le cas du CCL846-1, un adjuvant que la société C.C.L expérimente, notamment par le biais de Raison'Alpes.

Le CCL846-1 est composé d'un émulgateur, d'huile, d'eau et de polysaccharides (**Figure 12**). Les polysaccharides sont englobés dans des gouttes d'eau, qui elles-mêmes sont emprisonnées d'huile. L'huile est à son tour entourée par un émulgateur. Avec la force de l'atomiseur (force électrostatique), l'émulgateur éclate les molécules d'huiles. Les molécules d'eau + l'eau du pulvérisateur fusionnent avant de se déposer sur le feuillage. Par conséquent, les

**Rapport-Gratuit.com**

polysaccharides se retrouvent sur le végétal pour favoriser la résistance au lessivage et accroître le pourcentage de surface couverte par la bouillie. On parle de « **thixotropie** », c'est-à-dire, la capacité de certains fluides à se liquéfier lorsqu'ils sont agités et qui retournent à l'état solide au repos.

### 2.3.2. Effets indésirables d'un produit phytosanitaire

En complément des effets souhaités contre une maladie ou un ravageur, un produit phytosanitaire est susceptible de provoquer des effets indésirables sur la culture. Par conséquent, tout symptôme suspect lors des différentes interventions sur la parcelle d'essai est consigné (nécroses, rugosité, défoliation, décoloration, chute des fleurs et des fruits...).

La phytotoxicité\* est un dégât physiologique que peut provoquer une substance chimique sur la plante cultivée. Elle est contrôlée durant toute la période de l'essai et jusqu'à la récolte lors des différentes notations, observations et applications de bouillies.

« La rugosité est une altération de l'épiderme des fruits recouverts d'une pellicule liégeuse, elle démarre souvent dans la cavité pédonculaire et/ou la cuvette oculaire », sous forme de traînée ou de surface (Lanxess, 2016).

### 2.3.3. Méthodes de lutte prophylactiques

Outre la lutte chimique, une réflexion est optimisée sur la combinaison d'effets. C'est le cas des mesures prophylactiques qui visent à réduire l'inoculum de la tavelure (Holb et al, 2004) :

- Le choix de variétés résistantes lors de l'implantation du verger, et qui dépend fortement du marché. Par exemple, les Gala et Pink-Lady sont très sensibles malgré leur fort intérêt économique (Saudreau, 2015).
- La conduite du verger (l'espace intra et inter rangs, la taille, fertilisation, irrigation...) permet d'adapter l'aération des parcelles. Par conséquent, la taille des arbres et des blocs peut réduire le risque d'infection en favorisant la circulation de l'air (séchage des feuilles). De plus, selon Jagdish et Gupta (1986), une fertilisation azotée trop élevée favorise le développement de la tavelure du pommier (pousses très actives) alors qu'un taux élevé de potassium accroît la résistance de l'arbre (Duval, 1992).
- L'urée accélère la dégradation de la litière en stimulant l'activité biologique du sol à l'automne et permet la réduction de l'inoculum primaire (Carisse et Jobin, 2006).
- Le broyage, le brûlage et/ou l'enfouissement des feuilles réduisent également l'inoculum.



## 2.4. Synthèse

Le pommier est soumis à une pression parasitaire importante, notamment la tavelure du pommier. Très problématique en arboriculture, elle se distingue par une lutte chimique intense. Dans le contexte actuel d'une réduction des produits phytopharmaceutiques, de la protection de l'environnement et du consommateur, diminuer le nombre d'applications fongicides contre la tavelure du pommier reste un enjeu majeur. La mise en place de stratégies alternatives en complément d'un programme fongicide réduit, le développement d'outils d'aide à la décision (RIMpro), et une meilleure efficacité des traitements fongicides *via* des adjuvants et additifs, est réfléchi. La protection contre la tavelure du pommier est raisonnée à partir des contaminations primaires, avec des traitements préventifs majoritairement.

Ainsi, les objectifs de mon stage sont : de comparer l'efficacité de l'adjuvant CCL846-1 à un adjuvant de référence avec des fongicides de contacts à pleine dose ou à dose réduite, et de vérifier la sélectivité du CCL846-1 vis-à-vis du pommier. Ces objectifs seront réalisés durant la période des contaminations primaires soit à partir du stade BBCH 53 (débourrement), et jusqu'à la fin des projections d'ascospores. Pour cela, un protocole précis a été rédigé par Raison'Alpes, approuvé et signé par la Société C.C.L, pour mettre en place cet essai durant la totalité des infections primaires de la tavelure du pommier.



### 3. MATERIELS ET METHODES

Le protocole est rédigé par Raison'Alpes à la demande de la Société C.C.L. Ce protocole est en adéquation avec la méthode CEB n°14 « 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 » et la méthode CEB n°45 « Méthode d'évaluation des effets des préparations phytopharmaceutiques sur la rugosité des pommes et des poires ». Ces méthodes, issues de la Commission d'Essais Biologiques (C.E.B) sont destinées à uniformiser la conduite des essais au champ, pour l'étude des produits phytopharmaceutiques, d'où leurs intérêts. Ces méthodes sont révisées régulièrement, compte tenu de l'évolution des méthodes d'expérimentation et des techniques agricoles. De plus, pour la constitution des dossiers d'homologation, les données biologiques doivent être acquises selon les méthodes CEB (AFPP, 2016). C'est le cas du CCL846-1, pour la société C.C.L.

#### 3.1. Localisation de la zone d'essai

L'essai se situe sur une parcelle d'un producteur à Ribiers (05), proche de Raison'Alpes. La zone d'essai représente 2 rangs complets (**Annexe II**). La banalisation est effectuée par des jalons, des piquets de couleurs et de la rubalise en bout de rang. La parcelle choisie est en bas fond, proche d'une rivière, le Buëch.

#### 3.2. Le matériel végétal

La proximité de la rivière influe sur la durée d'humectation du feuillage et sur la fraîcheur de la zone, deux facteurs favorisant la tavelure et la rugosité. La variété de l'essai, Golden Delicious, est représentative de la région et recommandée par la méthode CEB n°14.

#### 3.3. Le matériel de traitement

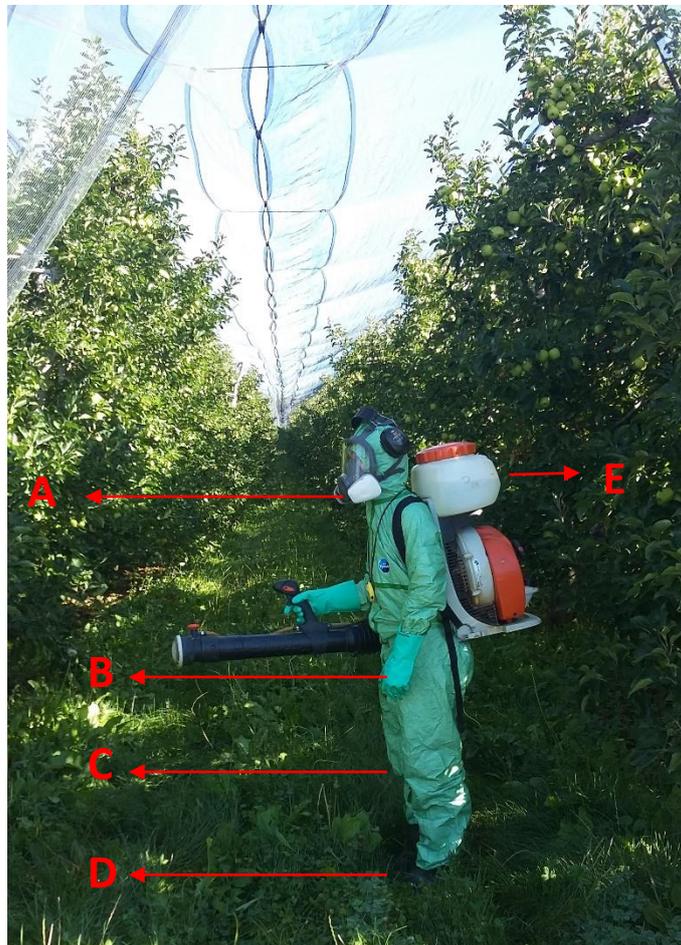
##### 3.3.1. Les fongicides utilisés

La firme souhaite évaluer l'intérêt de son adjuvant, le CCL846-1, au sein d'un programme de référence constitué de fongicides de contact. Ce « programme de référence » est caractérisé par la stratégie qu'un producteur mettrait en place au sein de son exploitation. Ainsi, le choix des fongicides utilisés est réalisé par l'expertise de Raison'Alpes, en tenant compte de la législation, du stade physiologique des pommiers et de la stratégie du producteur.

Le **Trimanoc**, composé de Mancozèbe, peut être utilisé 4 fois par an. C'est un fongicide qui est préférentiellement pulvérisé à partir du débourrement des arbres (BBCH 53). De plus, beaucoup



**Figure 13 :** Caisson ONU pour assurer le transport des produits phytosanitaires jusqu'à la parcelle d'essai  
(Source personnelle)



**Figure 14 :** Applicateur lors d'un traitement phytosanitaire dans le cadre d'un essai.  
(A : Masque respiratoire ; B : Gants en nitrile ; C : Combinaison ; D : Bottes de protection spécifiques ; E : Pulvérisateur avec la bouillie)  
(Source personnelle)

de cahiers des charges l'interdisent à la floraison. L'**Ordoval**, composé de Thirame, améliore l'aspect qualitatif du fruit, et peut être appliqué jusqu'à 4 fois par an. Le **Merpan SC**, composé de Captane, est très dangereux pour les fleurs. Dans le cas présent, (pH > 7,5), il peut être appliqué 6 fois par an. Il permet également d'améliorer le cosmétique des pommes. Ainsi il a été choisi de réaliser ce traitement à partir du stade BBCH 69 (T4 à T8). L'Hélioterpen Film, commercialisé sur le marché des produits phytopharmaceutiques par la société Action Pin, est l'adjuvant de référence ([helioterpen-arboriculture.fr](http://helioterpen-arboriculture.fr)).

Un programme de dix interventions fongicides uniquement contre la tavelure du pommier est appliqué durant les infections primaires (**Annexe III**). Le choix des fongicides a été défini précédemment. La cadence de traitement 7-10 jours est réalisée selon la méthode CEB n°14.

### 3.3.2. Préparation des bouillies

Une fiche « caldha » est réalisée pour chaque traitement « T », précisant toutes les informations nécessaires pour la réalisation, la fiabilité et la traçabilité : quantité de produits à peser, matériels, dates, matériels utilisés, état du sol, stade BBCH, données météorologiques... (**Annexe IV**). Les produits phytosanitaires sont pesés préalablement dans le laboratoire *via* une balance de précision sous une hotte aspirante. Le jour du traitement, les produits pesés sont introduits dans un caisson ONU (**Figure 13**), pour assurer le transport jusqu'à la parcelle et la bouillie est préparée au champ. Une fois la bouillie prête, elle est introduite dans le pulvérisateur, afin de traiter chaque modalité.

### 3.3.3. Le pulvérisateur

Les traitements sont réalisés avec un pulvérisateur pneumatique à dos (**Figure 14**). Le volume de bouillie est adapté à l'appareil utilisé, à la quantité par hectare choisie en adéquation avec le développement végétatif du verger et les objectifs de la firme.

### 3.3.4. Equipement de Protection Individuel

Lors de toutes manipulations de produits phytosanitaires, les opérateurs doivent se protéger en utilisant un Equipement de Protection Individuel (EPI) adapté. Cet équipement est constitué, selon l'opération, d'une combinaison de protection, d'une paire de bottes et de gants en nitrile et d'un masque respiratoire intégral (**Figure 14**).

**Tableau III :** Caractérisation des différentes modalités au sein de l'essai. Le programme référence est défini par l'Expertise de Raison'Alpes au cours de l'essai.

TNT	Témoin Non Traité
M2	Programme référence
M3	Programme référence + Hélioterpen Film
M4	Programme référence + CCL 846-1
M5	Programme référence - 50%
M6	Programme référence -50% + Hélioterpen Film
M7	Programme référence -50% + CCL 846-1

### 3.4. Dispositif expérimental

Un dispositif de FISHER est utilisé avec 4 blocs comprenant chacun 6 parcelles élémentaires (6 modalités), sans inclure le Témoin Non Traité (TNT) (**Tableau III ; Annexe II**). Il est réalisé 4 répétitions par modalité, pour l'analyse statistique. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 4 arbres, sachant que les 2 arbres centraux doivent permettre l'observation sur 200 fruits. Le TNT est exclu du dispositif expérimental et permet de noter l'évolution, la fréquence et l'intensité d'attaque de la tavelure. Il est disposé sur 10 arbres à proximité des 4 blocs.

### 3.5. Observations et Notations

Toutes les observations sont réalisées sur les deux arbres centraux de chaque parcelle élémentaire. En effet, ce sont les deux arbres les moins exposés aux projections de bouillies destinées aux parcelles élémentaires voisines (embruns). L'essai est constitué de plusieurs observations : tavelure sur les feuilles et les fruits, rugosité et phytotoxicité.

#### 3.5.1. La tavelure sur feuilles

Une observation deux fois par semaine est réalisée sur le TNT. Une fois le taux d'infection suffisamment élevé, les notations peuvent se déclencher. A chaque notation, une observation préliminaire sur 10 pousses est réalisée afin d'identifier les étages foliaires sur lesquelles l'observation sera réalisée, c'est-à-dire là où de nouvelles taches sont apparues. L'observation sur les parcelles élémentaires porte sur un minimum de 200 feuilles, et 400 feuilles pour le TNT. Cela va permettre de noter l'intensité et la fréquence d'attaque. L'intensité représente le nombre de taches observées et la fréquence signifie la présence ou l'absence de la maladie.

#### 3.5.2. La tavelure sur fruits

Si l'observation du TNT met en évidence une attaque sur bouquet, une notation avant la chute des fleurs et des fruits est nécessaire. Les observations sont effectuées sur 100 bouquets par parcelle élémentaire. Une seule observation sur fruits bien développés est prévue 20 à 30 jours après le dernier traitement (fin juin - début juillet). Elle est réalisée sur 200 fruits selon une grille de notation : 0 : fruit indemne de tavelure ; 1 : 1 à 3 taches ; 2 : supérieur à 3 taches.

#### 3.5.3. La rugosité

Au stade BBCH 74, 100 fruits sont observés par parcelle élémentaire sur les deux faces des arbres centraux afin d'évaluer l'importance de la rugosité du fruit, en fonction de trois catégories : 0 : pas de rugosité ; I : rugosité légère ; II : rugosité forte, le fruit est déclassé.

**Rapport-Gratuit.com**

### 3.5.4. La phytotoxicité

Une démarche simple, rapide et efficace est réalisée. L'analyse du TNT est effectuée pour identifier tout détail : stade de la culture, coloration du feuillage, courbure des feuilles, nécroses éventuelles, les fruits... Une fois cette étape réalisée, l'observation des différentes modalités est effectuée pour identifier les éventuels symptômes supplémentaires dans les parcelles traitées.

### 3.5.5. Le devenir de la récolte

L'adjuvant CCL846-1 dispose d'un permis d'expérimentation. « Les productions végétales issues des essais, expériences ou études et susceptibles d'être consommées par l'homme ou l'animal sont détruites » (legifrance.gouv.fr). Or la société C.C.L est en attente pour une Dérogation à la Destruction de Récolte (DDR) sur l'adjuvant CCL846-1. Si la DDR est obtenue avant la récolte, alors les fruits pourront être vendue dans le circuit commercial de l'exploitation. En cas contraire, les modalités concernées (M4 et M7) seront détruites et une indemnisation pour le producteur sera effectuée par la Société C.C.L Toutes autres modalités ne subiront pas de destruction de récolte et les fruits pourront être vendus selon le circuit commercial.

## 3.6. Analyse Statistique

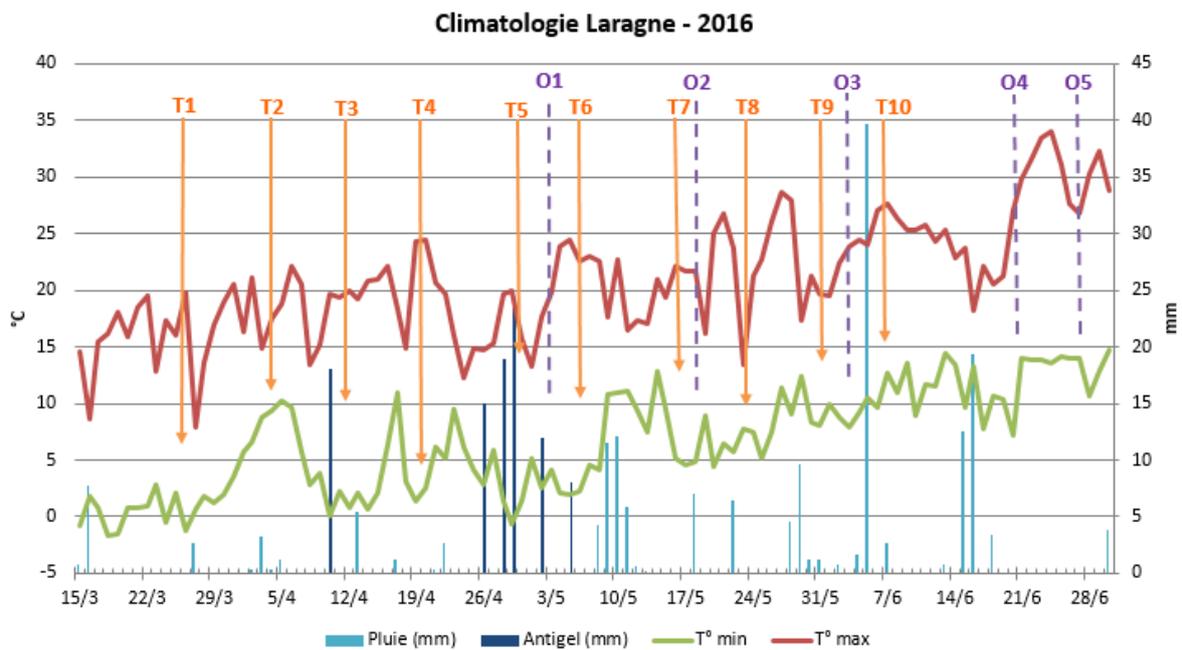
Tous les résultats sont moyennés par modalité afin de déterminer l'intensité d'attaque et la fréquence d'attaque. Une analyse de variance est réalisée sur l'**intensité** d'attaque et la **fréquence** d'attaque. En complément, un test de Newman Keuls, un test de comparaisons multiples, est utilisé afin de déterminer les groupes homogènes, si l'analyse de variance précise qu'il existe des différences significatives. Les statistiques sont effectuées *via* le logiciel STATBOX VISION 4, version 7.5.1. Si besoin, une transformation angulaire de Bliss ( $\text{asin}\sqrt{x} = y$ ) est réalisée afin de normaliser les données et mieux différencier les modalités.

En parallèle, l'efficacité est calculée sur l'intensité d'attaque et sur la fréquence d'attaque au niveau des feuilles par la formule d'Abbott suivante :

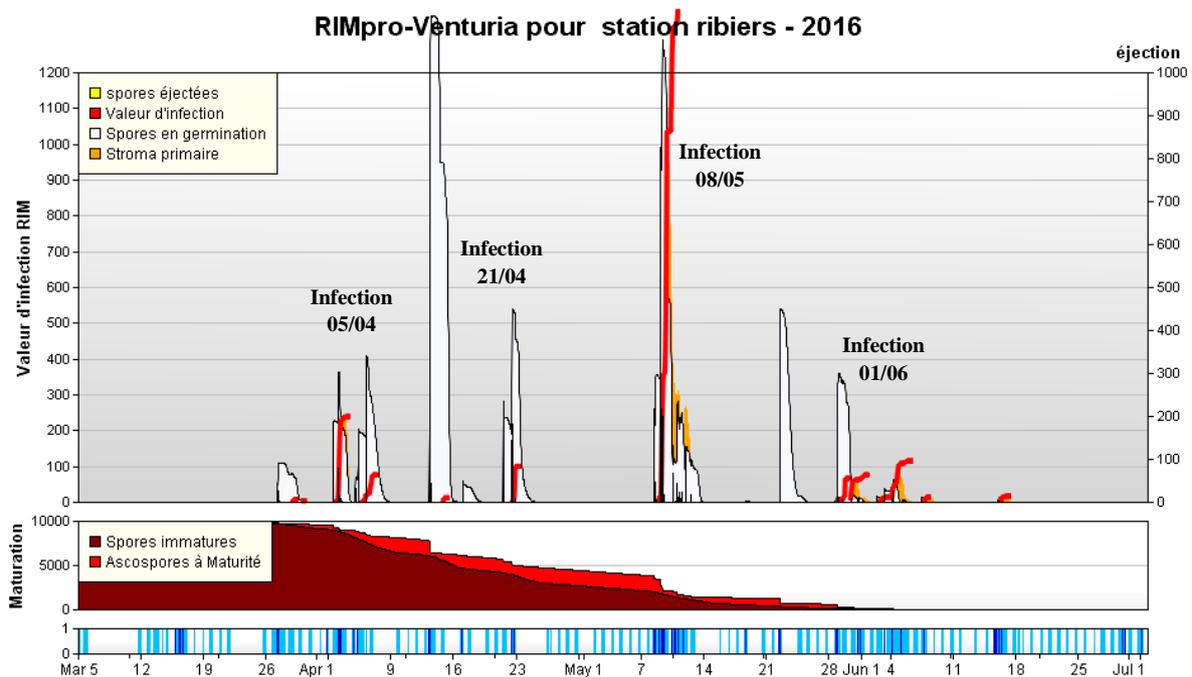
$$\text{Efficacité} : 100 * (T0 - Tt) / T0$$

Avec :

- T0 : pourcentage de feuilles/fruits tavelés dans la parcelle témoin (TNT)
- Tt : pourcentage de feuilles/fruits tavelés dans la parcelle traitée



**Figure 15 :** Synthèse de la météorologie et positionnement des traitements fongicides (T) et des observations (O) durant l'essai.



**Figure 16 :** Représentation des différentes contaminations primaires de la tavelure du pommier par le modèle RIMPRO, pour la Station de Ribiers (05).

## 4. RESULTATS

### 4.1. Météorologie et Contexte contaminants

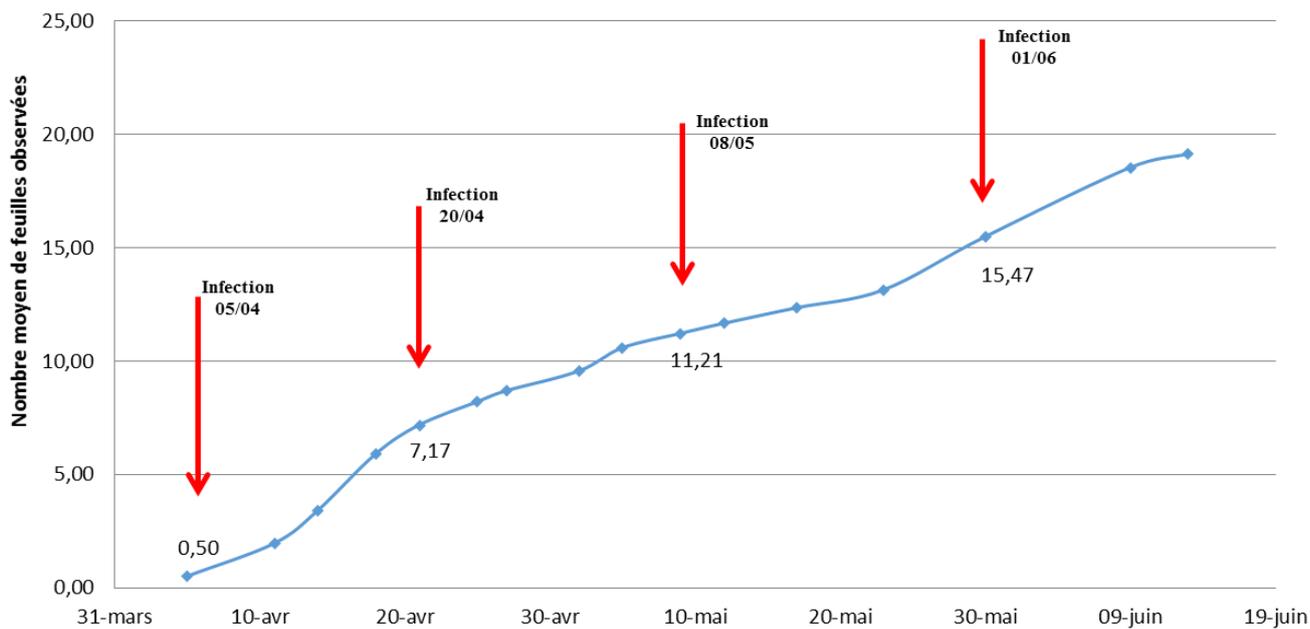
Les données relevées par la station météo implantée au sein de la parcelle d'essai confirment la présence de plusieurs épisodes pluviaux (**Figure 15**). En effet, ils sont recensés, le 03-05/04 ; le 13-17/04 ; le 08-12/04 et le 28/05 à 07/06 concordent parfaitement avec les différentes périodes contaminantes majeures signalées par le modèle RIMpro.

Outre les pluies, plusieurs apports d'eau ont été réalisés par une aspersion sur frondaison afin de lutter contre le gel : 10/04 ; 26/04 ; 28/04 ; 29/04 ; 03/05 et 05/05 (**Figure 15**). Néanmoins, ces données ne sont pas prises en compte par le modèle RIMpro. La durée de l'apport en eau varie en fonction de la période de froid, avec un débit de 4 mm par heure (18 mm ont été apportés le 10/04 et 15 mm le 26/04). En effet, ces apports sont corrélés à des températures basses (inférieures à 0°C) et dangereuses pour la formation et la viabilité des fruits et des fleurs. Ces températures apparaissent en général au milieu de la nuit jusqu'au levé du jour.

Au cours de la saison 2016, plusieurs contaminations primaires se sont déroulées au sein de la parcelle d'essai, selon l'outil d'aide à la décision RIMpro. Ce modèle n'a pas été utilisé pour élaborer le programme de traitement car ils ont été réalisés à une cadence de 7 à 10 jours. Néanmoins, il permet de confirmer la présence des contaminations primaires et le degré d'infection au sein de la parcelle d'essai. Un graphe RIMpro se décompose en 3 parties (**Figure 16**) :

- **L'échelle de temps & la pluviométrie** : l'échelle de temps indique la date et l'heure. Les périodes de pluies (bleu foncé) et de forte humidité relative (bleu clair) sont illustrées.
- **Le stock & la maturation des ascospores** : En début de saison, le stock d'ascospores immatures est de 100%. Au cours du temps, la maturation et l'éjection des ascospores lors des pluies sont opérées. Les ascospores immatures sont représentées en rouge brique et les ascospores matures, prêtes à éjecter, en rouge clair.
- **La sévérité de l'infection** : Relative Infection Measure (RIM) est l'indice qui caractérise l'infection. La sévérité de l'infection est démontrée par une courbe rouge. Par exemple, un RIM de 100 correspondrait à une infection faible et 300 à une infection élevée (Philion, 2009). Plus l'histogramme jaune est élevé, plus le nombre d'ascospores éjectées est grand.

### Evolution des pousses de pommiers sur la parcelle d'essai au cours des contaminations primaires



**Figure 17 :** Suivi des pousses de pommiers sur la parcelle d'essai durant la période des contaminations primaires de la tavelure du pommier.

Ainsi, le stock d'ascospores qui reste à éjecter diminue. La quantité d'ascospores vivantes et présentes sur le feuillage est représentée par un halo blanc.

Succinctement, quatre périodes de contaminations primaires ont été recensées au cours de la saison avec une sévérité d'infection variable : 05/04 (RIM de 240) ; 21/04 (RIM de 100) ; 10/05 (RIM > à 1200) ; 01/06 (RIM de 120).

## 4.2. Efficacité de l'adjuvant CCL846-1

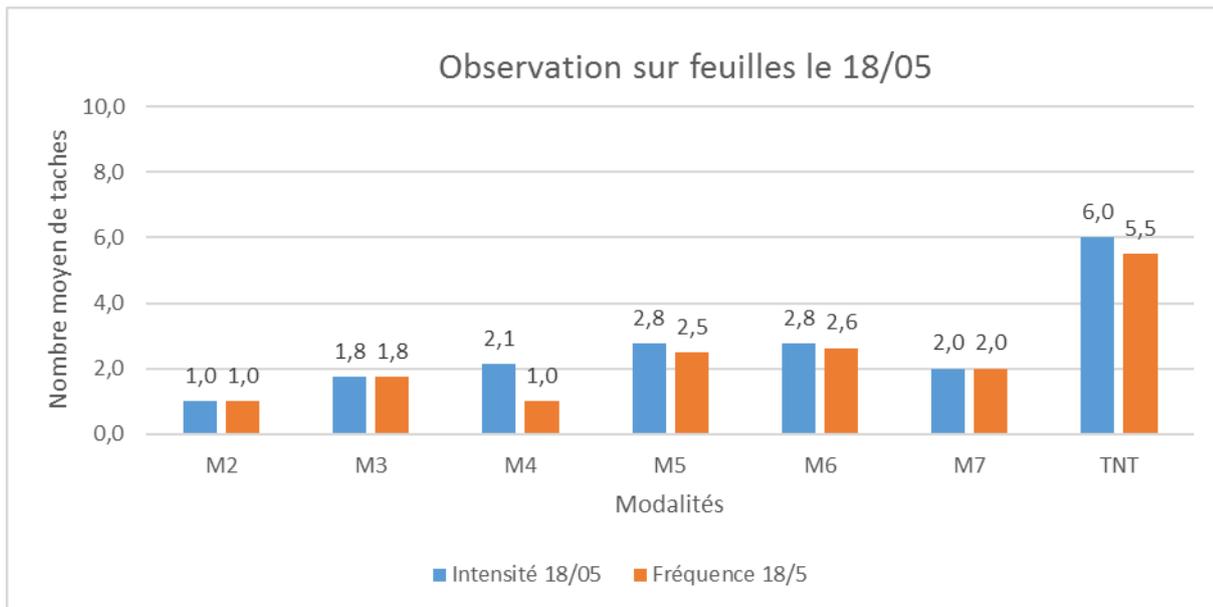
### 4.2.1. Sur feuilles

Les observations sur feuilles ont été réalisées en moyenne 20-30 jours après chaque contamination primaire, délai moyen pour observer la sortie des symptômes de la tavelure du pommier. Quatre observations ont été effectuées sur feuilles : le 03/05, le 18/05 ; le 03/06 ; le 21/06. Elles ont été déclenchées lorsqu'il y a eu une sortie de taches significatives dans le TNT, lors du suivi hebdomadaire.

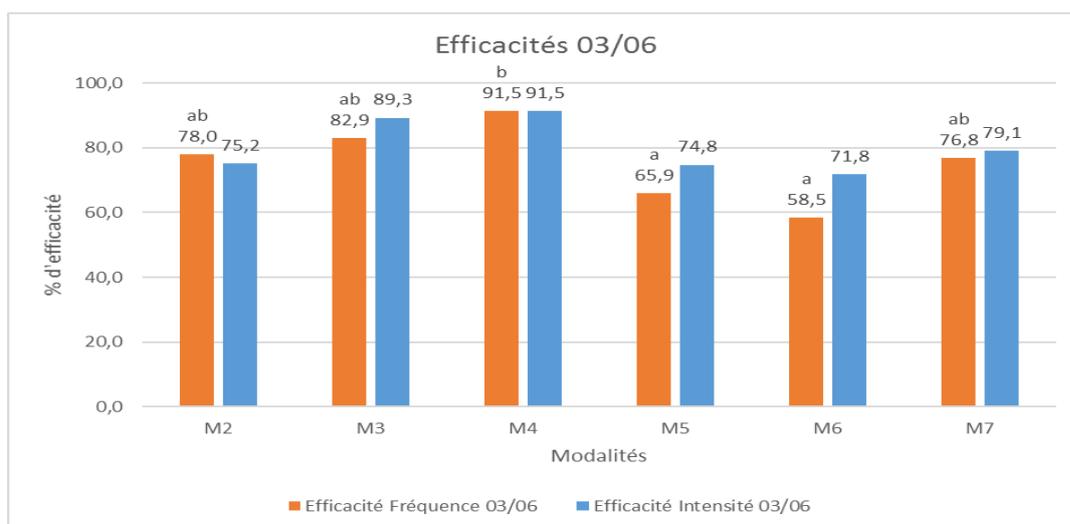
Un suivi des pousses deux fois par semaine a été réalisé durant la période des contaminations primaires de la tavelure du pommier. Ce suivi permet de valider le choix des différents étages foliaires choisis pour les notations d'intensité et de fréquence sur feuilles. Le graphique montre le nombre moyen de feuilles par pousse en fonction du temps (**Figure 17**). Les quatre périodes contaminantes recensées *via* RIMpro, sont caractérisées par une flèche rouge, distinguant le nombre de feuilles moyens présents sur une pousse. Ceci permet de confirmer que la 1<sup>ère</sup> contamination du 03/04 s'est déroulée sur les étages foliaires 1 à 2, la 2<sup>nd</sup> du 21/04 sur les étages foliaires 2 à 6, la 3<sup>ème</sup> du 08/05 sur les étages foliaires 6 à 10 et la 4<sup>ème</sup> du 01/06 sur les étages foliaires 11 à 15.

#### 4.2.1.1. Notation du 03/05

L'observation réalisée le 03/05 caractérise l'infection de 05/04 couverte par le traitement phytosanitaire T2 (04/04) à base de Trimanoc. Le TNT démontre que l'intensité et la fréquence d'attaque est trop faible pour pouvoir déclencher une observation sur les différentes modalités. En effet, seulement 2,5% des feuilles totales sont affectées. Par conséquent, la notation est reportée ultérieurement, lorsque le suivi hebdomadaire sera plus satisfaisant.



**Figure 18 :** Notation du 18-05 sur les feuilles caractérisant l'intensité d'attaque et la fréquence d'attaque pour l'infection primaire du 20/04 de la tavelure du pommier. (p-value intensité = 0,497 ; p-value fréquence = 0,360 au seuil 5 %)



**Figure 19 :** Notation du 03/06 sur les feuilles caractérisant l'efficacité (%) en fonction de la fréquence d'attaque et de l'intensité d'attaque, des différentes modalités pour l'infection primaire du 08/05. (p-value fréquence = 0,012 ; p-value intensité = 0,141 au seuil 5 %)

#### 4.2.1.2. Notation du 18/05

La notation du 18/05 effectuée sur les étages foliaires 2 à 6, caractérise l'infection primaire du 21/04 couverte par le traitement T4 (20/04) à base d'Ordoval. Sur le TNT, en moyenne 6 taches ont été observées représentant 5,5 % des feuilles tavelées totales. L'intensité d'attaque et la fréquence d'attaque sont représentées au sein d'un histogramme (**Figure 18**).

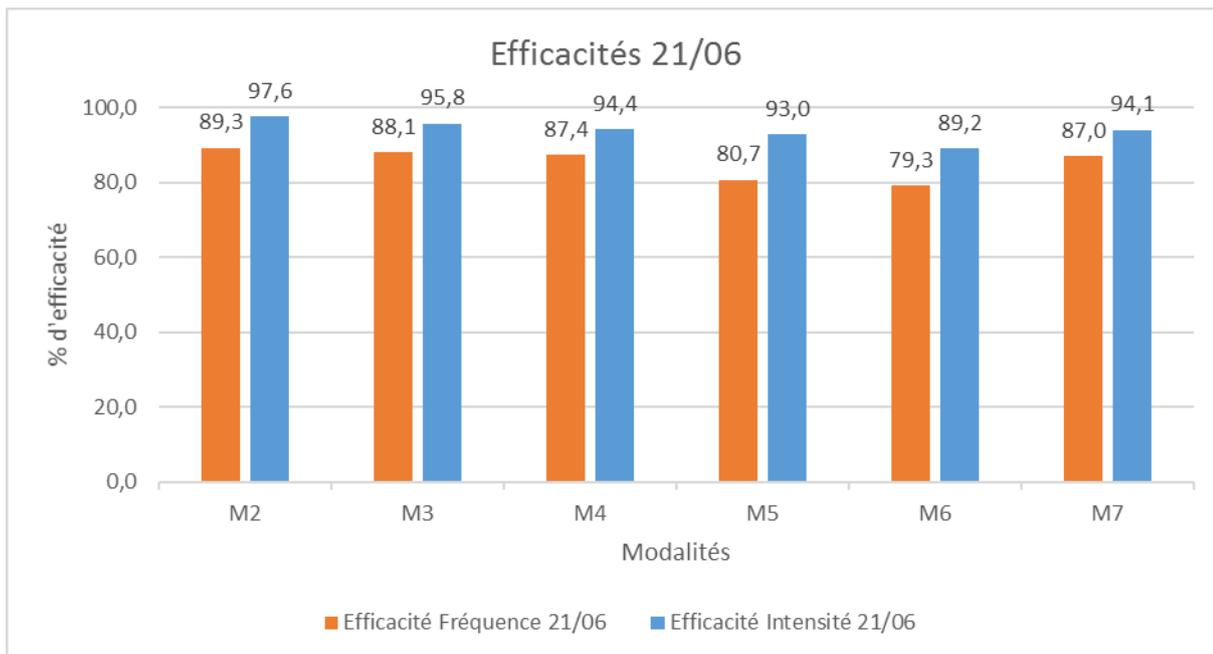
La référence à pleine dose sans adjuvant (M2) et avec l'Hélioterpen Film (M3), présentent une intensité et une fréquence d'attaque faible avec 1 % et 1,8 % respectivement. En parallèle, l'ajout du CCL846-1 démontre un résultat qui tend vers M2 et M3 avec une intensité d'attaque de 2,1 taches mais avec une fréquence d'attaque de 1 %. A demie-dose (M5-M6-M7), les résultats sont similaires même si l'intensité et la fréquence d'attaque sont légèrement supérieures en parti pour M5 et M6 : 2,8 taches sur 2,5 % des feuilles totales (M5), 2,8 taches sur 2,6 % des feuilles totales (M6) et 2 taches sur 2 % des feuilles totales (M7).

Par conséquent, il est très difficile de pouvoir discriminer les résultats obtenus au sein des différents programmes de traitements, avec une sévérité d'attaque si faible. Ainsi, l'efficacité des différents programmes de traitements n'est pas calculée. De plus, il n'existe aucune différence significative entre les modalités, au niveau de l'intensité et de la fréquence d'attaque ( $p$ -value intensité = 0,497 ;  $p$ -value fréquence = 0,360 au seuil 5 %).

#### 4.2.1.3. Notation du 03/06

La notation du 03/06 réalisée sur les étages foliaires 6 à 10, résulte de l'infection du 08/05 couverte par le traitement T6 (06/05) à base du Merpan SC. Le TNT recense une intensité d'attaque moyenne de 29,3 taches sur 10,3 % des feuilles totales. Il démontre une sévérité d'infection satisfaisante pour déclencher la notation et réaliser l'analyse statistique. L'efficacité est illustrée à l'aide d'un histogramme en fonction de l'intensité et de la fréquence d'attaque des modalités (**Figure 19**).

Au niveau de l'**efficacité sur la fréquence d'attaque**, la référence à pleine dose sans adjuvant (M2) présente 78,0 % d'efficacité. Les deux références à pleine dose avec adjuvant (M3 : Hélioterpen Film ; M4 : CCL846-1) démontrent une efficacité supérieure, avec 82,9 % et 91,5 % respectivement. La référence à demie-dose sans adjuvant (M5) présente un résultat



**Figure 20 :** Notation du 21/06 sur les feuilles caractérisant l'efficacité (%) en fonction de la fréquence d'attaque et de l'intensité d'attaque, des différentes modalités pour l'infection primaire du 01/06.

(p-value intensité = 0,133 ; p-value fréquence = 0,333 au seuil 5%)

moins satisfaisant que M2, avec 65,9 % d'efficacité. A cette dose, l'ajout de l'Hélioterpen Film provoque une efficacité inférieure, avec 58,5 %. En parallèle, l'ajout du CCL846-1 à la référence à demie-dose (M7) illustre une efficacité convaincante avec 76,8 %, une efficacité comparable à celles de M2 et M3. De plus, l'analyse statistique démontre que M5/M6 sont beaucoup moins efficaces que M4 au seuil 5 % (p-value=0.012) (**Annexes V et VI**). Ainsi, M7 et M4 ne sont pas différents significativement de M2 et M3.

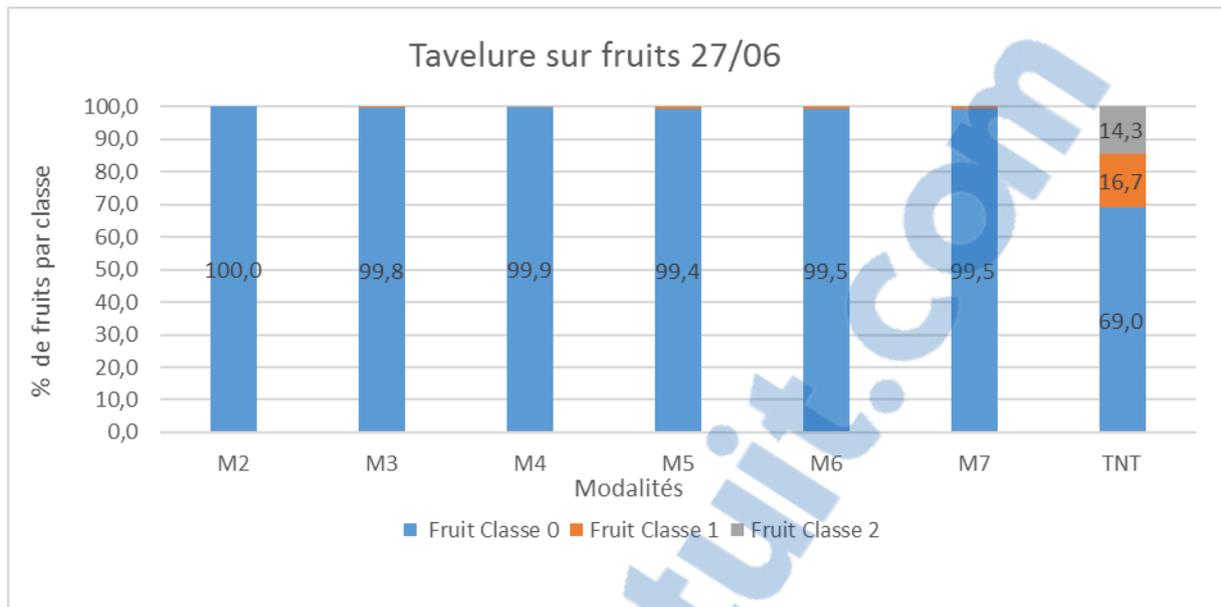
Par ailleurs, les résultats de l'**efficacité sur l'intensité d'attaque** sont moins contrastés, avec des efficacités variant entre 71,8 % (M6) à 91,5 % (M4), pour les différentes modalités. Les programmes de traitements ont moins influé sur l'intensité que sur la fréquence d'attaque. L'analyse statistique n'a démontré aucune différence significative à 5 % (p-value = 0,141).

Ainsi, les modalités à pleine dose (M2-M3-M4) présentent des efficacités supérieures sur la fréquence d'attaque. Les modalités à demie-dose (M5-M6) proposent des efficacités plus faibles. L'ajout du CCL846-1 à la référence à demie-dose (M7) est très bénéfique, comparé à celui de l'Hélioterpen Film (M6), car il n'est pas différent statistiquement de M2, M3 et M4.

#### 4.2.1.4. Notation du 21/06

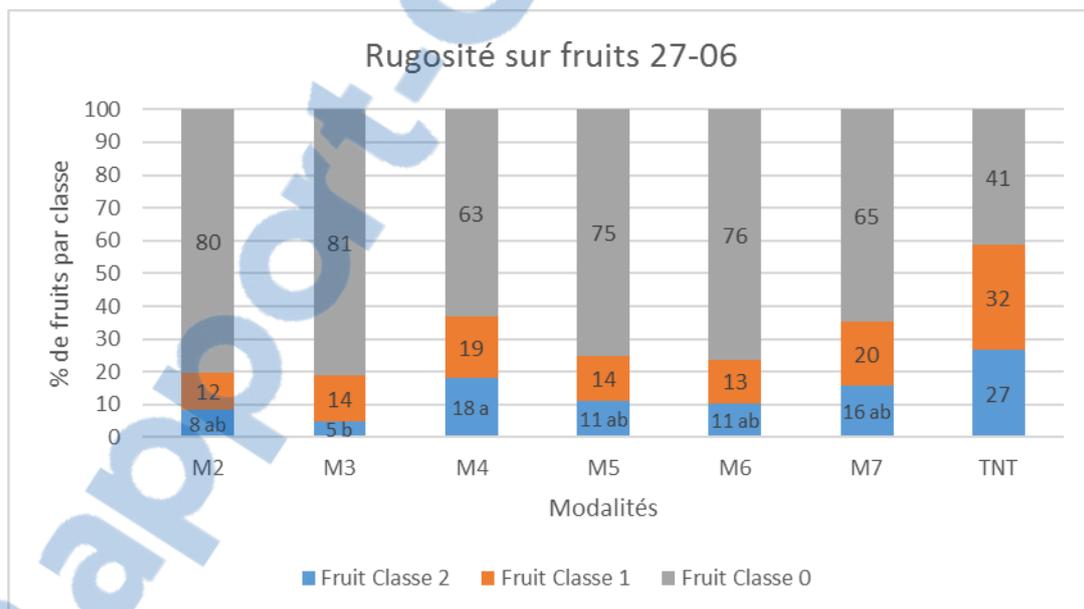
La notation du 21/06 réalisée sur les étages foliaires 11 à 15, correspond à la contamination primaire du 01/06. La contamination a été encadrée par les traitements T7 (16/05), T8 (24/05) et T9 (31/05) à base de Merpan SC. Le TNT démontre une intensité d'attaque très élevée avec 239,5 taches sur 33,8 % des feuilles totales. Les efficacités sur l'intensité et la fréquence sont démontrées à partir d'un histogramme en fonction des différentes modalités (**Figure 20**). En effet, il n'existe aucune différence significative dans les différentes modalités (p-value intensité = 0,133 ; p-value fréquence = 0,333 au seuil 5%). Ainsi des tendances sont exprimées à la vue des résultats.

Les **efficacités sur la fréquence d'attaque** varient peu au sein des différents programmes de traitements allant de 79,3 % (M6) à 89,3 % (M2) d'efficacité. Néanmoins, elle est légèrement plus faible pour M5 et M6, à demie-dose. L'ajout du CCL846-1 (M7) est plus convaincant, avec une efficacité supérieure à M5 et M6, et équivalente à M2-M3-M4. Par ailleurs, les **efficacités sur l'intensité d'attaque** dans les différents programmes de traitements sont presque similaires, avec 89,2 % (M6) jusqu'à 97,6 % (M2) (demie-dose < pleine dose sauf pour M4 et M7). L'efficacité sur l'intensité sont encore moins contrastés que sur la fréquence.



**Figure 21 :** % de fruits observés par classe :

0 : fruit indemne de tavelure ; classe 1 : 1 à 3 taches ; classe 2 : supérieur à 3 taches.  
 (p-value classe 0 = 0,680 ; p-value classe 1 = 0,599 ; p-value classe 2 = NA au seuil 5%)



**Figure 22 :** % de fruits observés par classe de rugosité en fonction de trois catégories : 0 : pas de rugosité ; 1 : rugosité légère ; 2 : rugosité forte, le fruit est déclassé.

(p-value classe 0 = 0,100 ; p-value classe 1 = 0,272 ; p-value classe 2 = 0,035 au seuil 5%)

## 4.2.2. Sur fruits

Une seule observation sur fruit a été réalisée, le 27/06, soit 20 jours après le dernier traitement fongicide (T10). Elle a été opérée sur 200 fruits selon une grille de notation suivante : 0 : fruit indemne de tavelure ; 1 : 1 à 3 taches ; 2 : supérieur à 3 taches.

Les résultats sont moyennés par classe en fonction des modalités sous forme d'un histogramme empilé (**Figure 21**). L'analyse statistique ne fait ressortir aucune différence significative en fonction des classes au seuil 5 % (p-value classe 0 = 0,680 ; classe 1 = 0,599 ; classe 2 = Na). Le TNT présente un niveau d'infection élevé avec 16,7 % de fruits de classe 1 et 14,3 % de fruits de classe 2, soit 31 % de fruits tachés dont 14,3 % non commercialisés. Quelle que soit la modalité traitée, il y a plus de 99,5 % de fruits sains dans chaque modalité. Les programmes de traitements ont été efficaces pour la protection des fruits.

## 4.3. Effets indésirables potentiels du CCL846-1

### 4.3.1. La rugosité

La rugosité a été observée le 27/06 sur 100 fruits par parcelle élémentaire, au stade BBCH 74. Le graphique démontre le pourcentage de fruits observés par classe (**Figure 22**). Le TNT présente une proportion de 41,3 % de fruits exempts de rugosité, 32 % de classe 1 et 26,7 % de classe 2.

La référence à pleine dose sans adjuvant (M2) présente 80,3 % de fruits exempts de rugosité, 11,5 % de classe 1 et 8,3 % de classe 2. L'ajout de l'Hélioterpen Film à cette dose (M3), réduit le pourcentage de fruits de classe 2 avec 4,8 % seulement. Mais, l'apport du CCL846-1 (M4) influe sur la rugosité avec 18,3 % de fruits de classe 2. La modalité M3 est significativement différente de M4 pour les fruits de classe 2, au seuil de 5 % (p-value= 0.035). Ainsi le CCL846-1 associé à un programme de référence à pleine dose (M4) influe significativement sur l'aspect rugogène, à l'inverse de l'Hélioterpen Film (M4). Au sein des classes 0 et 1, aucune différence significative n'est à noter (**Annexe VII**).

A demie-dose, les modalités sans adjuvant (M5) et avec l'Hélioterpen Film (M6), démontrent des proportions plus faibles de fruits sains par rapport à leur dose pleine (M2-M3) : 11,3 % et 10,5 % de fruits de classe 2 contre 13,5 % et 13,3 % de fruits de classe 1 respectivement. Cependant, les modalités incluant le CCL846-1 (M7) présentent un seuil de rugosité



important, comparé aux autres modalités avec 64,8 % de fruits exempts de rugosité seulement. Le CCL846-1 (M4 et M7) présentent un potentiel rugogène élevé.

### 4.3.2. La phytotoxicité

Aucune phytotoxicité n'est observée au cours de l'essai durant les différentes observations et interventions phytosanitaires. Le CCL846-1 n'a pas provoqué de dégâts supplémentaires sur la morphologie et la physiologie du pommier dans les conditions de l'essai.



## 5. DISCUSSION

### 5.1. La Météorologie

La météorologie est surveillée en continue *via* l'implantation d'une station météo. Elle enregistre plusieurs facteurs : la pluie, le vent, l'humidité et les températures.

Tout d'abord, les 10 traitements fongicides ont été réalisés avec des conditions climatiques acceptables dans le cadre des BPE (un feuillage sec, un vent inférieur à 10 km/h, pas de pluies 2 heures après le traitement, une application avec un écart de dose inférieur à 10 %). Néanmoins, les conditions météorologiques n'ont pas toujours été clémentes, créant parfois des difficultés pour trouver des fenêtres de traitements. En effet, les épisodes pluvieux et l'humidité relative importante au bord de la rivière, Le Buëch, ont accentué la durée d'humectation, réduisant la fenêtre de traitement.

D'autre part, le gel a également provoqué des perturbations pour les traitements phytosanitaires. Afin de lutter contre le gel, des asperseurs utilisés pour l'irrigation ont été activés lorsque les températures étaient inférieures à 0°C. Une fois les asperseurs désactivés, le temps de séchage des feuilles était un fort handicap pour réaliser les traitements. Au total, les six périodes de gel ont été difficiles à gérer, et impossible à anticiper. De plus, la durée d'humectation du feuillage était favorable à la tavelure du pommier en cas d'infection. Pour finir, le temps de séchage et le levé du vent étaient souvent corrélés, créant une difficulté supplémentaire pour obtenir une fenêtre de traitement.

Par suite, l'efficacité des fongicides de contacts dépendent fortement des épisodes pluvieux, recensées par la station météo. En effet, il est indispensable de vérifier si les produits appliqués, notamment de contact, ont été lessivés ou non, par les pluies et les irrigations

### 5.2. Le Contexte Contaminant

Le contexte contaminant est mis en relation avec les fongicides de contacts appliqués, le suivi de pousses des pommiers, les étages foliaires analysés, les périodes contaminantes, les pluies et les irrigations pour lutter contre le gel et le lessivage. L'analyse des résultats s'effectue sur l'ensemble de ces données qui ont eu un impact sur le contexte contaminant. Les pluies du 27/03 et 03/04 ont pu causer des infections légères sur les étages foliaires 1 et 2, une période



contaminante avec un nombre d'ascospores matures croissant. Cette période contaminante a été encadrée par deux traitements à base de Trimanoc (T1 et T2), un fongicide très souvent utilisé en début de lutte contre la tavelure du pommier, lorsque le feuillage est encore peu développé. La notation du 03/05 qui correspond à cette infection, s'est déroulée uniquement sur les TNT. Le niveau d'infestation n'était pas assez important pour réaliser la notation sur les différentes modalités.

L'irrigation du 10/04 n'a pas été contaminatrice, mais en partie lessivante, avec 18 mm reçu sur le T2. Mais, le T3 à base d'Ordoval, a été effectué deux jours plus tard, le 12/04. Les feuilles néoformées n'étaient pas protégées et aucune période contaminante n'a chevauché cette période. Ces feuilles n'ont pas été infectées par la tavelure du pommier. Le T4 a été réalisé le 20/04 à partir d'Ordoval, pendant une très faible période contaminante et a pu causer une infection sur les étages foliaires 2 à 7. Cette infection a été couverte correctement par T4. La notation a été correctement réalisée sur les étages foliaires 1 à 6, le 18/05. Le niveau d'infestation s'est accrue comparé au 03/05 mais reste toujours faible pour donner un sens aux résultats.

Par la suite, une période de gel a été très délicate à gérer pour trouver des fenêtres de traitements, mais aussi par rapport à la durée d'humectation du feuillage, un élément favorable au développement de la tavelure du pommier. T4 n'a été lessivé qu'entre le 26/04 et 29/04 avec un cumul des irrigations de 34 mm, mais sur une période non contaminante. Le cumul des irrigations entre T5 et T6 (44 mm) au Merpan SC, a également été lessivant et non contaminant. Jusqu'à présent, la pression de la maladie a été faible.

Ensuite, un épisode pluvieux a été noté du 8/05 au 11/05 avec un cumul de 33,6 mm. Ce cumul est très lessivant pour T6 (06/05). De plus, c'est une période contaminante élevée avec un RIM > à 1200, susceptible de provoquer une infection très grave sur les feuilles et les fruits. La quantité d'ascospores matures éjectées a été élevée et les conditions ont été propices à leur germination. La notation du 03/06 est réalisée sur cette période contaminante au niveau étages foliaires 6 à 10 avec un niveau d'infestation satisfaisant sur le TNT. Les feuilles néoformées pendant ce délai jusqu'à T7 à base de Merpan SC (16/05) n'ont pas été protégées.

Les pluies qui suivent l'infection la plus élevée de la saison (08/05), n'ont pas été contaminantes jusqu'à début juin. Cette période est couverte par le T7, le T8 et le T9 à base de Merpan SC. Les traitements ont subi des pluies de 13,4 mm (T7-T8) et 16,7 mm (T8-T9),



non lessivantes. Les pluies de début juin ont lessivé le T9 avec 42,1 mm mais quelques jours après l'infection. Le T9 a couvert correctement l'infection de début juin. Néanmoins elles ont pu provoquer de légères infections sur les feuilles et fruits, observées lors de la notation du 21/06. T10 est réalisé très rapidement après le lessivage et les pluies de mi-juin ont généré les dernières projections des ascospores. Les observations ont bien été exécutées, sur les étages foliaires caractérisant chaque contamination.

### 5.3. Efficacité du CCL846-1

Le Trimanoc, l'Ordoval et le Merpan SC ont été choisis dans le contexte d'un conseil producteur par Raison'Alpes, en fonction des stades physiologiques du pommier, de la législation (nombre d'application autorisée, dose) et de la matière active. La cadence de traitement n'a pas été représentative d'une stratégie de producteur. En effet, celle-ci a été exécutée entre 7-10 jours en fonction des conditions météorologiques et en respectant les seuils BPE : températures et hygrométrie en adéquation au produit utilisé, un vent inférieur à 10 km/h, un feuillage sec et pas de pluie prévue dans les 2 heures suivant l'application, application avec un écart de dose inférieur à 10%. La société CCL a souhaité réaliser l'essai selon un programme de référence producteur à pleine dose, représentatif de la région d'essai. Elle a également voulu réduire les doses des fongicides à 50%, pour exagérer les résultats.

Le programme de référence producteur est défini par des doses pleines. En effet, l'adjuvant doit être en mesure de concurrencer les autres adjuvants déjà sur le marché avec des fongicides de contacts à pleine dose. Les efficacités à pleine dose (M2-M3-M4) sont satisfaisantes et équivalentes avec ou sans adjuvants. L'efficacité du CCL846-1 est plus élevée dans les conditions de l'essai lors de la notation du 03/06. L'ajout du CCL846-1 serait capable de mieux résister au lessivage et de répartir la bouillie de façon plus homogène sur le feuillage durant les différentes périodes de pluies afin de lutter contre la tavelure du pommier.

La demie-dose sans adjuvant (M5) et avec l'Hélioterpen Film (M6) démontrent une efficacité très insuffisante lors des contaminations primaires. En effet, l'intensité d'attaque et la fréquence d'attaque ont été plus élevées durant toutes les notations. La demie-dose avec le CCL846-1 apporte des résultats très encourageants avec une efficacité semblable à celles obtenues avec les programmes à pleine dose (M2-M3-M4). Par conséquent, suite aux cumuls des pluies du mois de mai, l'Hélioterpen Film n'a pas compensé la réduction de dose, à contrario du CCL846-1. Le CCL846-1 a fortement participé à la résistance au lessivage des

**Rapport-Gratuit.com**

fongicides à demie-dose. Cette différence est d'autant plus visible que la réduction de la dose est importante entre les modalités.

Les infections ont été correctement couvertes par les traitements fongicides. Les tendances sont à fiabes, notamment pour la notation du 03/06 sur feuilles. Le traitement T6 à base de Merpan SC est pulvérisé juste avant la plus forte infection de la saison (08/05) avec un RIM > à 1200. Il a été lessivé très rapidement après son application. Les fongicides de contacts ont été mis en difficulté par le cumul de pluies élevé. La résistance au lessivage a pu être analysé correctement avec le Merpan SC adjuvé ou non, au sein des différentes modalités. Pour les autres notations, il est difficile de pouvoir émettre des hypothèses, avec des infections beaucoup moins fortes (RIM inférieurs à 300) et des conditions météorologiques moins favorables. Les conclusions tirées de ces résultats dépendent des conditions météorologiques et le contexte contaminant pendant la période des contaminations primaires sur la parcelle d'essai. L'ajout du CCL846-1 (M4-M7) est très concluant avec une efficacité équivalente voire supérieur à l'adjuvant déjà homologué et commercialisé, l'Hélioterpen Film.

#### 5.4. Les effets indésirables potentiels du CCL846-1

Le CCL846-1 a été en mélange avec des fongicides de contacts tels que le Trimanoc (T1 et T2), l'Ordoval (T3, T4 et T10) et le Merpan SC (T5 à T9). De plus, les traitements ont été effectué à une cadence de 7 à 10 jours avec des pluies et une lutte antigel, favorisant le lessivage des produits phytosanitaires. T5, T6 et T9 ont été rapidement lessivé, une fois leur application effectuée. Le CCL846-1 ne présente ainsi aucun symptôme de phytotoxicité, dans les conditions de l'essai.

La Golden est une variété de pomme sensible à la rugosité, suivant les conditions climatiques. Un niveau conséquent de rugosité a été noté et plus précisément avec le CCL846-1, dans les conditions de l'essai, énumérée ci-dessus. De plus, la parcelle a été choisie pour plusieurs raisons afin d'étudier la rugosité : (1) la parcelle d'essai est située proche d'une rivière, favorisant une humidité relative importante ; (2) De nombreuses variations de températures sont recensées et notées *via* la station météo (gel) ; (3) Des fruits très souvent humides lors de la période de croissance ; (4) Un arrosage sur frondaison, notamment pendant les irrigations et les périodes de gel. Ainsi, il est possible d'émettre l'hypothèse que le CCL846-1 favorise la rugosité, même si les analyses statistiques ne font pas apparaître de différences significatives, sauf pour les modalités M3-M4. En mélange avec un fongicide à pleine dose, l'Hélioterpen Film (M3) créerait moins de rugosité que le CCL846-1 (M4).



## 5.5. Les propositions d'amélioration de l'essai

Le protocole d'essai a été respecté dans son ensemble. Les propositions d'amélioration permettent de favoriser une nouvelle approche des objectifs, et surtout de leur réalisation. En interne, au sein de Raison'Alpes, elles permettent d'améliorer le référentiel BPE. En effet, si l'essai est reconduit, plusieurs propositions peuvent être présentées afin de renforcer les résultats et leurs analyses :

- Eviter de positionner un essai en bordure de parcelle, sans avoir un rang de garde. Un rang de bordure est plus facilement soumis aux contraintes environnementales et embruns de la parcelle voisine. De plus, il a été parfois difficile de trouver un nombre de fruits et pousses suffisants pour les notations sur cette rangée.
- Eviter une cadence de traitement de 7-10 jours et favoriser une autre stratégie de traitements telles que : (1) une stratégie producteur complète (il traite, je traite) ; (2) un outil d'aide à la décision à part entière tel que RIMpro. Il serait intéressant de cibler des infections à part entière *via* le modèle RIMpro et de choisir le fongicide adéquate en fonction de la physiologie du pommier et de la législation.
- Réaliser des traitements phytosanitaires avec une réduction de 25% des fongicides afin d'affirmer les tendances observées. En effet, une réduction de 50% de la dose peut être effrayant pour un producteur, même lors d'une présentation de résultats uniquement.
- Effectuer toutes les interventions avec le même matériel de traitement (pulvérisateur, balance ...) pour réduire l'erreur du matériel.



## 6. CONCLUSION

La société C.C.L expérimente par le biais de Raison'Alpes, son adjuvant CCL846-1, contre la tavelure du pommier pendant les contaminations primaires, dans le cadre de son homologation. La firme a souhaité introduire son adjuvant, au sein d'un programme de référence, identique à une stratégie d'un producteur. De plus, l'essai a été réalisé sur une variété représentative de la région d'essai, Golden, au sein d'une parcelle très sensible à la tavelure du pommier et à la rugosité. L'essai a été construit à partir de méthodes C.E.B et mené selon les Bonnes Pratiques d'Expérimentation afin d'obtenir des données officiellement reconnues pour compléter le dossier d'homologation. L'étude a été réalisée pendant les contaminations primaires de la tavelure avec un programme de dix traitements à cadence 7 à 10 jours à partir du stade BBCH 53 (débourrement) et jusqu'à la fin des projections des ascospores. En fonction de la législation, du stade physiologique des pommiers, du programme d'un producteur et de l'expertise de Raison'Alpes, les traitements ont été réalisés à partir de trois fongicides de contacts à pleine dose ou à demie-dose avec du Trimanoc à 2,15 ou 1,075 kg/ha (T1 et T2), de l'Ordoval à 2,50 ou 1,25 kg/ha (T3, T4 et T10) et du Merpan SC à 3,0 ou 1,50 L/ha (T5 à T9).

Les résultats obtenus sont à nuancer avec les conditions météorologiques et le contexte contaminant de l'essai. En effet, des tendances ont été observées à la vue des résultats, même si aucune différence significative n'a été notée, hormis pour une notation sur feuilles le 03/06 et sur rugosité le 27/06. L'ajout du CCL846-1 aux différents fongicides de contacts favoriserait la résistance au lessivage, notamment suite aux fortes périodes de pluies et d'irrigation qui se sont déroulées en mai. Il favoriserait également la rugosité. En tendance, l'efficacité d'un fongicide de contact à pleine dose adjuvé du CCL846-1 (M4) serait légèrement supérieure, que sans adjuvant (M2) ou adjuvé de l'Hélioterpen Film (M3) à pleine dose. L'ajout du CCL846-1 avec des fongicides à demie-dose présenterait une efficacité satisfaisante à l'inverse de l'Hélioterpen Film (M6) et sans adjuvant (M5). Les résultats sont d'autant plus importants lors de la notation sur feuilles du 03/06. Elle correspond à la plus forte infection de la saison qui a été couverte par le traitement T6 à base de Merpan SC, soumis à un cumul de pluies élevé peu après son application. Ainsi, la capacité de résistance au lessivage a été mise en avant, durant cette période. Le CC846-1 serait un atout majeur dans la lutte contre la tavelure du pommier et un moyen de réduire les doses de certains fongicides sans impacter pour autant leur efficacité mais augmente la rugosité.



## BIBLIOGRAPHIE

- Agreste.** 2014. Enquête Pratiques Phytosanitaires en Arboriculture 2012, nombre de traitements. Agreste, Les dossiers, Ecophyto, Dossier 22, Décembre 2014, 17 p.
- Agreste.** 2015. Pratiques phytosanitaires en arboriculture : des traitements phytosanitaires dans les vergers de pommiers variables selon les bassins de production. Agreste, Primeur, n°323, Mars 2015, 8 p.
- AgriNova** et Irda. 2013. Guide pour le montage et l'utilisation du broyeur de litière eliminae<sup>md</sup>. Octobre 2013, 41p.
- Agrios G.N.** 1997. *Plant Pathology* (Fourth Edition), Academic Press, 635 pp.
- Aylor D.E** et **Anagnostakis S.L.** 1991. Active discharge distance of *V. inaequalis*. *Phytopathology*, 81-5 : 548-551.
- Biggs, A.R.** 1990. Apple scab. In : Jones, A.L. and Aldwinckle, H.S (Eds), *Compendium of Apple and Pear Diseases*. The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA. pp. 6-9.
- Bloesch B & Viret O.** 2013. Stades phénologiques des fruits à pépins en grand format. Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture | Vol. 45 (3): 197, Agroscope, 1260 Nyon.
- Boric, B.** 1985. Effect of temperature on germinability of *Venturia inaequalis* (Cooke). Winter spores and effect of age on their viability. *Zastita-Bilja* **36** (3): 295-302.
- Bureau Veritas Certification.** 2016. GLOBALG.A.P. 2p
- Carisse O** et **Jobin T.** 2006. La tavelure du pommier : mieux comprendre pour mieux intervenir. Agriculture et Agroalimentaire, 26p, Canada Publication 10203F, Edition 2006.
- Dreyfus J** et **Roussel M.** 2008. La tavelure. Fiche technique du service régional de la protection des végétaux de Haute-Normandie, 7 p, Novembre 2008.
- FranceAgriMer.** 2016. Les filières des fruits et légumes, Données 2014. Les cahiers de FranceAgriMer, Edition Janvier 2016, 96 p.
- FranceAgriMer.** 2015. Les fiches de FranceAgriMer, Fruits et Légumes, Filière Pomme de table. Février 2015, 2 p.
- Holb I.J., Heijne B., Jeger M.J.** 2004. Overwintering of conidia of *Venturia inaequalis* and the contribution to early epidemics of apple scab. *Plant Disease* **88**, 751-757.
- Jagdish, K.** et **G.K.Gupta.** 1986. Influence of host response and climatic factors on the development of conidial stage of apple scab fungus (*Venturia inaequalis*). *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology*, 16 (2) : 123-135.
- Juniper B.E & Mabberley D.J.** 2006. The story of the apple. Portland, OR, USA, Timber Press Inc, 240p.
- Keitt, G.W.** and **Jones, I.K.** 1926. Studies of the epidemiology and control of apple scab. *Wisconsin Research Bulletin* **73**: 194.
- MacHardy W.E.** 1996. Apple scab: Biology, Epidemiology and Management. *American Phytopathological Society*, 545 p.
- Naqvi, S. A. M. H.** 2004. Diseases of Fruits and Vegetables : Diagnosis and Management, Vol.1 published by kluwer academic publishers, the netherlands, pp.6-19.
- Phillon V.** 2009. Anatomie d'une infection de la tavelure selon RIMpro. Réseau d'Avertissement Phytosanitaire, Bulletin d'information n°3, 4 p.
- Sauphanor B.** et **Dirwimmer C.** 2009. Ecophyto R&D, vers des systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires. Volet 1, Tome IV : analyse comparative de différents systèmes en arboriculture

fruitière, Janvier 2009, Inra, 68 p.

**Vaillancourt** L.J. and J.R. Hartman. 2000. Apple scab. *The Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-I-2000-1005-01Updated 2005.

## SITOGRAPHIE

**AFPP**. 2016. Objectifs de la Commission des Essais Biologiques. Consulté le 15/05/16.  
<http://www.afpp.net/apps/accueil/autodefaut.asp?d=5912>

<http://agriculture.gouv.fr>. La pomme. 2p

**Anses**. 2016. Epidémiosurveillance. <https://www.anses.fr/fr/content/epid%C3%A9miosurveillance>

**AREFA**. 2015. L'agriculture en PACA : une activité économique inscrite dans la vie de la région. Consulté le 17/03/2016. <http://paca.anefa.org/node/2799>

**CABI**. 2005. Crop Protection Compendium - Global Module. Consulté le 24/04/16.  
<http://www.cabi.org/compendia.asp>

**CCL**. 2016. Mise à jour le 29/07/2016. <http://www.cclsite.fr/index.php/mg-protection/mg-pdp-adjuvant>

**Chamont S** et **Gil F**. 2013. *Venturia inaequalis*: Description du champignon. E-phytia, INRA Dernière modification le 05/29/13. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16238/hypp-Description-du-champignon>

**DAAF974**. 2010. Procédure d'homologation des produits phytosanitaires. Mise à jour le 08/11/2010.  
<http://www.dAAF974.agriculture.gouv.fr/Procedure-d-homologation-des>

**Faostat**. 2015. La pomme en France en 2013. Consulté le 17/03/2016.  
<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F>

**Duval J**. 1992. La tavelure de la pomme. Ecological Agriculture Projects. Consulté le 11/05/2016.  
<http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-04.htm>

**Fnpf**. 2012. Fiches produits FNPF, Fruits à pépins, Pomme.  
<http://www.fnpfruits.com/sites/fnpfweb/chiffresK/filieres/>

**Lanxess**. 2016. Folanx. Consulté le 19/08/16 <http://www.folanx.fr/fr/Rugosit%C3%A9.aspx>

**Helioterpen**. 2016. Traitement phytosanitaire Helioterpen Film. Consulté le 15/08/2016.  
<http://www.helioterpen-arboriculture.fr/fr/traitement-phytosanitaire-helioterpen-film.html>

**Legifrance**. Sous-section 6 : Permis d'expérimentation, Article R253-30. Consulté le 04/04/16.  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000025854013&cidTexte=LEGITEXT000022197698&dateTexte=20121111>

**Mapaq**. 2010. Tavelure du pommier. Dernière mise à jour le 2010-10-18.

**Planetoscope a**. 2015. Production de pommes dans le monde. Consulté le 17/03/2016.  
<http://www.planetoscope.com/fruits-legumes/390-production-de-pommes-dans-le-monde.html>

**Planetoscope b**. 2015. Production de pommes en France. Consulté le 17/03/2016.  
<http://www.planetoscope.com/fruits-legumes/391-production-de-pommes-en-france.html>

**Snv jussieu**. Arbres et Arbustes : Pommiers. Dernière modification le 26/05/15  
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/pommier.htm>

**Omafra.** 2011. La tavelure du pommier. Extrait du Publication 310F, Lutte intégrée contre les ennemis du pommier. Ontario. Mise à jour le 21/07/2011.  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/apscab.htm>

**Saudreau M.** 2005. Pommier – Tavelure. <https://www6.inra.fr/epiarch/Pathosystemes/Pommier-Tavelure>

**Raison'Alpes.** 2016. La Technologie Smartfresh® <http://www.raisonalpes.fr/technologie-smartfresh/>

Syngenta. Tavelure du pommier, *Venturia inaequalis*. Consulté le 13/04/16.  
<https://www3.syngenta.com/country/fr/fr/pratiques-et-techniques/adventices-maladies-ravageurs/maladies/Pages/Tavelure-du-pommier.aspx>

# ANNEXES

RapportGratuit.com

## **Annexe I : Généralités sur l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT)**

L'Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires (IFT) est un indicateur de suivi de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (pesticides) à l'échelle de l'exploitation agricole ou d'un groupe d'exploitations. L'IFT comptabilise le nombre de doses de références utilisées par hectare au cours d'une campagne culturale. Cet indicateur peut être calculé pour un ensemble de parcelles, une exploitation ou un territoire. Il peut également être décliné par grandes catégorie de produits (herbicides ; fongicides ; insecticides et acaricides ; autres produits). (<http://calcul-ift.fr/>)

Le calcul de l'IFT se présente sous la forme suivante (*Source interne Raison'Alpes*) :

### **Rappel :**

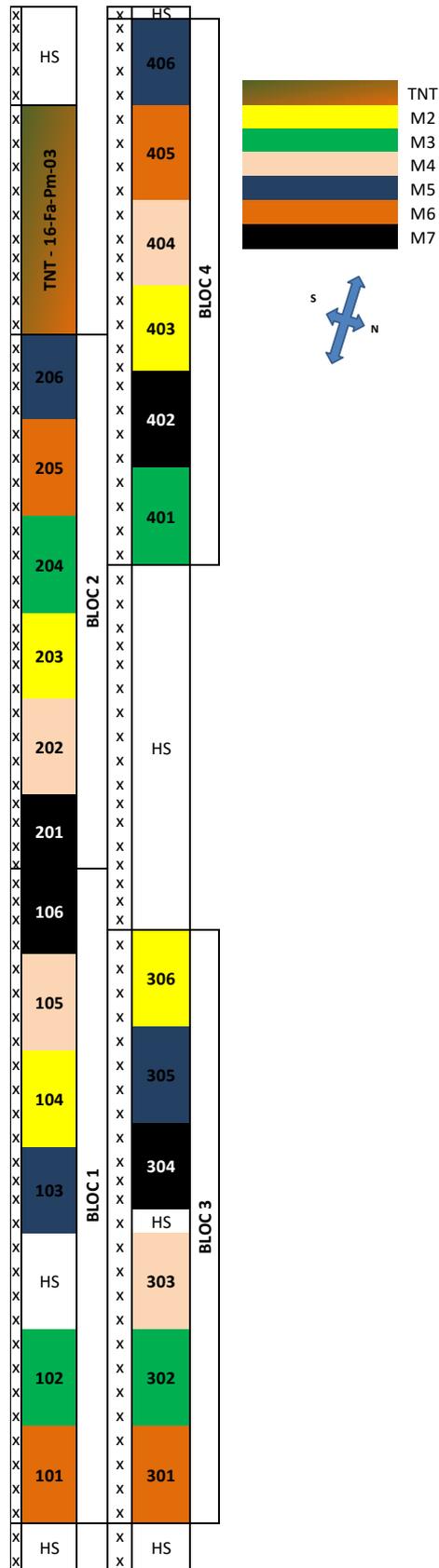
IFT = Indice de Fréquence de Traitement  
Nombre de doses homologuées épanchées à l'hectare

$$IFT = \frac{\text{Dose appliquée} * \text{Surface traitée}}{\text{Dose homologuée minimale pour le produit} * \text{Surface de la parcelle}}$$

- La Bouillie Bordelaise
  - est homologuée sur pommier
    - 12,5 kg/Ha sur bactériose, tavelure
    - 25 kg/Ha sur chancre
  - appliquée à
    - 12,5 kg/Ha compte pour 1 IFT
    - 25 kg/Ha compte pour 2 IFT
    - 6,25 kg/Ha compte pour 0,5 IFT
- Un herbicide est appliqué sur 1/3 du rang
  - s'il est fait à la dose minimale homologuée : 0,33 IFT

Néanmoins, cet indicateur ne prend pas en compte des caractéristiques des produits phytosanitaires utilisés tels que le profil toxicologique pour l'applicateur et le consommateur, le profil écotoxicologique pour le risque de transferts dans les différents compartiments de l'environnement.

## Annexe II : Dispositif expérimental de la zone d'essai



## Annexe III : Tableau récapitulatif des dix interventions fongicides durant les contaminations primaires de la tavelure du pommier

Traitement	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Stade application visé	Cadence 7 à 12 jours									
Date d'application	BCH53 25-mars	04-avr T1 + 10 jours	12-avr T2 + 8 jours	20-avr T3 + 8 jours	29-avr T4 + 9 jours	06-mai T5 + 7 jours	16-mai T6 + 10 jours	24-mai T7 + 8 jours	31-mai T8 + 7 jours	07-juin T9 + 7 jours
Cadence réelle	T1	T1 + 10 jours	T2 + 8 jours	T3 + 8 jours	T4 + 9 jours	T5 + 7 jours	T6 + 10 jours	T7 + 8 jours	T8 + 7 jours	T9 + 7 jours
Stade BBCH	53	56	59	65	69	71	72	72	74	74
Volume bouillie (L/ha)	350	350	350	350	350	350	400	400	400	400
TNT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
M2	Trimanoc 2,15 kg/ha	Trimanoc 2,15 kg/ha	Ordoval 2,5 kg/ha	Ordoval 2,5 kg/ha	Merpan SC 3,0 L/ha	Ordoval 2,5 kg/ha				
M3	Trimanoc 2,15 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Trimanoc 2,15 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 2,5 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 2,5 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 2,5 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl
M4	Trimanoc 2,15 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Trimanoc 2,15 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Ordoval 2,50 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Ordoval 2,50 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + CCL 846-1 à 1,00 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + CCL 846-1 à 1,00 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + CCL 846-1 à 1,00 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + CCL 846-1 à 1,00 L/hl	Merpan SC 3,0 L/ha + CCL 846-1 à 1,00 L/hl	Ordoval 2,50 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl
M5	Trimanoc 1,075 kg/ha	Trimanoc 1,075 kg/ha	Ordoval 1,25 kg/ha	Ordoval 1,25 kg/ha	Merpan SC 1,5 L/ha	Ordoval 1,25 kg/ha				
M6	Trimanoc 1,075 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Trimanoc 1,075 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + Héloterpen Film 0,2 L/hl
M7	Trimanoc 1,075 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Trimanoc 1,075 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Merpan SC 1,5 L/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl	Ordoval 1,25 kg/ha + CCL 846-1 à 1,0 L/hl



# Annexe V : Analyse statistique des résultats sur feuilles de l'efficacité sur la fréquence d'attaque au seuil 5 % du 03/06.

Statbox 7.5 - Analyse de variance - 12/08/2016 à 15:42:30  
Variable : Bliss Fr. 3-6

### Histogramme des résidus :

12			304	
11			405	
10			101	
9			305	
8			206	
7			103	
6			404	
5	406	303	402	
4	202	105	106	
3	401	204	205	
2	201	403	102	302
1	301	104	306	203
Effectifs				
	2	5	12	5
Bornes				
	-0,09	-0,05	-0,01	0,02
	à	à	à	à
	-0,05	-0,01	0,02	0,06

Minimum : - 0,088 Maximum : 0,058 Intervalle : 0,036

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,274 Prob. : 0,268  
Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3,118 Prob. : 0,897

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 0,024
	< 0,000
	< 0,024
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

#### Ecart-types facteur 1 = Modalité

	E.T.
1 (M2)	0,046
2 (M3)	0,025
3 (M4)	0,024
4 (M5)	0,016
5 (M6)	0,048
6 (M7)	0,060

khi<sup>2</sup> = 6,022 Prob. = 0,30357

#### Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	0,019
2 (B2)	0,055
3 (B3)	0,032
4 (B4)	0,035

khi<sup>2</sup> = 4,911 Prob. = 0,17666

Rapport-gratuit.com   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

**Analyse de variance :**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	0,098	23	0,004		
Var.FACTEUR 1	0,042	5	0,008	4,382	0,012
Var.BLOCS	0,028	3	0,009	4,929	0,014
VAR.RESIDUELLE 1	0,028	15	0,002		

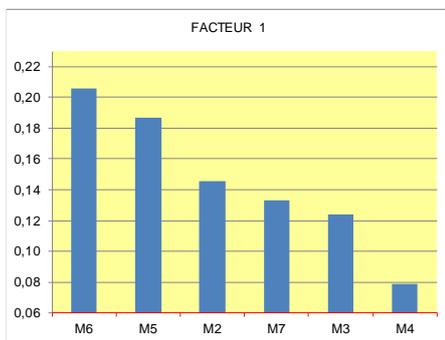
**Indicateurs :**

	Valeur
Moyenne générale	0,146
Ecart type résiduel	0,044
Coef. variation %	29,884

**Moyennes :**

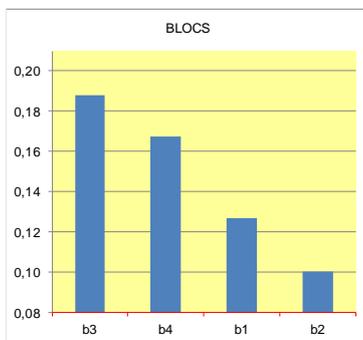
**Moyennes facteur 1 = Modalité**

	Moyenne
1 (M2)	0,146
2 (M3)	0,124
3 (M4)	0,079
4 (M5)	0,187
5 (M6)	0,206
6 (M7)	0,133



**Moyennes blocs = Bloc**

	Moyenne
1 (b1)	0,127
2 (b2)	0,100
3 (b3)	0,188
4 (b4)	0,168



**Puissance de l'essai :**

**Puissance facteur 1 : Modalité**

Ecart	Ecart	Risque de 1ère espèce (%)		
		5	10	20
En %	V.Absolue	Puissance a priori (%)		
		5	10	21
		10	11	22
Moyennes observées		Puissance à posteriori (%)		
		84	91	96

**Comparaisons de moyennes**

**Test de Newman-Keuls au seuil 5% :**

**FACTEUR 1 : Modalité**

**Valeur des PPAS**

Nombre de moyennes	PPAS
2	0,066
3	0,080
4	0,089
5	0,095
6	0,100

**Groupes homogènes**

id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes	
5	M6	0,206	A	
4	M5	0,187	A	
1	M2	0,146	A	B
6	M7	0,133	A	B
2	M3	0,124	A	B
3	M4	0,079		B

# Annexe VI : Analyse statistique des résultats sur feuilles de l'efficacité sur l'intensité d'attaque au seuil 5 % du 03/06.

Statbox 7.5 - Analyse de variance - 12/08/2016 à 15:42:27  
Variable : Bliss Int 3-6

### Histogramme des résidus :

14				304
13				106
12				405
11				205
10				206
9				103
8				303
7				202
6				105
5				302
4		201	204	402
3		406	102	101
2	301	404	306	305
1	104	401	203	403
Effectifs				
	2	4	14	4
Bornes				
	-0,17	-0,1	-0,02	0,05
	à	à	à	à
	-0,1	-0,02	0,05	0,12

Minimum : -0,171 Maximum : 0,121 Intervalle : 0,073

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,628 Prob. : 0,093  
Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3,728 Prob. : 0,428

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°0; facteur 1 = Modalité, niveau 5 = M6

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 0,044
	< 0,000
	< 0,044
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (M2)	0,087
2 (M3)	0,042
3 (M4)	0,035
4 (M5)	0,058
5 (M6)	0,123
6 (M7)	0,058

$kh^2 = 5,765$  Prob. = 0,32947

Ecart-types blocs = Bloc	
	E.T.
1 (B1)	0,079
2 (B2)	0,044
3 (B3)	0,087
4 (B4)	0,061

$kh^2 = 2,349$  Prob. = 0,50616

**Analyse de variance :**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	0,252	23		0,011	
Var.FACTEUR 1	0,064	5		0,013	0,141
Var.BLOCS	0,092	3		0,031	4,723
VAR.RESIDUELLE 1	0,097	15		0,006	0,016

**Indicateurs :**

	Valeur
Moyenne générale	0,222
Ecart type résiduel	0,080
Coef. variation %	36,273

**Moyennes :**

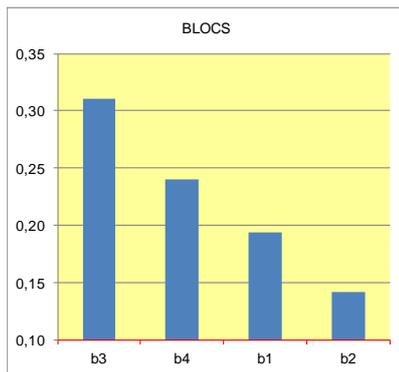
**Moyennes facteur 1 = Modalité**

	Moyenne
1 (M2)	0,253
2 (M3)	0,160
3 (M4)	0,145
4 (M5)	0,260
5 (M6)	0,283
6 (M7)	0,229



**Moyennes blocs = Bloc**

	Moyenne
1 (b1)	0,194
2 (b2)	0,143
3 (b3)	0,310
4 (b4)	0,240



**Puissance de l'essai :**

**Puissance facteur 1 : Modalité**

		Risque de 1ère espèce (%)		
Ecart	Ecart	5	10	20
En %	V.Absolute	Puissance a priori (%)		
5	0,010	5	10	20
10	0,020	5	11	21
		Puissance à posteriori (%)		
Moyennes observées		56	69	82

**Comparaisons de moyennes**

**Test de Newman-Keuls au seuil 5% :**

Test de Newman-keuls non significatif

## Annexe VII : Analyse statistique des résultats de l'efficacité des différents programmes de traitements sur fruits contre la rugosité de classe 2 au seuil 5 % du 27/06.

Statbox 7.5 - Analyse de variance - 12/08/2016 à 15:27:16  
Variable : BLISS Rugo CI2%

### Histogramme des résidus :

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

### Effectifs

	4	14	4	2
--	---	----	---	---

### Bornes

-0,15	-0,06	0,03	0,11
à	à	à	à
-0,06	0,03	0,11	0,2

Minimum : - 0,147 Maximum : 0,200 Intervalle : 0,087

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,590 Prob. : 0,104  
Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4,161 Prob. : 0,206

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°0; facteur 1 = Modalité, niveau 4 = M5

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 0,050
	< 0,000
	< 0,050
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

#### Ecarts-types facteur 1 = Modalité

	E.T.
1 (M2)	0,043
2 (M3)	0,027
3 (M4)	0,014
4 (M5)	0,135
5 (M6)	0,052
6 (M7)	0,135

$khi^2 = 16,406$  Prob. = 0,00594

#### Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	0,079
2 (B2)	0,114
3 (B3)	0,044
4 (B4)	0,062

$khi^2 = 4,232$  Prob. = 0,23616

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	0,381	23		0,017	
Var.FACTEUR 1	0,136	5		3,244	0,035
Var.BLOCS	0,120	3		4,755	0,016
VAR.RESIDUELLE 1	0,126	15		0,008	

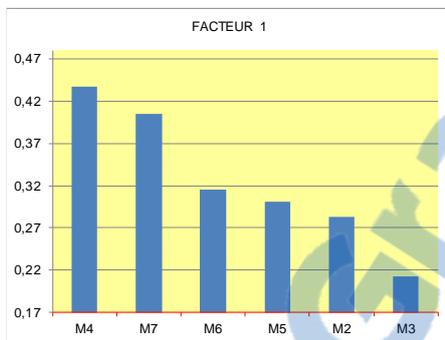
Indicateurs :

	Valeur
Moyenne générale	0,326
Ecart type résiduel	0,092
Coef. variation %	28,101

Moyennes :

Moyennes facteur 1 = Modalité

	Moyenne
1 (M2)	0,283
2 (M3)	0,213
3 (M4)	0,437
4 (M5)	0,301
5 (M6)	0,315
6 (M7)	0,405



Moyennes blocs = Bloc

	Moyenne
1 (b1)	0,248
2 (b2)	0,436
3 (b3)	0,286
4 (b4)	0,333



Puissance de l'essai :

Puissance facteur 1 : Modalité

		Risque de 1ère espèce (%)		
Ecart	Ecart	5	10	20
En %	V.Absolue	Puissance a priori (%)		
5	0,020	5	10	21
10	0,030	6	11	22
		Puissance à posteriori (%)		
Moyennes observées		74	84	93

Comparaisons de moyennes

Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

FACTEUR 1 : Modalité

Valeur des PPAS	
Nombre de moyennes	PPAS
2	0,138
3	0,168
4	0,186
5	0,200
6	0,210

Groupes homogènes

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes	
3	M4	0,437	A	
6	M7	0,405	A	B
5	M6	0,315	A	B
4	M5	0,301	A	B
1	M2	0,283	A	B
2	M3	0,213		B

	Diplôme / Mention : Master Sciences Technologies Santé Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : Production Végétales Spécialisées (PVS) Option : Produits phytosanitaires, Réglementation, Méthodes alternatives
Auteur : Emmanuel SALERO Date de naissance* : 27/05/1992	Organisme d'accueil : Raison'Alpes Adresse : 270 Route de Gap 04200 Sisteron
Nb pages : 42      Annexe(s) : 7	Maître de stage : Laure PESTEIL
Année de soutenance : 2016	
<p><b>Titre français :</b> Etude de l'efficacité contre la tavelure du pommier (<i>Venturia inaequalis</i>) d'un programme différents fongicides de contact, à dose réduite, avec l'adjuvant CCL846-1.</p> <p><b>Titre anglais :</b> Trial of efficacy against apple scab (<i>Venturia inaequalis</i>) with different contact fungicide programs, half-doses, with CCL846-1 adjuvant.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Résumé</b></p> <p>La tavelure est une maladie causée par un champignon, <i>Venturia inaequalis</i> qui cause des pertes économiques chaque année sur pommier. Elle incite les producteurs à pulvériser de nombreux fongicides, majoritairement en préventif. L'emploi d'adjuvants avec ces fongicides favorisent leur efficacité. Dans ce contexte, la société CCL fait appel à Raison'Alpes, une société de prestation de services, pour mener un essai avec leur adjuvant, le CCL846-1, en cours d'homologation. L'essai est réalisé selon les Bonnes Pratiques d'Expérimentation pour obtenir des données officiellement reconnues. L'objectif est d'étudier l'efficacité de l'adjuvant CCL846-1 avec des fongicides de contact (Trimanoc, Ordoval et Merpan SC) à pleine dose et à dose réduite durant les contaminations primaires de la tavelure du pommier. L'efficacité du CCL846-1 est analysée sur les feuilles et les fruits ; les éventuels effets non intentionnels tels que la rugosité et la phytotoxicité sont étudiés. Les résultats ont démontré des tendances satisfaisantes sur feuilles et fruits dans les conditions de l'essai. L'ajout du CCL846-1 à des fongicides de contact à pleine dose présente des efficacités légèrement plus élevées que sans adjuvant ou avec l'adjuvant de référence l'Hélioterpen Film. Avec des fongicides de contact à demie-dose, l'apport du CCL846-1 provoque une efficacité très intéressante et comparable à celles obtenues avec des fongicides à pleine dose sans adjuvant. Le CCL846-1 accentuerait la capacité de résistance au lessivage des fongicides. Il serait donc un avantage dans la réduction des produits phytosanitaires contre la tavelure du pommier, dans le cadre de la protection de l'environnement, du consommateur et de l'applicateur.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Abstract</b></p> <p>Apple scab is a disease caused by a fungus, <i>Venturia inaequalis</i>, that cause economic losses each year on apple. Growers spray many fungicides, mainly in preventive to control it. They use adjuvants with those fungicides, to increase efficiency. In this context, CCL company asks Raison'Alpes company, a services company, to lead a trial with their adjuvant, the CCL846-1 which approval is in process. The trial is performed by Good Experimental Practices for officially recognized datas. The objective is to study the effectiveness of adjuvant CCL846-1 with contact fungicides (Trimanoc, Ordoval and Merpan SC) at full doses and half-doses during primary infections of apple scab. CCL846-1 effectiveness is analyzed on the leaves and fruits; unintentional effects as russet and phytotoxicity are studied. Results showed good trends on leaves and fruits in the trial conditions. The addition of CCL846-1 to full dose contact fungicides has slightly higher efficacy than without adjuvant or with the adjuvant reference Hélioterpen Film. With half-dose fungicides contact, CCL846-1 is a very interesting and efficacy, as, with fungicides full dosages. The CCL846-1 would be a benefit to reduce pesticides against apple scab fort environment protection and consumer and the applicator health care.</p>	
<p><b>Mots-clés :</b> <i>Venturia inaequalis</i> ; Adjuvant ; Efficacité ; Contaminations primaires ; Bonnes Pratiques d'Expérimentation  <b>Key Words:</b> <i>Venturia inaequalis</i> ; Adjuvant ; Efficiency ; Primary Infections ; Good Experimental Practices</p>	