

Essais 2019 de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien: bonne efficacité malgré une forte infection

Vanessa REININGER, Perrine GRAVALON et Eduard HOLLIGER, Agroscope, Wädenswil

Renseignements: Perrine Gravalon, e-mail: perrine.gravalon@agroscope.admin.ch



Introduction

Agroscope mène chaque année des essais de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien au centre de fruits à noyau Breitenhof (BL). Suite à la demande des services cantonaux d'arboriculture, les variantes 2019 ont été planifiées de manière très proche de la pratique. L'accent a été mis sur les différentes stratégies de lutte avec Myco-Sin. L'adjuvant anti-dérive Squall® a également été essayé.

Dans le cadre des projets «Ensemble contre le feu bactérien» et «Herakles Plus», deux essais de lutte phytosanitaire avec des stratégies pertinentes pour la pratique ont été conduits durant la période de végétation en 2019. Le premier essai a été effectué lors de la

floraison naturelle des pommiers, tandis que le second essai a débuté mi-juin. Pour ce dernier, la floraison des arbres a été retardée artificiellement en conservant les arbres en chambre froide à 4°C jusqu'au début de juin. Les essais ont été conduits sur des arbres en pot de trois ans avec la variété très sensible «Gala Galaxy». Les résultats présentés sont de précieux points de repère pour une gestion efficace du feu bactérien dans la pratique.

Matériel et méthode

En avril-mai 2019, cinq stratégies de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien, ainsi qu'un témoin non traité, ont été testés sur une parcelle entièrement fer-

mée de filets au centre de fruits à noyau Agroscope Breitenhof à Wintersingen (BL). LMA et Myco-Sin ont été appliqués en combinaison avec Squall®, ainsi que la préparation avec un antagoniste Blossom Protect™. Squall® est un adjuvant anti-dérive qui a été intégré à l'essai suite à un entretien international préliminaire à l'Institut Julius-Kühn à Dossenheim (D). Il a été notamment essayé en Allemagne en tant qu'adjuvant dans la lutte contre la tavelure (Scheer C., 2018). En Suisse, Squall® n'est pas homologué. Deux traitements par stratégie ont été appliqués. Les stratégies LMA et LMA & Squall®, Myco-Sin et Myco-Sin & Squall® ont été répétées en juin 2019 pour le second essai. Myco-Sin a également été testé dans un programme d'applications avec LMA, ainsi qu'en association avec Vacciplant®. Le choix de cette dernière variante se base sur une bonne efficacité observée en Autriche (Rühmer T., 2019). Pour le second essai, toutes les stratégies avec Myco-Sin ont été pré-traitées avec Vacciplant® (tab. 1).

Lors des deux tests, Myco-Sin et Myco-Sin & Squall®, la combinaison Myco-Sin et Vacciplant®, ainsi que Blossom Protect™ ont été appliqués le jour de l'inoculation avec l'agent pathogène du feu bactérien. LMA et LMA & Squall® ont été appliqués le jour d'après. Les traitements suivants étaient appliqués à un intervalle de deux jours (tab. 1 et fig. 1). Les conditions météorologiques étaient bonnes au début du premier essai, mais après le deuxième traitement une période froide et humide est survenue. Pour cette raison, le troisième traitement phytosanitaire spécifique prévu a été abandonné.

Lors du second essai, il faisait très chaud durant toute la période (températures maximales de l'air



Inoculation: employés d'Agroscope lors de la préparation de l'inoculum.

Résumé Lors des essais de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien, menés par l'Agroscope au centre de fruits à noyau de Breitenhof (BL) en 2019, 40% des boutons floraux des arbres non traités présentaient des symptômes. Malgré cette forte pression, de bons degrés d'efficacité ont été atteints grâce aux stratégies phytosanitaires appliquées (de 50 à 71% selon les stratégies). Un traitement des arbres, à raison d'une application tous les deux jours, permet un bon résultat en couvrant correctement toute la floraison. Bien que lors de la première série le nombre de traitements a été réduit à deux pour des raisons météorologiques – contre trois lors de la deuxième série –, l'effet des applications n'en a pas été moindre. Cela confirme que pour une protection efficace il n'y a pas un nombre d'applications idéal mais qu'il faut s'adapter au risque d'infection. Les différents programmes appliqués ne se sont pas distingués les uns des autres de par leur efficacité mais par leurs coûts. Cette différence repose sur le prix des produits utilisés. Les résultats des essais de 2019 proposent ainsi une base de décision au producteur fondée sur l'efficacité et le coût de différents programmes.

de 30°C environ, températures nocturnes minimales de 13°C). Ainsi, trois traitements phytosanitaires ont été appliqués afin de couvrir au mieux la période de floraison en conditions optimales pour le feu bactérien (fig. 1). Les arbres ont été traités avec un pulvérisateur à dos motorisé Birchmeier.

Les différentes stratégies de protection phytosanitaire, à six répétitions chacune, ont été réparties sur la parcelle de manière randomisée. Chacun de ces blocs comprenait sept arbres de la variété «Gala Galaxy», sur porte-greffe M9, choisit pour sa sensibilité au feu bactérien (Kostick S. A. et al., 2019) et surtout sa présence importante sur le territoire suisse. L'arbre au milieu, artificiellement inoculé, faisait ainsi office de foyer d'infection. L'inoculation de ces arbres dits primaires a été effectuée avec une suspension de bactéries *Erwinia amylovora* de $5 \cdot 10^{10}$ cellules/ml et 110 ml/arbre le 22 avril, et le 17 juin 2019 avec une sus-

pension de 6×10^9 cellules/ml et 156 ml/arbre. L'agent pathogène a été naturellement propagé sur les fleurs ouvertes des arbres secondaires par une colonie de bourdons placée dans la parcelle. Avant l'inoculation, tous les bouquets floraux ont été comptés. Les six arbres d'essai par bloc ont ensuite été traités avec les produits phytosanitaires. L'évaluation des bouquets floraux a été effectuée quatre semaines et demie après l'inoculation pour le premier essai, et après trois semaines et demie pour le second essai. Tous les bouquets floraux présentant des symptômes du feu bactérien ont été comptés. Le niveau d'infection dû à la bactérie ainsi que l'effet des différentes stratégies de lutte phytosanitaire ont été calculés à l'aide des formules suivantes selon ABBOTT:

(1) Infection [%] = (Total des bouquets floraux avec feu bactérien / Total des bouquets floraux à pleine floraison) \times 100

(2) Effet [%] = [(Infection du témoin [%] – Infection du procédé [%]) / Infection du témoin [%]] \times 100

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide d'une ANOVA (Analysis of Variance) pour l'infection et au moyen du test de Kruskal-Wallis pour l'effet.

Résultats et discussion

Bonne efficacité grâce à de courts intervalles de traitement

L'infection des bouquets floraux des témoins non traités s'élevait à 39% et lors du premier essai et à 37% lors du second. Cette teneur en dégâts observés est comparable aux résultats de 2017, menés dans la même parcelle sur le même schéma. Les résultats de 2018 présentaient des dégâts moindres (Reiniger V., *et al.*, 2017 et 2018). Au cours des deux essais, les stratégies présentaient une différence significative d'infection par rapport au témoin non traité, ce qui signifie que tous les produits phytosanitaires étaient efficaces. Pour le premier essai, l'efficacité variait de 50% à 68%, mais aucune différence significative entre les différentes stratégies de lutte phytosanitaire n'a été démontrée. Ainsi, d'un point de vue statistique, tous les produits phytosanitaires présentaient le même effet envers le feu bactérien. Pour le second essai, deux stratégies se différençaient significativement, avec 71% d'efficacité pour LMA & Squall® et 51% pour le procédé Myco-Sin. En conditions d'essai de cette année, toutes les autres stratégies phytosanitaires ont statistiquement présenté la

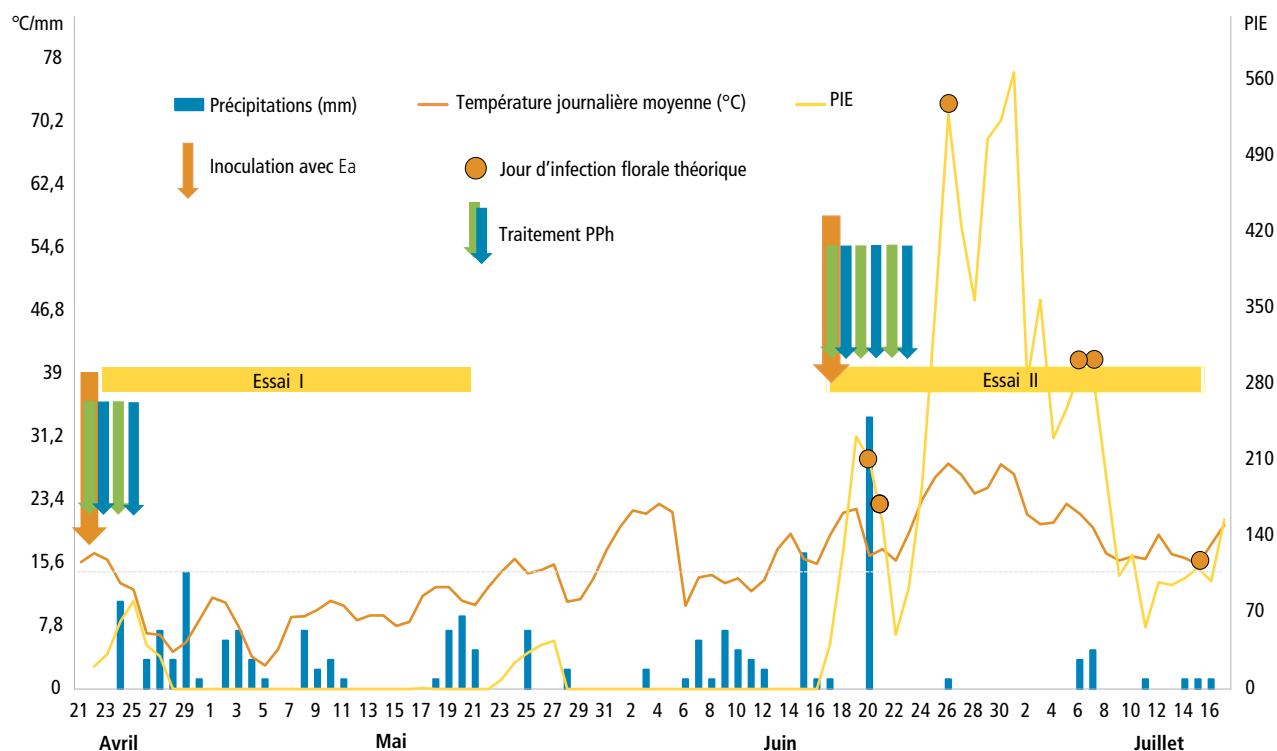


Figure 1 | Conditions météorologiques lors des deux essais à Breitenhof (BL) en 2019. Le potentiel infectieux du pathogène (PIE) est calculé selon le modèle Maryblyt (jaune) depuis le début du premier essai (inoculation d'*E. amylovora*) jusqu'à la fin du second essai. Les traitements sont appliqués à un intervalle de deux jours; en vert, les variantes Myco-Sin, Myco-Sin & Squall® et Blossom Protect®, en bleu, les variantes LMA, LMA & Squall®.

Tableau 1 | Stratégie et dates d'application des produits lors des deux essais de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien en 2019.

Essai I	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
22.04.2019	Inoculation						
22.04.2019				BP	MS	MS & Squall®	
23.04.2019		LMA	LMA & Squall®				
24.04.2019				BP	MS	MS & Squall®	
25.04.2019		LMA	LMA & Squall®				
Essai II	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
07.06.2019				Vacciplant®	Vacciplant®	Vacciplant®	Vacciplant®
13.06.2019				Vacciplant®	Vacciplant®	Vacciplant®	Vacciplant®
17.06.2019	Inoculation						
17.06.2019				MS	MS & Squall®	MS	MS & Vacciplant®
18.06.2019		LMA	LMA & Squall®				
19.06.2019				MS	MS & Squall®	LMA	MS & Vacciplant®
20.06.2019		LMA	LMA & Squall®				
21.06.2019				MS	MS & Squall®	LMA	MS & Vacciplant®
22.06.2019		LMA	LMA & Squall®				

S = Stratégie, MS = Myco-Sin.

même efficacité contre le feu bactérien, soit de 51% à 71% (tab. 2). Malgré de grands écarts en raison de fortes variations entre les diverses répétitions et les arbres, les stratégies ne se différencient pas statistiquement.

Même avec des valeurs d'infection élevées sur les arbres non traités, une bonne efficacité a été obtenue avec les stratégies de protection phytosanitaire. Les intervalles de traitement courts y ont probablement contribué. En effet, les années précédentes, les traitements phytosanitaires appliqués lors de l'inoculation étaient répétés après trois jours, tandis que pour le présent essai les traitements ont été répétés après deux jours. Cette rotation tous les deux jours a été effectuée au cours des deux essais, ce qui a permis aux fleurs d'être protégées dès l'éclosion durant toute la durée de l'essai. Les exploitations arboricoles présentent des périodes de floraison différenciées en raison de l'assortiment variétal. L'application des traitements phytosanitaires est ainsi à effectuer en fonction des prédictions d'infection des fleurs.

Comptage des cellules – peu de différences entre les stratégies

Afin de suivre l'évolution des populations de bactéries du feu bactérien sur les fleurs en fonction des stratégies de lutte phytosanitaire, des échantillons de

fleurs de certaines stratégies ont été prélevés et quantifiés à l'aide de la PCR quantitative. Les stratégies phytosanitaires échantillonnées étaient identiques pour les deux essais (fig. 2). Pour le premier essai, le premier prélèvement des fleurs, âgées d'un à deux jours, des arbres secondaires a été effectué environ deux heures après l'inoculation des arbres primaires avec *Erwinia amylovora*. Le prélèvement du second essai a eu lieu environ trois heures après l'inoculation. Ces prélèvements ont donc été effectués avant le premier traitement phytosanitaire. L'heure de ces relevés sert de base pour le calcul des cellules en fonction du procédé. Les autres échantillonnages ont eu lieu un jour après les différents traitements phytosanitaires, afin de permettre d'évaluer l'impact du traitement. Le premier essai a présenté une croissance du nombre de cellules jusqu'à la pleine floraison, suivie d'une chute. Cette chute du nombre de cellules sur les fleurs s'explique probablement par les températures froides en cette période, ce qui a provoqué une réduction du vol des bourdons et une propagation moindre des cellules sur les fleurs ouvertes en cette période. Au cours du second essai, une diminution du nombre de cellules pour la stratégie LMA & Squall® a été relevée. Ces résultats correspondent aux données de l'évaluation des bouquets floraux. En revanche, il est difficile de faire ressortir une tendance

pour les autres procédés en raison de la forte dispersion. Aucune différence remarquable ne ressortait entre les procédés, ce qui correspond également à l'évaluation des bouquets floraux. Lors des deux relevés de données, de fortes fluctuations ont été observées entre les différentes répétitions, puisque toutes les fleurs n'ont pas été fréquentées de façon régulière par les bourdons. Cette dispersion révèle que les différences entre les stratégies de lutte phytosanitaire sont affectées par ces fortes variations (fig. 2).

Quels coûts pour quelle stratégie de lutte phytosanitaire?

Les coûts des stratégies 2019 de protection phytosanitaire sélectionnées ont été calculés d'après le prix de vente (prix catalogue) par hectare avec la quantité nécessaire pour un volume d'arbres de 10 000 m³/ha, donc pour des arbres adultes. Dans le cadre des deux

essais en question, les arbres ont été traités avec une quantité réduite en raison d'un faible volume d'arbres (tab. 2). Le calcul des coûts a été réparti par stratégie en coûts de main-d'œuvre, de machines et du produit. Les coûts de main-d'œuvre et des machines sont basés sur les coûts pour une main-d'œuvre interne familiale. Pour une meilleure comparaison, il a été considéré que les deux ou trois traitements ont été appliqués séparément, donc sans combinaison avec un traitement fongicide. Suite aux conseils des spécialistes cantonaux, les pré-traitements avec Vacciplant® n'ont pas été pris en compte, ces traitements étant, dans la pratique, généralement appliqués en mélange avec d'autres produits phytosanitaires. Les variations de coûts pour la même stratégie dans les deux essais sont dues à la différence du nombre de traitements (deux ou trois traitements). La différence de coûts entre les stratégies est déterminée par le prix du produit.

Tableau 2 | Stratégies, produits concernés, dégâts et efficacité observés lors des essais de lutte phytosanitaire contre le feu bactérien en 2019. Les traitements sont répétés deux (premier essai), respectivement trois fois (second essai), après l'inoculation avec *E. amylovora* (tab. 1). Les différentes lettres après le taux d'efficacité indiquent des différences statistiquement significatives entre les méthodes selon le test Tukey's HSD (niveau de significativité $p \leq 0,05$). *Quantité de produit appliqué pour des arbres en pot en troisième feuille/ha.

ID	Pré-traitement	Produit/Stratégie	Matière active	Quantité de produit*	Dégâts (% inflorescences infectées) Taux d'efficacité (TE)
S 1		Témoin non traité	–	–	38,8% Dégâts
S 2		LMA	Sulfate d'aluminium potassique (80%)	10 kg	57,9% TE (a)
S 3		LMA & Squall®	Sulfate d'aluminium potassique (80%) Adjuvant anti-dérive	10 kg 0,5%; 30 ml pour 6 l	65,7% TE (a)
S 4		Blossom Protect™	Aureobasidium pullulans (5 × 10 ⁹ spores / g)	6 kg	68% TE (a)
S 5		Myco-Sin	65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle	4 kg	50,4% TE (a)
S 6		Myco-Sin & Squall®	65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle Adjuvant anti-dérive	4 kg 0,5%; 30 ml pour 6 l	63,1% TE (a)

S 1		Témoin non traité	–	–	36,9% Dégâts
S 2		LMA	Sulfate d'aluminium potassique (80%)	10 kg	64% TE (ab)
S 3		Myco-Sin & Squall®	Sulfate d'aluminium potassique (80%) Adjuvant anti-dérive	10 kg 0,5%; 30 ml pour 6 l	71,1% TE (b)
S 4	Vacciplant® (2x)	Myco-Sin	Laminarin 65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle	375 ml 4 kg	50,7% TE (a)
S 5	Vacciplant® (2x)	Myco-Sin & Squall®	Laminarin 65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle Adjuvant anti-dérive	375 ml 4 kg 0,5%; 30 ml pour 6 l	68,3% TE (ab)
S 6	Vacciplant® (2x)	Myco-Sin – LMA - LMA	Laminarin 65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle Sulfate d'aluminium potassique (80%)	375 ml 4 kg 10 kg	56,2% TE (ab)
S 7	Vacciplant® (2x)	Myco-Sin et Vacciplant®	Laminarin 65% argile sulfurée, 0,2% extraits de prêle Laminarin	375 ml 4 kg 375 ml	57,5% TE (ab)



Rangement de la parcelle: nettoyage de la parcelle selon les consignes de biosécurité.

Les différentes stratégies de lutte phytosanitaire affichaient une différence significative dans un seul cas (LMA & Squall® et Myco-Sin). Les deux variantes présentaient une différence d'efficacité de 20%, avec des coûts presque deux fois plus élevés pour une meilleure efficacité (fig. 3). Il pourrait donc s'avérer avantageux d'investir dans une stratégie plus coûteuse afin de minimiser les pertes en efficacité. Le producteur possède ainsi des repères afin de choisir la stratégie adéquate.

Conclusion

Les tests 2019 de stratégies de lutte contre le feu bactérien menés au centre de fruits à noyau Agroscope Breitenhof (BL) ont indiqué des infections de bouquets floraux du témoin non traité particulièrement élevées (environ 40%). Mais malgré cette importante infection, les stratégies de lutte phytosanitaire appliquées pour ces essais ont permis d'obtenir un degré

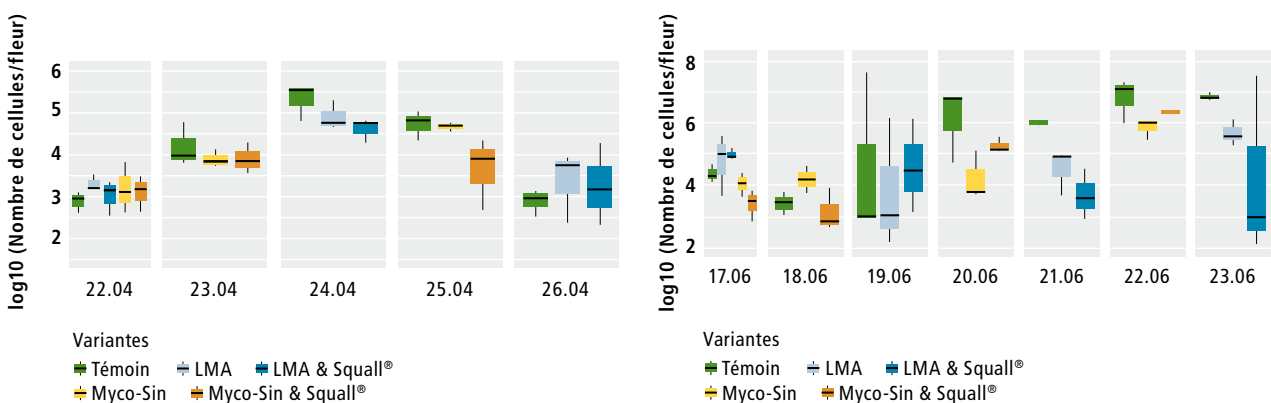


Figure 2 | Nombre de bactéries du feu bactérien par fleur lors des deux essais. Un premier échantillonnage de fleurs est réalisé sur toutes les variantes après inoculation avec *E. amylovora* et avant les premiers traitements phytosanitaires. Les échantillons sont ensuite relevés un jour après traitement et représentent ainsi l'effet de celui-ci sur la population de bactéries dans la fleur.

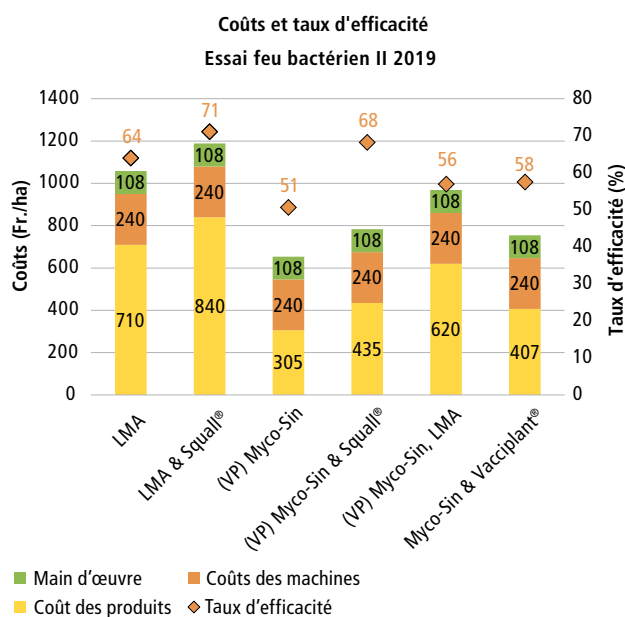
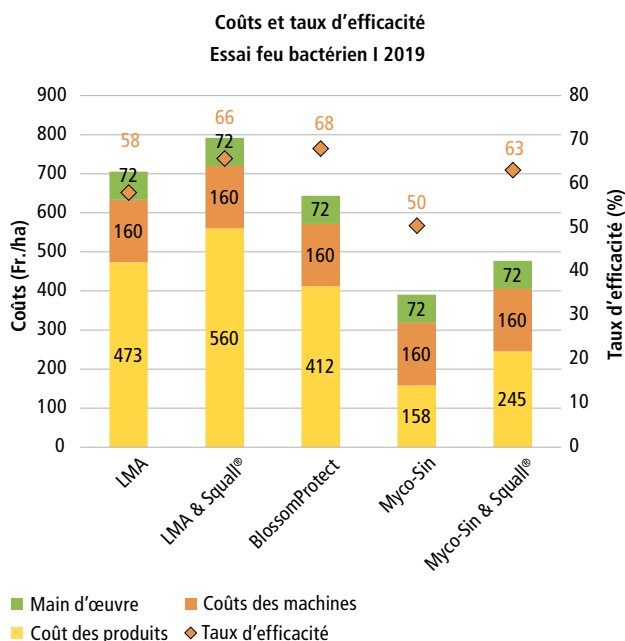


Figure 3 | Taux d'efficacité et coûts pour chaque stratégie phytosanitaire. Ces coûts sont valables pour un hectare d'arbres en plein rendement. Lors des premier et second essais, deux, respectivement trois, traitements ont été appliqués.

d'efficacité relativement élevé (de 50% à 71%). Les intervalles de traitement rapprochés tous les deux jours ont certainement contribué à ce succès. Les essais 2019 ont révélé un effet statistiquement similaire des différentes stratégies en cas d'application ponctuelle et régulière des produits phytosanitaires, même avec une densité élevée de cellules. Bien que deux traitements par stratégie aient eu lieu pour le premier essai et trois traitements pour le second essai, l'efficacité des stratégies des deux essais a pu être évaluée. Ceci explique que l'application ciblée de produits phytosanitaires est aussi à adapter au risque d'infection des fleurs, afin que chaque nouvelle éclosion de fleur soit protégée en fonction des conditions correspondantes. De plus, les résultats 2019 ont démontré que les stratégies peu coûteuses et pertinentes pour la pratique peuvent aussi obtenir des degrés d'efficacité conséquents. ■

Remerciements

Nous remercions les partenaires du projet «Ensemble contre le feu bactérien» et «Herakles Plus» (cantons AG, LU, SG, TG, ZH, Fondation CAVO, IP-Suisse), qui soutiennent financièrement ces activités.

Nous remercions également les responsables d'exploitations expérimentales en arboriculture Thomas Schwizer et Matthias Schmid à Breitenhof et à Wädenswil, ainsi que les collaborateurs pour la bonne coopération. Nos remerciements vont également à Esther Bravin, d'Agroscope, pour le calcul des coûts de main-d'œuvre et des machines.

Bibliographie

- Kostick S. A., Norelli J. L., Evans K. M., 2019. Novel metrics to classify fire blight resistance of 94 apple cultivars. *Plant Pathology*, Volume 68, Issue 5, 985-996.
- Reiniger V., Schöneberg A., Walch B., Holliger E., 2017. Feuerbrand – Pflanzenschutzmittelversuche 2017. *SZOW 21/2017*, 8-11.
- Reiniger V., Schöneberg A., Holliger E., 2018. Pflanzenschutzmittelversuche gegen Feuerbrand 2018. *SZOW 22/2018*, 8-12.
- Rühmer T., 2019. Noch immer auf der Suche nach Alternativen zu Streptomycin. *Besseres Obst 3/2019*, 4-6.
- Scheer C., 2018. Schorfbekämpfung optimiert. *Obstbau 10/2018*, 561-565.

Summary

At the time when the 2019 plant protection trials for controlling fire blight were being conducted by Agroscope at the Stone Fruit Centre Breitenhof (canton of Basel-Landschaft), 40% of the flower buds of the untreated trees displayed symptoms.

Despite this heavy pressure, high levels of efficacy (from 50 to 71%, depending on the approach) were achieved thanks to the plant-protection strategies applied. Treating the trees at the rate of one application every two days achieved a good result by properly covering the entire flowering period. Although in the first series the number of treatments was cut back to two owing to the weather – as opposed to the three treatments in the second round – the effect of the applications was no less. This confirms that there is not an ideal number of applications for effective protection, but that treatment must be adapted to the existing infection risk. The different programmes applied do not differ from one another in terms of efficacy, but rather in terms of cost. This difference is a function of the price of the products used. The results of the 2019 trials therefore offer a decision-making basis for the growers based on the efficacy and cost of the different programmes.

Key words: fire blight, plant-protection strategies, infection flower buds, efficacy and cost.

Zusammenfassung

In den Pflanzenschutzmittelversuchen gegen Feuerbrand, die Agroscope 2019 im Steinobstzentrum Breitenhof (BL) durchgeführt hat, zeigten 40% der Blütenknospen von unbehandelten Bäumen Symptome.

Trotz dieses hohen Drucks konnte mit den verwendeten Pflanzenschutzstrategien eine gute Wirkung erzielt werden (50-71% je nach Strategie). Eine Feuerbrandbekämpfung mit einer Behandlung der Bäume alle zwei Tage bringt gute Ergebnisse, wobei die Wirkung die gesamte Blütezeit abgedeckt. Obwohl in der ersten Serie die Anzahl der Behandlungen aus meteorologischen Gründen auf zwei reduziert wurde – im Gegensatz zu drei Behandlungen in der zweiten Serie – war die Wirkung der Behandlungen nicht geringer. Dies bestätigt, dass es für einen wirksamen Schutz nicht die ideale Anzahl von Behandlungen gibt, sondern dass diese an das Infektionsrisiko anzupassen sind. Die verwendeten Programme unterschieden sich nicht bezüglich Wirksamkeit, sondern bezüglich der Kosten. Die Unterschiede sind durch den Preis der verwendeten Produkte bedingt. Die Ergebnisse der Versuche von 2019 liefern die Produzenten eine Entscheidungsgrundlage basierend auf der Wirksamkeit und den Kosten der verschiedenen Programme.

Riassunto

Durante i test di lotta fitosanitaria contro il fuoco batterico condotti da Agroscope presso il centro specializzato nella frutta a nocciolo di Breitenhof (BL) nel 2019, il 40 per cento dei bottoni fiorali degli alberi non trattati era sintomatico. Malgrado questa forte pressione, si sono ottenuti buoni livelli di efficacia grazie alle strategie fitosanitarie applicate (dal 50 al 71%, a seconda della strategia). Un trattamento degli alberi applicato ogni due giorni consente di ottenere un buon risultato e copre correttamente l'intera fioritura. Sebbene nella prima serie il numero di trattamenti sia stato ridotto a due per motivi meteorologici – rispetto ai tre nella seconda serie – l'effetto delle applicazioni non è stato minore. Questo dato conferma che per ottenere una protezione efficace non esiste un numero di applicazioni ideale, ma occorre adattarsi al rischio d'infezione. I diversi programmi applicati non differivano tra loro in termini di efficacia, bensì di costi. Questa differenza è riconducibile al prezzo dei prodotti utilizzati. I risultati dei test condotti nel 2019 propongono dunque al produttore una base per decidere che si fonda sull'efficacia e sul costo di vari programmi.