

# En quête de variétés tolérantes – pour une gestion durable du feu bactérien

Anita Schöneberg, Sarah Perren et Andreas Naef

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Anita Schöneberg, e-mail: anita.schoeneberg@agroscope.admin.ch



**Figure 1** | Parcelle d'essai pour les tests de sensibilité au feu bactérien après inoculation des fleurs de variétés de fruits à pépins. (Photo: Agroscope)

## Introduction

Le feu bactérien est apparu pour la première fois en Suisse à la fin des années 80. Depuis, il a régulièrement fait des ravages, récemment en 2007 et 2012. L'année dernière également, la maladie causée par la bactérie *Erwinia amylovora* a fait des apparitions isolées. Depuis 2008, l'application strictement réglementée de l'antibiotique streptomycine est autorisée dans les vergers en Suisse afin de lutter contre *E. amylovora*. L'utilisation est limitée à la situation locale et au maximum une application par année est autorisée. L'utilisation de la streptomycine n'étant pas une solution à long terme de gestion du feu bactérien, la station de recherche Agroscope à

Wädenswil s'emploie à trouver des alternatives. Le projet Herakles, financé par des fonds externes, teste de nouvelles substances actives et stratégies de protection phytosanitaire, ainsi que des variétés de pommes et de poires à cidre tolérantes au feu bactérien. Des mesures adaptées d'assainissement des arbres atteints sont également à l'essai. Le but du projet est de contribuer à une gestion efficace et durable du feu bactérien. Suite à des tests effectués par Agroscope sur plus de 800 variétés de pommes et de poires, quelques variétés tolérantes au feu bactérien ont pu être identifiées (Perren *et al.* 2012, Szalatnay *et al.* 2008). En cas de forte attaque de la maladie, les variétés tolérantes sont quand même atteintes. Mais puisque le développement des symptômes est plus

lent, l'assainissement est plus efficace que pour les variétés sensibles (Aldwinckle et Preczewski 1976). Des variétés de fruits à pépins aptes à la commercialisation et 100% résistantes n'ont pas encore été trouvées. Deux méthodes sont utilisées afin de tester la sensibilité des variétés au feu bactérien; l'inoculation des pousses en serre de quarantaine, qui permet de tester la variété sur une durée relativement courte. Cependant, la porte d'entrée principale en plein champ pour l'agent pathogène du feu bactérien est la pleine fleur. La bactérie est transmise par des pollinisateurs tels que les abeilles, ou par la pluie (Thomson 2000). L'autre méthode, l'inoculation artificielle des fleurs en plein champ, est proche des conditions retrouvées dans la pratique, mais elle est aussi plus onéreuse et plus exigeante que l'inoculation des pousses.

Les essais peuvent être menés depuis 2013 au domaine d'essai fruits à noyau du Breitenhof sur une parcelle test d'Agroscope unique en Suisse et entièrement recouverte de filets. Des premiers résultats ont déjà été obtenus. Une comparaison des deux méthodes expérimentales devrait permettre de conclure si les résultats de la sensibilité au feu bactérien sont fiables.

## Matériel et méthodes

### Inoculation des pousses

Lors de l'inoculation des pousses, les greffons des variétés à tester ont été greffés sur le porte-greffe M9 T337 et placés dans des pots rosier (hauteur 35,5 cm, diamètre 7 cm). Ils ont ensuite été cultivés quatre à cinq semaines sous serre en conditions optimales (17–25 °C, 70 % d'humidité relative). Lorsque les pousses atteignaient les 10 cm de longueur, seule la pousse la plus robuste était

**Résumé** ■ Les variétés de pommes et poires tolérantes au feu bactérien sont un facteur important dans la gestion de cette maladie. Deux méthodes sont utilisées afin d'évaluer la sensibilité au feu bactérien d'une variété de fruits à pépins suite à l'inoculation artificielle: l'inoculation des pousses et l'inoculation des fleurs. Depuis 2013, Agroscope peut procéder à des inoculations artificielles de fleurs en plein champ sur une parcelle d'essai unique en Suisse. Une analyse de corrélation a permis de comparer les deux méthodes. Une faible corrélation positive a été constatée, qui n'était toutefois pas significative. Les variétés qui se montraient déjà peu sensibles lors de l'inoculation des pousses sous serre étaient plutôt tolérantes lors de l'inoculation des fleurs. Toutefois, comparée à l'inoculation des fleurs, la sensibilité de certaines variétés lors de l'inoculation des pousses était fortement sur- ou sous-estimée. Ainsi, afin d'assurer une meilleure reproductibilité des résultats dans la pratique, les variétés prometteuses lors de l'inoculation des pousses devraient encore être testées en plein champ par inoculation artificielle des fleurs. Les deux méthodes expérimentales, additionnées aux autres observations de la sensibilité des variétés tirées de la pratique, permettent de prodiguer des conseils fiables concernant la culture de variétés de fruits à pépins tolérantes au feu bactérien en Suisse.



**Figure 2** | Inoculation de l'extrémité des pousses avec *Erwinia amylovora*. La solution bactérienne est injectée dans l'extrémité de la pousse à l'aide d'une seringue médicale. (Photo: Agroscope)



**Figure 3** | Longueur de lésion visible trois semaines après l'inoculation artificielle avec *Erwinia amylovora*. Variété sensible de référence «Gala Galaxy» (à gauche) et variété tolérante de référence «Rewena» (à droite). (Photo: Agroscope)

conservée et placée sous serre de quarantaine en blocs aléatoires complets (10 plants par variété). La bactérie *E. amylovora* (souche FAW610Rif, concentration =  $10^9$  cfu/ml) a été directement injectée dans la pousse à l'aide d'une seringue (Rezzonico et Duffy 2007). L'injection a été faite 0,5 cm en dessous de la dernière feuille, de façon à ce qu'une goutte de la solution bactérienne adhère à la tige (fig. 2). Les plants ont encore été cultivés trois semaines dans les mêmes conditions climatiques que précédemment. Les bactéries se propagent et se multiplient dans la pousse à partir du point d'inoculation, provoquant des symptômes vert-gris à noirs. La longueur de la lésion visible (LL) depuis l'extrémité de la pousse a été mesurée chaque semaine pendant trois semaines. Les variétés «Gala Galaxy» (sensible) et «Rewena» (tolérante)

ont servi de référence (fig. 3). La sensibilité de la pousse a été déterminée en calculant le pourcentage de la LL par rapport à la longueur totale de la pousse trois semaines après l'inoculation artificielle (LL3) (selon Le Lezec et Paulin 1984). En rapprochant ce résultat avec celui obtenu pour la variété sensible de référence, il est possible de comparer les résultats de séries d'essai indépendantes et sur plusieurs années (tabl. 1).

#### Inoculation des fleurs

L'inoculation des fleurs a été réalisée au domaine d'essai fruits à noyau du Breitenhof à Wintersingen (canton de Bâle-Campagne) sur une parcelle d'essai d'Agroscope recouverte entièrement de filets. Le filet anti-insectes empêche le transit de vecteurs indésirables. Il n'est pos-

**Tableau 1** | Evaluation de la sensibilité au feu bactérien des pousses de variétés de pommiers, trois semaines après l'infection artificielle de l'extrémité de la pousse (LL3).

Evaluation de la sensibilité des pommiers au feu bactérien après inoculation des pousses	
Très faible	Longueur de lésion (LL3) < 25 % comparée à la LL3 de «Gala Galaxy»
Faible	Longueur de lésion (LL3) 25–40 % comparée à la LL3 de «Gala Galaxy»
Moyenne	Longueur de lésion (LL3) 40–60 % comparée à la LL3 de «Gala Galaxy»
Elevée	Longueur de lésion (LL3) 60–100 % comparée à la LL3 de «Gala Galaxy»
Très élevée	Longueur de lésion (LL3) > 100 % comparée à la LL3 de «Gala Galaxy»



**Figure 4** | Inoculation des bouquets floraux avec une solution d'*Erwinia amylovora* sur des arbres en pot de trois ans en plein champ. (Photo: Agroscope)

sible de pénétrer dans la parcelle que par un sas. Le matériel qui en ressort est décontaminé afin d'éviter la propagation du feu bactérien. Une fois l'essai terminé, une procédure de contrôle des plantes-hôtes du feu bactérien est effectuée annuellement sur un périmètre de 500 m.

Les variétés en essai ont été greffées sur le porte-greffe M9 T337 avec «Golden Delicious» comme greffe intermédiaire. Les scions de deux ans ont été mis en pot (volume de pot: 10 l), cultivés une année supplémentaire puis disposés sur la parcelle au printemps. Les arbres de la première série de tests de l'année commencent à >

**Tableau 2** | Echelle d'évaluation de l'infection des fleurs après inoculation artificielle en plein champ. (Photos: Agroscope)

Catégorie	Parties atteintes	Description	Photo
1	Pas de symptômes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun symptôme visible</li> <li>Flétrissement des fleurs typique de la variété</li> </ul>	
2	Symptômes diffus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etamines et/ou carpelles brun-noir</li> <li>Réceptacle, pédoncule et sépales verts</li> <li>Ne pas forcément attribuer ces symptômes au feu bactérien</li> </ul>	
3	Infection des fleurs < 1/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sépales et/ou réceptacle orange à noir</li> <li>Tige sans nécrose ou &lt; 1/3 de sa longueur</li> </ul>	
4	Infection des fleurs > 1/3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tige entièrement nécrosée ou &gt; 1/3 de sa longueur</li> <li>Pédoncule vert, nette séparation</li> </ul>	
5	Bouquet floral et pédoncule	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coloration foncée du pédoncule, sépales sains</li> </ul>	
6	Bouquet floral, pédoncule et jeune pousse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jeunes pousses malades</li> <li>Pas de jeunes pousses, tout le bouquet floral est malade (y.c. les sépales)</li> <li>Pas de nécrose visible du bois</li> </ul>	
7	Nécrose du bois < 5 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécrose du bois visible (&lt; 5 cm)</li> </ul>	
8	Nécrose du bois > 5 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécrose du bois visible (&gt; 5 cm)</li> </ul>	
9	Nécrose du bois > 10 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécrose du bois visible (&gt; 10 cm)</li> </ul>	

**Tableau 3 |** Evaluation de la sensibilité au feu bactérien de variétés de pommiers après inoculation des fleurs, quatre semaines après l'inoculation artificielle

Evaluation de la sensibilité des pommiers au feu bactérien après inoculation des fleurs	
Très faible	< 25 % bouquets floraux > catégorie 5 comparés à «Gala Galaxy»
Faible	25–40 % bouquets floraux > catégorie 5 comparés à «Gala Galaxy»
Moyenne	40–60 % bouquets floraux > catégorie 5 comparés à «Gala Galaxy»
Elevée	60–100 % bouquets floraux > catégorie 5 comparés à «Gala Galaxy»
Très élevée	> 100 % bouquets floraux > catégorie 5 comparés à «Gala Galaxy»

débourrer. En revanche, la floraison de la deuxième série a été retardée: les arbres ont été entreposés en chambre froide puis sortis en temps voulu afin de permettre le débourrement en été. Par variété, douze plants de trois ans (trois répétitions de quatre plants) ont été placés sur la parcelle en blocs aléatoires complets. Les arbres étaient irrigués par un système d'irrigation goutte-à-goutte. En période de floraison, deux ruches ont permis la pollinisation des arbres de la parcelle entièrement recouverte de filets. Pour l'inoculation, dix bouquets floraux par arbre au stade pleine floraison (BBCH65) ont été marqués puis inoculés en vaporisant manuellement une solution d'*E. amylovora* (souche suisse, FAW610Rif, concentration =  $3,5 \times 10^8$  cfu/ml) (fig. 4). Des sachets plastiques ont été placés autour des bouquets de l'année 2013 pendant six jours afin d'assurer une protection contre les intempéries et d'offrir des conditions d'infection favorables aux bactéries. En 2014, les sachets plastiques n'ont pas été utilisés puisqu'en 2013 les résultats liés aux dégâts ne présentaient aucune différence statistiquement significative entre les fleurs avec ou sans plastique (données non présentées ici). L'importance des symptômes sur les bouquets floraux a été évaluée 7, 14, 21 et 28 jours après l'inoculation. Les variétés «Gala Galaxy» (sensible) et «Enterprise» (tolérante) ont servi de référence. L'échelle d'évaluation des symptômes comprend neuf catégories, allant de l'absence de symptômes ou symptômes diffus jusqu'à des nécroses du bois d'intensité différente, en passant par des infections de fleurs isolées ou de bouquets floraux (tabl. 2). La sensibilité au feu bactérien après l'inoculation des fleurs est déterminée 28 jours après l'inoculation, en comparant le pourcentage des bouquets floraux > catégorie 5 à celui obtenu par «Gala Galaxy» (tabl. 3).

### Statistiques

Pour effectuer l'analyse de corrélation, la moyenne de la LL3 de chaque variété a été comparée à «Gala Galaxy», et ceci pour toutes les inoculations de pousses de 2008–2014. Les résultats du précédent projet «Sélection

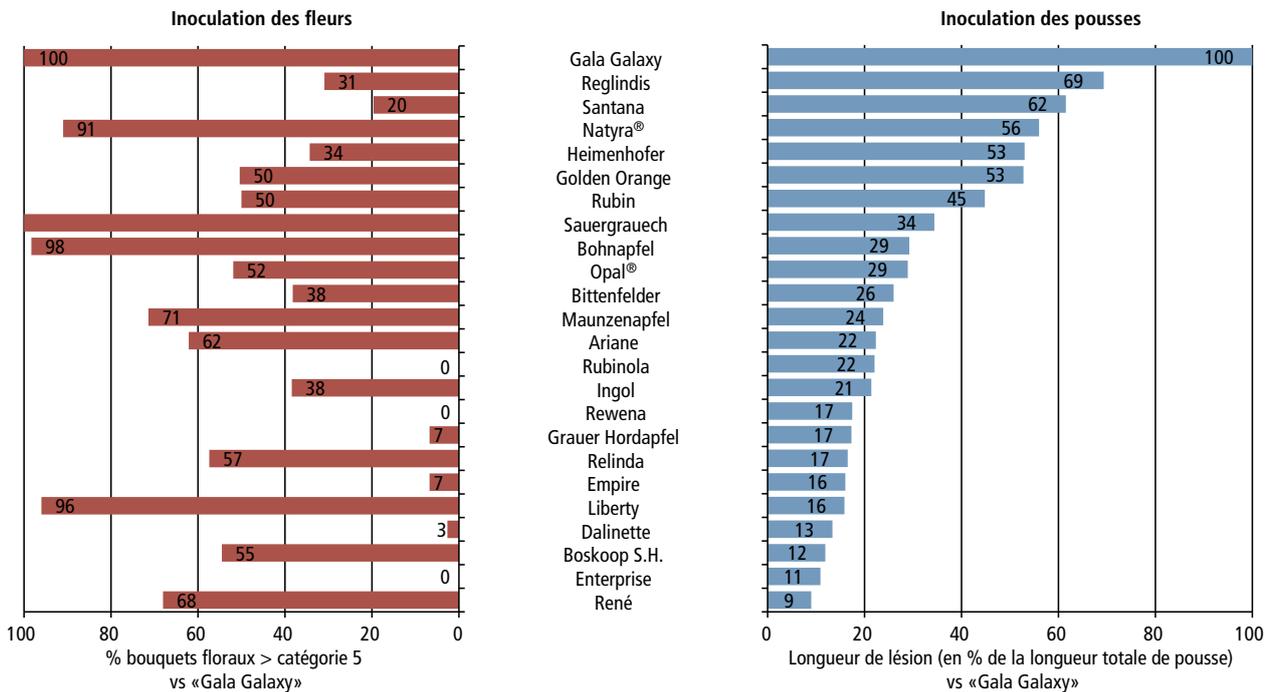
des variétés pour une stratégie intégrée contre le feu bactérien dans la culture suisse des pommes à cidre – SOFEM» et du projet «Description des ressources génétiques fruitières – BEVOG I et II» ont ainsi été intégrés à l'analyse. Toutes les variétés (à l'exception de «Grauer Hordapfel») ont été testées au moins deux fois dans des séries d'essai indépendantes. En revanche, pour l'inoculation des fleurs, seuls les résultats d'une année par variété sont disponibles actuellement (exceptions: variétés de référence «Gala Galaxy» avec trois séries et «Enterprise» avec deux séries). Les données ne suivant pas une distribution normale, une corrélation de Spearman suivie d'un test t ont été appliqués à l'aide du programme XLSTAT 2011 sur Microsoft Excel 2010 afin de déterminer le seuil de signification ( $\alpha = 0,05$ ).

### Résultats

La sensibilité au feu bactérien de plus de 150 variétés de pommes et de poires a été testée de 2012–2014 dans le cadre du projet Herakles. Seuls les résultats des variétés ayant déjà généré des données sur la sensibilité des fleurs sont présentés ici.

#### Inoculation des pousses et des fleurs

Les variétés ayant déjà présenté une faible sensibilité lors de l'inoculation des pousses et / ou d'une grande importance en arboriculture ont été privilégiées pour l'inoculation des fleurs. Il n'est donc pas surprenant de constater qu'une grande partie des variétés testées n'était que très peu voire moyennement sensible au feu bactérien lors de l'inoculation des fleurs. Au cours de deux séries d'essais indépendants, aucun bouquet floral de la variété témoin «Enterprise» ne présentait de symptômes supérieurs à la catégorie 5. Les variétés «Rubinola» et «Rewena» ne montraient pas non plus de nécroses du bois (fig. 5). Les cultivars «Dalinette», «Empire» et «Grauer Hordapfel» ainsi qu'un peu plus loin «Santana» ont été classés «très peu sensibles». Quatre autres variétés ont été classifiées «peu sensibles»:



**Figure 5 |** Résultats de l'inoculation des fleurs (à gauche) en % de bouquets floraux > catégorie 5 comparés à la variété sensible de référence «Gala Galaxy», quatre semaines après l'inoculation. Résultats de l'inoculation des pousses (à droite), indiqués selon la longueur de lésion (en % de la longueur totale de pousse) comparés à «Gala Galaxy» trois semaines après l'inoculation.

«Reglindis», «Heimenhofer», «Bittenfelder» et «Ingol». Les cultivars «Rubin», «Golden Orange», «Opal», «Boskoop S.H.» («Boskoop rouge») et «Relinda» ont présenté une sensibilité moyenne. Seules huit des 24 variétés testées ont été considérées comme «très sensibles». Parmi celles-ci les variétés «Ariane», «René» et «Maunzenapfel» étaient nettement moins sensibles que «Natyra», «Liberty» et «Bohnapfel» qui présentaient une sensibilité équivalente à la variété témoin «Gala Galaxy». La variété «Sauergrauech» («pomme raisin») était légèrement plus sensible que «Gala Galaxy». Il s'agit toutefois de tenir compte que ces résultats de l'inoculation des fleurs ne proviennent que d'une seule série d'essais.

#### Corrélation entre l'inoculation des pousses et des fleurs

Le coefficient de corrélation de Spearman de 0,3 révèle une faible corrélation positive entre l'inoculation des pousses et des fleurs. Le résultat est non significatif ( $p = 0,231$ ) et le coefficient de détermination est de 0,06. En représentant les données graphiquement, il est aisé de constater que le rapport entre les résultats des deux méthodes de test n'est pas un rapport linéaire standard mais plutôt une tendance avec quelques écarts. Quelques variétés - p. ex. «Liberty» et «René» - présentaient une forte sensibilité lors de l'inoculation des fleurs alors qu'elles s'étaient montrées peu sensibles lors de l'inoculation

des pousses. Cependant, la majorité des variétés moyennement sensibles lors de l'inoculation des pousses étaient aussi moyennement voire très sensibles lors de l'inoculation des fleurs. «Santana» et «Reglindis» faisaient toutefois exception en obtenant une sensibilité «très faible» et «faible» lors de l'inoculation des fleurs, alors qu'elles étaient «très sensibles» lors de l'inoculation des pousses.

## Discussion

La méthode de l'inoculation des pousses permet de tester en un temps limité la sensibilité au feu bactérien de plusieurs variétés. Au verger, la fleur est la voie d'infection principale (Thomson 2000). La méthode d'inoculation des fleurs correspond donc mieux aux conditions naturelles d'infection trouvées dans la pratique. La préparation des arbres requiert cependant trois années de culture et la réalisation des essais prend beaucoup de temps. En raison de la forte influence des conditions météorologiques sur les attaques du feu bactérien, la répétition des essais est indispensable. Le risque d'infection pour les variétés dont la floraison se situe en période de conditions optimales d'infection est plus grand que pour les variétés dont la floraison s'effectue en période plus fraîche.

Même en l'absence de répétitions pour une variété donnée lors du test de l'inoculation des fleurs, l'analyse de corrélation permet déjà de tirer quelques conclusions sur les différences entre les deux méthodes expérimentales. D'après l'analyse des deux méthodes, la sensibilité au feu bactérien d'une variété n'est que faiblement corrélée et non significative. D'un côté, cette faible corrélation positive indique que les variétés très sensibles lors de l'inoculation des pousses se montrent également très sensibles lors de l'inoculation des fleurs. D'un autre côté, nos essais ont aussi démontré que quelques variétés étaient clairement plus tolérantes lors de l'inoculation des pousses que lors de l'inoculation des fleurs. Lors d'essais similaires, Persen *et al.* (2011) et Horner *et al.* (2014) ont fait des observations identiques. Ainsi, en plein champ, la tolérance au feu bactérien d'une variété peut facilement être sur- ou sous-estimée, si seule la méthode d'inoculation des pousses est appliquée. Les résultats d'évaluation de la sensibilité au feu bactérien étant différents selon la méthode utilisée, Horner *et al.* (2014) proposent une explication: la base génétique (Quantitative Trait Loci, QTLs) des mécanismes de résistance est différente qu'il s'agisse de la sensibilité des pousses ou des fleurs.

## Conclusions

L'inoculation des pousses est une méthode facilement applicable et peu coûteuse pour la préselection du matériel variétal à disposition. Une variété évaluée «très sensible» lors de l'inoculation des pousses obtiendra rarement une meilleure évaluation lors de l'inoculation des fleurs. Toutefois, l'évaluation de la sensibilité au feu bactérien des variétés prometteuses devrait aussi passer par le test de l'inoculation des fleurs. L'évaluation de la sensibilité au feu bactérien d'une variété en verger est plus pertinente avec la méthode d'inoculation des fleurs. La combinaison des deux méthodes expérimentales et des observations tirées de la pratique, permet de formuler des recommandations fiables sur les variétés tolérantes au feu bactérien, au bénéfice de la culture des fruits à pépins en Suisse. ■

### Remerciements

Les auteurs remercient la Coopérative CAVO, la Quality Juice Foundation et les cantons d'Argovie, Lucerne, Saint-Gall, Thurgovie et Zurich pour le financement du projet Herakles. Les équipes du domaine d'essai fruits à noyau du Breitenhof et de l'exploitation arboricole à Wädenswil pour le soutien technique et la réalisation des essais. Les collaborateurs du projet BEVOG I et II (Description des ressources génétiques fruitières) pour la transmission des données de l'inoculation des pousses.

## Riassunto

### La ricerca di varietà tolleranti per una gestione sostenibile del fuoco batterico

Le varietà di mele et pere tolleranti sono uno strumento importante nella gestione del fuoco batterico. Per classificare la sensibilità al fuoco batterico di una varietà di frutta a granella vengono impiegati due metodi: l'inoculazione nei germogli e l'inoculazione nei fiori. Dal 2013, per la prima volta Agroscope è in grado di eseguire inoculazioni artificiali nei fiori in pieno campo, su un lotto sperimentale unico in tutta la Svizzera. La comparabilità dei due metodi è stata testata tramite un'analisi di correlazione. Si è potuta osservare una debole correlazione positiva, comunque non significativa. Le varietà che con l'inoculazione dei germogli in serra erano già poco suscettibili alla malattia, si sono spesso rivelate resistenti anche con l'inoculazione nei fiori. Nel caso di alcune varietà, la suscettibilità alla malattia con l'inoculazione nei germogli è stata tuttavia notevolmente sotto- o anche sopravvalutata rispetto all'inoculazione nei fiori. Per meglio trasferire i risultati nella pratica, le varietà candidate più promettenti sottoposte all'inoculazione nei germogli dovrebbero dunque essere anche testate in pieno campo per mezzo dell'inoculazione artificiale nei fiori. Combinando entrambi i metodi di test e anche osservando nella pratica la propensione alla malattia delle varietà, è possibile raccomandare in maniera attendibile le varietà più tolleranti al fuoco batterico da impiegare nella coltivazione della frutta a granella.

## Bibliographie

- Aldwinckle H. S. & Preczewski J. L., 1976. Reaction of terminal shoots of apple cultivars to invasion by *Erwinia amylovora*. *Phytopathology* **66**, 1439–1444.
- Horner M. B., Hough E. G., Hedderley D. I., How N. M. & Bus V. G. M., 2014. Comparison of fire blight resistance screening methodologies. *New Zealand Plant Protection* **67**, 145–150.
- Le Lezec, M. & Paulin, J. P., 1984. Shoot susceptibility to fireblight of some apple cultivars. *Acta Horticulturae* **151**, 277–281.
- Perren S., Egger S. & Kellerhals M., 2012. Mit robusten Sorten dem Feuerbrand trotzen. *Landfreund* **12**, 32–35.
- Persen U., Gottsberger R. & Reisenzein H., 2011. Spread of *Erwinia amylovora* in apple and pear trees of different cultivars after artificial inoculation. *Acta Horticulturae (ISHS)* **896**, 319–330.

## Summary

### The search for robust varieties for sustainable fireblight management

Robust apple and pear varieties are an important tool in sustainable fireblight management. Two artificial inoculation methods are used for assessing a pome-fruit cultivar's susceptibility to fireblight: shoot inoculation and blossom inoculation. Since 2013, Agroscope has for the first time been in a position to conduct artificial blossom inoculation tests on an outdoor trial plot that is unique in Switzerland. A correlation analysis was used to test both methods as to their comparability. A weakly positive correlation was detected, which was nevertheless not significant. Cultivars with low susceptibility in the shoot inoculation in the greenhouse also often proved to be robust in the blossom inoculation. With some cultivars, however, susceptibility in the shoot inoculation was markedly under- or overestimated compared to susceptibility in the blossom inoculation. For better transferability of the results to practice, the most promising candidate cultivars from the shoot inoculation should therefore also be tested outdoors by means of artificial blossom inoculation. The combination of the two test methods and the additional observations on the susceptibility of the cultivars from practice will allow us to make reliable recommendations of fireblight-tolerant varieties for Swiss pome-fruit production.

**Key words:** *Erwinia amylovora*, fire blight susceptibility, robust varieties, shoot inoculation, blossom inoculation.

- Rezzonico F. & Duffy B., 2007. The role of luxS in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* is limited to metabolism and does not involve quorum sensing. *Mol Plant-Microbe Interact* **20**, 1284–1297.
- Szalatnay D., Hunziker K., Kellerhals M. & Duffy B., 2008. Triebanfälligkeit alter Kernobstsorten gegenüber Feuerbrand. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **9**, 8–10.
- Thomson S. V., 2000. Epidemiology of fire blight. In: *Fire blight: The disease and its causative agent, Erwinia amylovora*. (Ed. J. L. Vanneste). CAVI Publishing, Wallingford UK, 9–37.