

LA BRÛLURE BACTÉRIENNE : UNE MALADIE DÉVASTATRICE DES POMMIERS ET DES FRAMBOISIERS

David Rosenberger

Professeur de phytopathologie

Hudson Valley Laboratory de l'université Cornell, Highland, NY

Résumé : La seule méthode de lutte contre la brûlure bactérienne dans les framboisiers consiste à tailler les tissus infectés ou à enlever les plants infectés. La lutte contre la brûlure bactérienne dans les pommiers exige que l'adoption d'un éventail de moyens, y compris la taille des chancres durant l'hiver, l'utilisation de traitements de cuivre au débourrement dans les vergers où il y a déjà eu une infection de brûlure bactérienne, l'utilisation d'un modèle pour déterminer à quel moment procéder à la pulvérisation de la streptomycine durant la floraison et l'élimination des rameaux infectés au fur et à mesure qu'ils apparaissent durant l'été. Dans les régions nordiques, comme le Québec, la probabilité d'une recrudescence des épidémies de brûlure bactérienne est assez faible parce que les températures durant la floraison sont habituellement trop froides pour favoriser l'infection des fleurs. En l'absence d'une nouvelle infection des fleurs, il est fréquent que l'on puisse éliminer la brûlure bactérienne dans un verger en l'espace de quelques années. Habituellement, les niveaux d'inoculum demeurent relativement peu élevés dans les zones de culture froides, ce qui contribue encore davantage à réduire la menace de nouvelles infections.

La brûlure bactérienne est une maladie bactérienne causée par *Erwinia amylovora*. La brûlure bactérienne s'attaque à de nombreuses plantes-hôtes, mais ce sont les vergers de pommiers et de poiriers qui subissent les plus importantes pertes financières. Il arrive que la maladie affecte les framboisiers de même que les mûriers sauvages épineux et sans épines. Des hôtes comme le pommetier, l'aubépine dorée (*Crataegus*), le cotonéaste (*Cotoneaster*), le buisson ardent (*Pyracantha*), et le sorbier d'Amérique (*Sorbus*) ont une importance économique parce que les espèces ornementales infectées peuvent produire un inoculum risquant d'infecter les vergers avoisinants. Les symptômes de la brûlure bactérienne sont illustrés dans de nombreux bulletins destinés aux fruiticulteurs (Se référer à Van der Zwet et Beer, 1999).

Il s'est fait très peu de recherche sur la brûlure bactérienne des framboisiers et des mûriers. Des chercheurs de la Caroline du Nord, du Maine et de l'Illinois ont démontré que les souches de *E. amylovora* qui infectent les framboisiers et les mûriers n'ont pas d'incidence sur les pousses de pommiers, et que les souches qui s'attaquent aux pommiers et aux poiriers ne causent pas la maladie sur les mûriers hôtes. Ces rapports de recherche suggèrent que la brûlure bactérienne ne se propagera pas facilement des ronces aux fruits à pépins ou inversement, des fruits à pépins aux ronces. Toutefois, on suppose que le cycle de la maladie de la brûlure bactérienne est le même pour les ronces et les fruits à pépins.

Terminologie de la brûlure bactérienne : Les chercheurs qui étudient la brûlure bactérienne utilisent diverses expressions pour se référer à des aspects particuliers de la maladie dans les vergers de pommiers et de poiriers.

Brûlure de la fleur fait référence aux symptômes qui se développent après l'infection des fleurs.

Brûlure des pousses fait référence aux symptômes qui se développent après l'infection des pousses succulentes. Il est parfois difficile de distinguer la brûlure de la fleur de la brûlure des pousses parce que, dans les deux cas, la brûlure entraîne le flétrissement et la mort des bourgeons terminaux. La brûlure de la fleur se caractérise par la présence de grappes de fleurs flétries

qui restent attachées à la base des pousses dont la mort a été occasionnée par la brûlure.

Chancres bactériens fait référence à l'infection et à la mort des pousses qui résultent du développement des chancres hibernants. Les chancres bactériens se produisent dans les vergers ayant déjà été infectés par le passé, même si aucune nouvelle infection ne s'est déclarée durant la saison au cours de laquelle les chancres bactériens sont apparus.

Brûlure du fruit fait référence à l'infection qui prend naissance dans les fruits. La brûlure du fruit peut survenir à la suite d'un épisode de grêle (elle est donc une forme de brûlure propagée par des blessures) ou être le résultat d'infections qui surviennent au cours de l'été lorsqu'une chute rapide de la température durant les orages d'après-midi entraîne la bactérie à l'intérieur du fruit.

Brûlure des porte-greffes fait référence aux infections des porte-greffes sensibles à la brûlure bactérienne sur les arbres dont le tronc est toujours vivant au-dessus du point de greffe.

Brûlure propagée par des blessures se développe lorsque des infections surviennent à la suite d'une blessure occasionnée par la grêle, le vent ou le gel.

Cycle de la maladie : La brûlure bactérienne hiverne dans les chancres des plantes-hôtes. Au printemps, les bactéries exsudent des chancres et se propagent aux fleurs par les insectes et les éclaboussures d'eau quand il pleut. La propagation de la brûlure bactérienne provient habituellement de l'infection des fleurs parce que les fleurs ouvertes sont les sites d'infection les plus sensibles sur les plantes-hôtes. Les bactéries se reproduisent rapidement dans les fleurs infectées et les grappes de fleurs flétries, et ces bactéries se propagent ensuite par les insectes et les éclaboussures d'eau quand il pleut aux pousses succulentes où elles amorcent la brûlure des pousses. Les bactéries peuvent rapidement coloniser et tuer des branches entières et de grosses branches maîtresses en se propageant dans les tissus de l'hôte infecté.

Après l'infection, *E. amylovora* continue à envahir et à tuer de nouveaux tissus hôtes tant et aussi longtemps que les pousses poursuivent leur croissance active. Les chancres grossissent plus rapidement dans les arbres à croissance rapide que dans les arbres à croissance lente. En fait, le développement des chancres stoppe complètement et les pousses deviennent résistantes à l'infection lorsque les bourgeons terminaux apparaissent et que les arbres cessent de croître entre le milieu et la fin de l'été. Au début de l'été, lorsque la brûlure bactérienne se propage rapidement, les pourtours des chancres sont flous et le tissu sous-jacent à l'écorce qui suit le pourtour du chancre montre une transition graduelle entre le tissu sain et le tissu nécrosé. Plus tard dans l'été, lorsque les arbres cessent de grandir, le pourtour du chancre se précise et l'écorce interne montre une ligne de séparation nette entre le tissu sain et le tissu nécrosé.

Sensibilité de l'hôte : La sensibilité de l'hôte à la brûlure bactérienne dépend de la résistance génétique, de la quantité d'inoculum, de la vigueur végétative, de l'âge de l'arbre, des conditions météorologiques et des interactions entre tous ces facteurs. La plupart des poiriers sont très vulnérables à la brûlure bactérienne. Chez les framboisiers, les cultivars Latham, Boyne, Royalty, Fallgold, Algonquin et la sélection K81-6 ont la réputation d'être particulièrement sensibles à la brûlure bactérienne.

Les cultivars de pommiers diffèrent considérablement en ce qui concerne leur sensibilité à la brûlure bactérienne, mais le classement de la sensibilité varie selon la

zone géographique et les méthodes de classement utilisées. À mon avis, les cultivars les plus sensibles sont notamment Honeycrisp, Cameo, Gala, Ginger Gold, Idared, JerseyMac, Jonathan, Jonamac, Jonagold, Macoun, PaulaRed, Rhode Island Greening, et Rome Beauty. Les cultivars moyennement sensibles comprennent notamment Cortland, McIntosh, Spartan, et Golden Delicious. Les cultivars moyennement résistants comprennent notamment Delicious, Empire, et Liberty. Dans des conditions propices à l'infection (degré élevé d'inoculum, temps chaud et humide durant la floraison), même les cultivars moyennement résistants de pommiers peuvent être infectés par la brûlure bactérienne. Toutefois, la maladie va s'attaquer plus lentement aux branches et entraîner moins de dommage dans les cultivars moyennement résistants que dans les cultivars très sensibles.

La brûlure bactérienne se propage plus rapidement dans les plantes ayant une croissance vigoureuse. Dans les arbres, la teneur élevée en azote stimule la croissance rapide des pousses et favorise les infections graves de brûlure bactérienne. La corrélation entre une grande vigueur et des flambées graves de brûlure bactérienne explique pourquoi les arbres âgés de 3 à 6 ans sont particulièrement sensibles à la brûlure bactérienne. Les arbres plus jeunes portent habituellement moins de fleurs et parviennent à éviter la brûlure de la fleur, tandis que les arbres plus âgés ont habituellement une récolte suffisante pour restreindre la croissance des pousses succulentes et, par conséquent, limiter aussi la gravité de l'infection. Les cultivars de pommiers sensibles sont particulièrement vulnérables lorsqu'ils sont âgés de 3 à 6 ans parce qu'ils portent habituellement assez de fleurs pour permettre la brûlure de la fleur et sont assez vigoureux pour favoriser une expansion rapide des chancres. Par ailleurs, il arrive souvent que les jeunes arbres poursuivent leur croissance active plus longtemps au cours de l'été, ce qui a pour effet de prolonger la saison durant laquelle la brûlure bactérienne demeure active dans les arbres.

Stratégies de lutte : Aucune stratégie de lutte unique ne parviendra à maîtriser complètement la brûlure bactérienne. Dans les régions où la brûlure bactérienne représente une menace, les fruiticulteurs doivent faire appel à une lutte intégrée afin de réduire les risques de contamination.

Taille hivernale : Les chancres de brûlure bactérienne visibles devraient être éliminés durant la taille d'hiver. Ce ne sont pas tous les chancres qui vont héberger des bactéries durant l'hivernage, mais il suffit qu'un ou deux chancres soient actifs pour produire suffisamment d'inoculum pour infecter de nombreux hectares additionnels de vergers au cours de la saison suivante.

Traitement de cuivre au débourrement : Les traitements de cuivre appliqués au débourrement peuvent contribuer à réduire la quantité d'inoculum viable exsudée par les chancres ayant échappé à la taille sèche. Personne n'est jamais arrivé à expliquer exactement pourquoi les traitements de cuivre appliqués au débourrement pouvaient réduire la brûlure des fleurs, mais à mon avis les résidus de cuivre qui persistent sur l'écorce ont pour effet de limiter la prolifération bactérienne pendant la floraison. (Durant les saisons où les précipitations sont supérieures à 80 mm entre les traitements de cuivre et la floraison, il se peut que l'efficacité de ce traitement soit perdue. Il faudrait éviter les traitements de cuivre après que les bourgeons ont atteint 1 cm cependant, parce qu'il arrive souvent que les bourgeons en pleine croissance retiennent suffisamment de résidus de cuivre pour entraîner le roussissement des jeunes fruits. Une pulvérisation de cuivre au débourrement n'est recommandée que dans les vergers où l'on a détecté des symptômes de brûlure bactérienne durant l'une des deux saisons de croissance précédentes. Il n'y a aucune raison de procéder à un traitement de cuivre dans des

vergers qui n'ont jamais eu d'infection à la brûlure bactérienne.

Pulvérisation de streptomycine durant la floraison : Dans les vergers où l'on a décelé la présence d'inoculum, des pulvérisations de streptomycine doivent être appliquées durant la floraison si le temps est suffisamment chaud pour favoriser la multiplication des bactéries dans les fleurs. La streptomycine ne protège que les fleurs qui sont ouvertes au moment de la pulvérisation, aussi il se peut que l'on doive procéder à de nombreuses applications pour couvrir les fleurs au fur et à mesure de leur éclosion.

Les formulations de streptomycine contiennent 17 % d'ingrédient actif et devraient être appliquées à un taux de 600 g de produit formulé par 1000 L de solution à pulvériser. On peut utiliser la méthode de calcul TRV pour déterminer le volume de bouillie à pulvériser nécessaire pour mouiller complètement des arbres de diverse taille, et la quantité de streptomycine dans le réservoir pourra être concentrée au besoin afin de produire un dosage adéquat pour les plus gros arbres. Les arbres standard peuvent nécessiter 1,8 kg/ha. Les doses pour les petits arbres ne devraient jamais être inférieures à 600 g de produit/ha. On peut améliorer la protection offerte par la streptomycine aux fleurs en appliquant du Regulaid ou encore un bon agent dispersant de silicone avec la streptomycine. S'il est nécessaire de procéder à plus de deux applications durant la même période de floraison, le taux de streptomycine appliqué lors de la troisième application et des applications subséquentes peut être réduit de moitié si l'on utilise du Regulaid ou un agent dispersant de silicone dans le réservoir du pulvérisateur. Des applications répétées de streptomycine peuvent entraîner le jaunissement partiel des feuilles terminales qui étaient sur le point de s'ouvrir lorsque les pulvérisations ont été appliquées, mais ce jaunissement partiel n'affecte pas les arbres ou les fruits. Après la floraison, il ne faut pas appliquer de streptomycine parce que les applications post-floraison contribuent au développement de souches de *E. amylovora* résistantes à cet antibiotique. La seule exception autorisée consisterait à appliquer de la streptomycine dans les 24 heures suivant un épisode de grêle afin d'empêcher la propagation de la brûlure par des blessures dans les vergers où la brûlure était déjà présente au moment de la tempête de grêle, pourvu que ces applications ne contreviennent pas aux restrictions imposées aux périodes qui précèdent la récolte inscrites sur l'étiquette de produit.

Il existe plusieurs modèles pour aider les fruiticulteurs à déterminer le meilleur moment pour pulvériser la streptomycine durant la floraison. MaryBlyt, le modèle le plus couramment utilisé dans l'est de l'Amérique du Nord, est un programme informatique mis au point par Paul Steiner et Gary Lightner au Maryland. L'utilisateur entre la date du débourrement des arbres, les températures maximales et minimales quotidiennes ainsi que les périodes de mouillage ou d'arrosage qui ont lieu chaque jour. Le programme informatique utilise divers programmes de degrés-jours pour estimer la vitesse d'éclosion des nouvelles fleurs, la croissance de la population de *E. amylovora* dans les fleurs ouvertes et la probabilité que des infections surviennent à tout moment durant la floraison.

Quatre conditions doivent être réunies pour que MaryBlyt puisse prédire les infections des fleurs : les arbres doivent avoir des fleurs ouvertes, les températures moyennes durant la journée doivent être d'au moins 15,6°C, les fleurs ouvertes doivent avoir été exposées à 110 degrés-heures à une température supérieure à 18,3°C, et les fleurs doivent être mouillées par la pluie ou une rosée épaisse. Le mouillage est nécessaire pour entraîner les bactéries des stigmates de la fleur (où les bactéries se propagent) jusqu'au nectar des fleurs où elles déclenchent l'infection. MaryBlyt souligne que le risque d'infection pour chaque jour est faible si seulement un des quatre facteurs est

positif, moyen si deux facteurs sont positifs, et élevé si trois des quatre facteurs sont positifs. Dans la plupart des cas, il ne se produira aucune infection tant que les quatre facteurs ne seront pas favorables. Si l'on entre les prévisions de température et les périodes de mouillure pour les trois ou quatre prochains jours dans le programme MaryBlyt, on peut prévoir les périodes d'infection de brûlure bactérienne potentielles et les pulvérisations de streptomycine peuvent être faites juste avant les infections anticipées.

Le programme « Cougar Blight », mis au point par Tim Smith de l'État de Washington, utilise des données et des méthodes de calcul semblables pour établir les risques d'infection. Par contre, ce programme se sert de tables de données plutôt que d'un programme informatique. Le programme Cougar Blight est offert gratuitement sur le site Web indiqué à la fin du présent texte.

Est-ce qu'un modèle de prévision aurait pu aider à anticiper le problème de la brûlure bactérienne que l'on a connu au Québec en 2002? Le Tableau 1 montre les prévisions du programme MaryBlyt établies à partir des données météorologiques de 2002 pour Rougemont. Les observateurs de la région avaient avancé que la floraison était terminée le 29 mai, mais MaryBlyt n'avait prévu aucune infection de la brûlure bactérienne si la floraison se terminait à cette date. Toutefois, en supposant que quelques fleurs soient demeurées sur les arbres durant quatre jours additionnels, dans ce cas MaryBlyt prévoit que des infections auraient pu se produire à n'importe quel moment entre le 29 mai et le 1^{er} juin. La plupart du temps, le plus grand risque d'infection survient vers la fin de la floraison ou juste un peu avant la post-floraison lorsqu'il ne reste que quelques fleurs dans les arbres.

Tableau 1 : Prévisions du programme MaryBlyt pour 2002 en fonction des conditions météorologiques à Rougemont, Québec

Date	Stade du bourg.	Température (°C)			Pluie (mm)	Degré-heure >18,3	Prévisions* des risques								
		Max	Min	Moy.			FI	DH	M	TM	Risque				
19 mai	B. rose	10,7	1,5	6,1	0	0									
20 mai	Fleur	12,0	-1,7	5,1	0,7	0	+	-	+	-					M
21 mai	Fleur	13,6	2,8	8,2	0	0	+	-	-	-					F
22 mai	Fleur	19,9	0,4	10,1	0	0	+	-	-	-					F
23 mai	Fleur	25,2	4,6	14,9	0	40	+	-	-	-					F
24 mai	Fleur	22,7	-0,5	11,1	0,6	0	+	-	+	-					M
25 mai	Fleur	16,5	-1,3	7,6	0	0	+	-	-	-					F
26 mai	Fleur	19,8	7,9	13,8	4,2	0	+	-	+	-					M
27 mai	Fleur	25,0	5,1	15,0	0	40	+	-	+	-					M
28 mai	Fleur	26,3	13,9	20,1	0	107	+	-	-	+					M
29 mai	Fleur	28,5	15,8	22,1	0,8	213	+	+	+	+					I
30 mai	Fleur	24,5	16,5	20,5	36,1	280	+	+	+	+					I
31 mai	Fleur	23,7	11,7	17,7	19,8	213	+	+	+	+					I
1 juin	Fleur	24,9	10,9	17,9	3,1	160	+	+	+	+					I

* FI = floraison, DH = plus de 110 degrés-heures sur base de 18,3, M = pluie ou arrosage, TM = temp. quot. moy. > 15,6°C. Les niv. de risque sont F= faible, M= moyen, É = élevé, et I = infection.

Aux États-Unis, on a homologué récemment deux nouveaux produits pour la lutte contre la brûlure de la fleur. Il s'agit de *Messenger* (protéine d'*Erwinia* nommée Harpine), un bioactivateur qui enclenche les mécanismes de défense naturels de la plante et de *Serenade*, est un produit de lutte biologique (une bactérie) qui a donné des résultats dans des parcelles expérimentales utilisées dans la lutte contre la brûlure bactérienne. Ces deux produits sont plus coûteux et moins efficaces que la

streptomycine, aussi leur utilisation commerciale n'est pas recommandée pour le moment.

Apogee à la post-floraison : Apogee (prohexadione-calcium) est un régulateur de croissance végétale qui, lorsqu'il est appliqué à la post-floraison, peut contribuer à réduire la croissance végétative des pommiers de 40 %. Comme nous l'avons déjà mentionné, la brûlure bactérienne continue de se propager à l'intérieur de l'arbre et d'un arbre à l'autre tant et aussi longtemps que les arbres poursuivent leur croissance active. Étant donné que les arbres traités avec Apogee cessent de croître plus rapidement, ils sont moins susceptibles de continuer à propager la brûlure bactérienne au cours de l'été. Apogee n'est pas un instrument de lutte contre la brûlure bactérienne : il ne fait que limiter la durée de l'épidémie de brûlure bactérienne durant l'été. Cependant, l'utilisation de Apogee dans la lutte contre la brûlure bactérienne se complique du fait que les applications du produit doivent avoir lieu à la post-floraison, longtemps avant que l'on puisse prédire s'il y aura un épisode de brûlure bactérienne dans le verger. Par ailleurs, le risque de brûlure bactérienne est souvent plus élevé dans les vergers où les arbres sont âgés de trois à six ans, mais si on traite ces vergers avec Apogee, on réduit la récolte parce que les arbres prendront plus de temps à s'épanouir. Apogee peut être un outil efficace dans la lutte contre la brûlure bactérienne dans les vergers matures constitués de cultivars sensibles à la brûlure et qui sont à risque élevé en raison de la présence d'un inoculum résiduel, d'une période de floraison par temps chaud et humide ou encore si on a omis le traitement à la streptomycine durant la floraison. L'utilisation de Apogee sur des arbres plus jeunes risque d'être inefficace à moins que l'on ait des raisons exceptionnelles de penser qu'une flambée très grave de brûlure bactérienne est pratiquement certaine. Apogee ne peut pas être utilisé sur les poiriers : des expériences réalisées dans l'État de New York ont montré que ce produit réduit considérablement la floraison de l'année suivante pour les poires.

Taille de la brûlure bactérienne durant l'été : Quel est le meilleur moyen de venir à bout des infections de brûlure bactérienne dans les vergers constitués de jeunes arbres où l'on n'a pas réussi à éliminer complètement la brûlure durant la floraison? Il est impossible de répondre à cette question par une seule réponse qui s'appliquerait à toutes les situations, et les opinions varient beaucoup quant aux moyens de lutter contre la brûlure bactérienne durant l'été. Voici mes « suggestions » à certaines des questions qui me sont posées fréquemment par les fruiticulteurs qui ont détecté la présence de la brûlure dans leurs plantations.

Q : Devrais-je essayer d'élaguer la brûlure lorsqu'elle apparaît dans les jeunes arbres ou les plants de framboisiers?

R : Certainement, à moins que la brûlure ne soit tellement répandue que le verger ou la plantation soit une perte totale. Les rameaux infectés sur les arbres et les plants de framboisiers devraient être élagués dès que possible après leur apparition. À défaut de quoi, on augmente les risques de propagation de la brûlure. Élaguer les rameaux infectés sur les arbres matures n'est peut-être pas facile, mais les bourgeons terminaux se forment plus rapidement sur les arbres matures qui donnent une pleine récolte que sur les jeunes arbres, aussi la propagation de la brûlure aura tendance à se ralentir d'elle-même dans les gros arbres.

Afin d'éliminer les infections avant que les chancres ne soient trop gros, il faut examiner les arbres au moins deux ou trois fois par semaine tant que l'épidémie n'aura pas commencé à ralentir. Lorsque certains arbres sont gravement atteints, il peut être plus rentable d'éliminer immédiatement l'arbre au complet, surtout s'il s'agit d'un cultivar très sensible comme Gala ou Honeycrisp. L'élimination des arbres gravement atteints facilitera la tâche des personnes chargées de lutter contre la

brûlure et leur permettra de concentrer leurs efforts sur les arbres qui peuvent encore être sauvés.

Les équipes chargées d'éliminer la brûlure bactérienne devraient recevoir une formation leur permettant de reconnaître rapidement les premiers symptômes de brûlure sur les pousses terminales. Ces premiers symptômes se manifestent par l'affaissement de la première ou de la deuxième feuille entièrement déroulée et, si on l'examine de près, on constatera le noircissement de la nervure médiane et du pétiole. On pourra observer également un léger jaunissement de la totalité de la pousse succulente. Il faut éliminer ces pousses en taillant dans le bois d'au moins deux ans jusqu'à au moins 20 à 30 cm (8 à 12 pouces) au-dessous des derniers symptômes visibles. Si un dard ou une pousse située sur l'axe central montre des signes de brûlure, tailler immédiatement dans le bois de l'axe central jusqu'à 20 à 30 cm (8 à 12 pouces) sous les symptômes visibles. L'élimination immédiate et radicale évite d'avoir à procéder à des tailles répétées dans le même arbre et pourrait contribuer à diminuer le nombre d'arbres perdus par suite de la brûlure des porte-greffes.

Q : Est-il nécessaire de procéder à la désinfection des outils entre les tailles?

R : Paul Steiner a montré qu'il est inutile de désinfecter les outils parce que de petits chancre se formeront rapidement sur les extrémités des moignons, qu'ils aient été désinfectés ou non. Plutôt que de perdre son temps à désinfecter les outils, Steiner recommande de faire des tailles dans tous les arbres âgés d'au moins deux ans où les bactéries ont moins de chances de se multiplier. De plus, il faut laisser des « moignons » en taillant les branches entre les nœuds et à plusieurs pouces au moins de l'axe central. Les petits chancres qui se forment sur ces branches pourront ensuite être éliminés lors de la taille hivernale alors que l'on risque d'oublier les petits chancres qui s'installent sur une taille à ras de l'axe central.

Un conseiller horticole californien a signalé qu'il n'avait pas transmis la brûlure bactérienne avec ses outils après avoir effectué volontairement des tailles dans des chancres infectés par temps sec. Toutefois, il a transmis la brûlure à l'aide de ses outils lorsqu'il a procédé à la taille par temps humide. On devrait normalement suspendre les opérations d'élimination de la brûlure par temps humide, mais ce n'est pas toujours possible. Par mesure de précaution, on devrait tout de même désinfecter les outils si l'on est forcé d'éliminer la brûlure par temps humide.

Q : Est-ce que le bois de taille infectés par la brûlure devraient être enlevés du verger?

R : Probablement pas. Par temps sec, les pousses infectées par la brûlure peuvent être placées au milieu des rangées pourvu qu'on les laisse sécher complètement avant de les déchiqueter avec une tondeuse. Les bactéries de la brûlure bactérienne ne survivront pas dans du bois mort et sec. Le bois est « complètement sec » lorsque l'écorce ne se détache plus facilement des branches qui ont été taillées et que l'écorce externe et le cambium ont brûlé. Dans les vergers à haute densité, en transportant le bois de taille à l'extérieur du verger on risque de propager davantage la brûlure que si l'on laissait les tailles à sécher au milieu des rangées.

Q : Que pensez-vous de l'idée de tailler la brûlure par temps humide ou pluvieux?

R : Dans la mesure du possible, on ne devrait éliminer la brûlure que par temps sec. Cependant, il faut bien peser les risques de propagation de la brûlure qui découlent de la taille par temps humide par rapport aux risques de donner libre cours à une infestation. Avec des cultivars très sensibles comme Gala, j'opterais pour la taille des rameaux infectés dès que possible, même si pour cela il faut procéder dans des conditions météorologiques loin d'être idéales.

Q : Puis-je procéder à l'éclaircissage à la main ou au pincement des bourgeons

pendant que la brûlure est active dans le verger?

R : Évitez ces activités jusqu'après l'apparition des bourgeons terminaux. En retardant l'éclaircissage à la main, vous récolterez peut-être de plus petits fruits, mais les risques de propagation de la brûlure sont plus importants que les avantages rattachés à un éclaircissage à la main précoce.

Documentation et sites Web qui peuvent être utiles :

Van der Zwet, T., et S. V. Beer. 1999. Fire blight—its nature, prevention, and control. U.S. Dept. Agric., Agriculture Infor. Bull. 631. 91 p.

Van der Zwet, T. et H. . Keil. 1979. Fire blight: A bacterial disease of rosaceous plants. U.S. Dept. Agric., Agriculture Handbook 510. 200 p.

University of California. 2001. Disease Model Database: Fire Blight. California Pestcast. Statewide IPM Project.

<<http://www.ipm.ucdavis.edu/DISEASE/DATABASE/fireblight.html>>

Smith, T.J. 2000. Current models. North Central Washington Tree Fruit Web Page, Washington State University. <<http://www.ncw.wsu.edu/models.htm>>

Steiner, P. W. 1998-2000. Special fire blight section. West Virginia Univ. Kearneysville Tree Fruit Research and Extension Center Web Page (A. L. Biggs, editor).

<http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/wvufarm10.html>

FIRE BLIGHT: A DEVASTATING DISEASE OF APPLES AND RASPBERRIES

David Rosenberger
Professor of Plant Pathology
Cornell University's Hudson Valley Laboratory, Highland, NY

Fire blight is a bacterial disease caused by *Erwinia amylovora*. Fire blight occurs on many different hosts, but it causes the greatest economic losses on apples and pears. It occasionally affects red raspberries and both thorny and thornless blackberries. Host plants such as crabapple, hawthorn (*Crataegus*), cotoneaster (*Cotoneaster*), firethorn (*Pyracantha*), and mountain ash (*Sorbus*) are of commercial interest primarily because infected plants in ornamental plantings can provide inoculum for infecting nearby orchards. Fire blight symptoms are illustrated in many fruit grower bulletins (See Van der Zwet and Beer, 1999).

Little research has been done on fire blight of raspberries and blackberries. Scientists in North Carolina, Maine, and Illinois have shown that strains of *E. amylovora* that infect raspberries and blackberries cannot infect apple shoots, and that the strains from apple and pear do not cause disease on bramble hosts. These reports suggest that fire blight will not readily spread from brambles to pome fruits or from pome fruits to brambles. However, the disease cycle for fire blight is presumed to be similar for both brambles and pome fruits.

Fire blight terminology

Scientists working on fire blight use various terms to refer to specific aspects of fire blight in apple and pear orchards.

A *strike* is an infected terminal shoot as it appears soon after the infection becomes visible.

Blossom blight refers to symptoms that develop following infection of flowers.

Shoot blight refers to symptoms that develop following infection of shoot tips. Differentiating blossom blight from shoot blight can be difficult because both result in wilting and death of terminal shoots. Blossom blight can be distinguished by finding the dead flower clusters that usually remain attached at the base of shoots killed by blossom blight.

Canker blight refers to infections and shoot death that result from extension of over-wintering cankers. Thus, canker blight can occur in previously-infected orchards even when no new infections have occurred during the season when canker blight appears.

Fruit blight refers to infections initiated in fruit. Fruit blight can occur as a result of hail (thus, a form of trauma blight) or from infections that occur during summer when rapid temperature declines during afternoon thunderstorms cause bacteria to be drawn into the fruit.

Rootstock blight refers to infections of blight-susceptible rootstocks on trees where the tree trunk above the graft union remains alive.

Trauma blight develops when infections occur as a result of injury from hail, wind, or

frost.

Life cycle

Fire blight over-winters in cankers on infected hosts. During spring, bacteria ooze from the canker and are spread to blossoms by insects and splashing rain. Fire blight epidemics usually originate with blossom infections because open blossoms are the most susceptible infection site on host plants. Bacteria reproduce rapidly in infected flowers and dying flower clusters, and those bacteria are then spread by insects and splashing rain to succulent shoot tips where they initiate shoot blight. The bacteria can rapidly colonize and kill entire branches and large limbs by spreading internally through the host tissue from infected blossoms and shoots.

Following infection, *E. amylovora* continues to invade and kill new host tissue so long as shoots are actively growing. Cankers enlarge faster in rapidly growing trees than in trees that are growing more slowly. In fact, canker extension stops completely and shoots become resistant to infection when trees set terminal buds and stop growing in mid to late summer. In early summer when fire blight infections expand rapidly, canker margins are indistinct and tissue beneath the bark at the canker margins show a gradual transition between healthy and dead tissue. Later in summer, as the trees stop growing, canker margins become more distinct and the inner bark shows a clear line of separation between healthy and diseased tissues.

Host susceptibility

Susceptibility of host plants to fire blight infection is affected by genetic resistance, inoculum dose, plant nutrition, tree age, weather, and interactions among these factors. Most pears are highly-susceptible to fire blight. Among raspberries, the cultivars Latham, Boyne, Royalty, Fallgold, Algonquin and the selection K81-6 have been mentioned as particularly susceptible to fire blight.

Apple cultivars differ significantly in their susceptibility to fire blight, but relative susceptibility rankings vary by geographic region and by the methods used to generate the rankings. In my opinion, highly-susceptible cultivars include Honeycrisp, Cameo, Gala, Ginger Gold, Idared, JerseyMac, Jonathan, Jonamac, Jonagold, Macoun, PaulaRed, Rhode Island Greening, and Rome Beauty. Moderately susceptible cultivars include Cortland, McIntosh, Spartan, and Golden Delicious. Moderately resistant cultivars include Delicious, Empire, and Liberty. Given ideal conditions for infection (high inoculum levels, warm and wet weather during bloom), even moderately resistant apple cultivars can become infected with fire blight. However, the disease will invade branches more slowly and cause less damage in moderately-resistant cultivars than in highly-susceptible cultivars.

Fire blight spreads most rapidly in vigorously growing plants. High nitrogen levels in trees promote rapid extension growth and favor severe fire blight. The correlation between high vigor and severe fire blight helps to explain why trees that are 3-6 years old are especially susceptible to fire blight. Younger trees usually have few blossoms and therefore escape blossom blight, and older trees usually carry enough crop to limit vegetative shoot growth and thereby limit the severity of fire blight. Susceptible apple cultivars are especially vulnerable when they are 3-6 years old because they usually have enough flowers to allow blossom blight and enough vigor to promote rapid canker expansion. Furthermore, young trees often continue active growth later into the summer, thereby extending the season during which blight

remains active in the trees.

Control strategies

No single control strategy will provide complete control of fire blight. In regions where fire blight is a threat, growers must use a combination of control measures to minimize risks of fire blight.

Winter pruning: Visible fire blight cankers should be removed during winter pruning. Not all cankers will harbor bacteria over winter, but one or two active cankers can supply enough inoculum to infect many additional hectares of orchard in the next season.

Copper spray at bud break: Copper fungicides applied at bud break can reduce viable inoculum released by cankers that were missed during winter pruning. No one has proven exactly how copper applied at bud break works to reduce blossom blight, but my hypothesis is that copper residues often persist on the bark and help to keep bacterial populations low during bloom. (In seasons when there is more than 8 cm of rain between the copper application and bloom, the benefit of the copper spray may be lost. Copper applications should not be made after the 1-cm green bud stage, however, because the enlarging buds will often retain enough copper residue to cause russetting on the developing fruitlets. A copper spray at bud break is recommended only for orchards that had fire blight symptoms during either of the previous two growing seasons. There is no reason to apply copper to orchards that never had fire blight.

Streptomycin sprays during bloom: In orchards where inoculum is present, streptomycin sprays must be applied during bloom if temperatures are warm enough to allow multiplication of the bacteria in flowers. Streptomycin protects only those blossoms that are open when the spray is applied, so multiple applications may be needed to cover blossoms as they open.

Streptomycin formulations contain 17% active ingredient and should be applied at a rate of 600 g of formulated product per 1000 L of dilute spray. Tree-row volume calculations can be used to determine the volume of dilute spray required to completely wet trees of various sizes, and the amount of streptomycin in the tank can then be concentrated as needed to provide adequate dosing of larger trees. Large trees may require 1.8 kg/ha. Rates for small trees should never be reduced below 600g of formulated product/ha. Streptomycin coverage in blossoms can be enhanced by applying Regulaid or a good silicone-based spreader with streptomycin. If more than two applications are required during a single bloom period, the rate of streptomycin applied in the third and any subsequent sprays can be reduced by one half if Regulaid or a silicone spreader is included in the spray tank. Multiple applications of streptomycin may cause marginal yellowing on terminal leaves that were unfolding as sprays were applied, but the marginal yellowing does not harm trees or fruit. Streptomycin should not be applied after bloom because post-bloom applications contribute to development of streptomycin-resistant strains of *E. amylovora*. The only exception is that streptomycin should be applied within 24 hours after a hail storm to prevent trauma blight in orchards where blight is present at the time of the hail storm, provided that making such applications will not violate the preharvest limitations noted on the product label.

Several models are available to assist growers in determining the best timing for streptomycin applications during bloom. MaryBlyt, the most commonly used model in eastern North America, is a computer program developed by Paul Steiner and Gary Lightner in Maryland. The user enters tree bud stages, daily maximum and minimum temperatures, and wetting periods that occur each day. The computer program uses various degree-day programs to estimate the rate at which new flowers open, population increases for *E. amylovora* in the open flowers, and probability that infections may occur on any given day during bloom.

Four conditions must be met before MaryBlyt predicts blossom infections will occur: trees must have open flowers, the mean temperature for the day must be at least 15.6°C, open flowers must have been exposed to 110 degree hours above 18.3°C, and flowers must be wetted by rainfall or heavy dew. The wetting is required to wash the bacteria from the flower stigmas (where the bacteria grow) to the flower nectaries where they cause infection. MaryBlyt notes that risk of infection for each day is low if only one of the four factors is positive, medium if two are positive, and high if three of the four are positive. In most cases no infection will occur until all four factors favor infection. If forecasted temperatures and wetting periods for the next three to four days are entered into the MaryBlyt program, potential blossom blight infection periods can be predicted and streptomycin can be applied just ahead of the predicted infection.

The "Cougar Blight" program developed by Dr. Tim Smith in Washington State uses similar data and methods for calculating infection risks. Instead of using a computer-based program, however, risk is calculated using data tables. The Cougar Blight program is available free of charge at the web-site noted at the end of this paper.

Could model predictions have helped to predict the fire blight problem in Quebec in 2002? Table 1 shows the MaryBlyt predictions using the 2002 weather data from Rougement. Local observers suggested that bloom was completed by 29 May, but MaryBlyt predicted no fire blight infections if the bloom period terminated on that date. However, if one assumes that a few flowers remained on trees for an additional four days, then MaryBlyt predicts that infections could have occurred on any day between 29 May and 1 June. In most seasons, the greatest risk of infection occurs toward the end of bloom or close to petal fall when only a few late flowers remain on the trees.

Two new products recently received registrations for controlling blossom blight in the United States. Messenger (harpin protein) is a bioactivator that stimulates natural resistance mechanisms within plants. Serenade is a biocontrol (a bacterium) that has provided some control of fire blight in research plots. Both of these products are more expensive and less effective than streptomycin, so they are not recommended for commercial use at this time.

Apogee at petal fall: Apogee (prohexadione-calcium) is a plant growth regulator that, when applied at petal fall, can reduce vegetative growth of apple trees by 40%. As noted earlier, fire blight continues to spread within and between trees only so long as trees are actively growing. Because trees treated with Apogee stop growing sooner, they are much less susceptible to continued spread of fire blight during summer. Apogee does not control blossom blight: it only limits the duration of the fire blight epidemic during summer. However, using Apogee to control fire blight

is complicated by the fact that Apogee applications must be made at petal fall, long before anyone can know if any fire blight will show up in the orchard. Furthermore, fire blight risk is often greatest in orchards that are three to six years old, but applying Apogee in these orchards will reduce yield because it will take longer for trees to fill their spaces in the orchard. Apogee can be a useful tool for controlling fire blight in mature orchards of blight-susceptible cultivars that have a high blight risk because of carry-over inoculum, a warm wet bloom period, or missed streptomycin sprays during bloom. Using Apogee on younger trees is likely to be counterproductive unless there are exceptional reasons for believing that a severe fire blight outbreak is almost certain to occur. Apogee cannot be used on pears: experiments in New York showed that Apogee significantly reduced return bloom on pears.

Pruning out fire blight during summer: What is the best way to deal with fire blight strikes in young orchards where blight was not completely controlled during bloom? No single answer can be applied to all situations, and there are numerous opinions concerning details relating to blight management during summer. Below my “best guesses” for some of the questions commonly raised by growers who find fire blight in their plantings.

Q: Should I try to prune out fire blight when it appears in young trees or in raspberry plantings?

A: Absolutely, unless blight is so severe that the orchard or planting is beyond hope. Strikes on trees and raspberry plants should be pruned out as soon as possible after they appear. Failure to do so increases the likelihood that blight will continue to spread. Pruning out infections in mature trees may not be practical, but mature trees with a full crop will set terminal shoot buds earlier than young trees and spread of blight in larger trees will therefore be more self-limiting.

Table 1: MaryBlyte predictions for 2002 based on weather at Rougement, Quebec

Date	Bud stage	Temperature (°C)			rain (mm)	Degree hr >18.3	Risk Predictions*					
		Max	Min	Mean			BI	DH	W	Mt	Risk	
19 May	Pink	10.7	1.5	6.1	0	0						
20 May	BL	12.0	-1.7	5.1	0.7	0	+	-	+	-		M
21 May	BL	13.6	2.8	8.2	0	0	+	-	-	-		L
22 May	BL	19.9	0.4	10.1	0	0	+	-	-	-		L
23 May	BL	25.2	4.6	14.9	0	40	+	-	-	-		L
24 May	BL	22.7	-0.5	11.1	0.6	0	+	-	+	-		M
25 May	BL	16.5	-1.3	7.6	0	0	+	-	-	-		L
26 May	BL	19.8	7.9	13.8	4.2	0	+	-	+	-		M
27 May	BL	25.0	5.1	15.0	0	40	+	-	+	-		M
28 May	BL	26.3	13.9	20.1	0	107	+	-	-	+		M
29 May	BL	28.5	15.8	22.1	0.8	213	+	+	+	+		I
30 May	BL	24.5	16.5	20.5	36.1	280	+	+	+	+		I
31 May	BL	23.7	11.7	17.7	19.8	213	+	+	+	+		I
1 June	BL	24.9	10.9	17.9	3.1	160	+	+	+	+		I

* BI = bloom present, DH = more than 110 degree-hours base 18.3, W = rain or wetting occurred, Mt = mean daily temperature > 15.6°C. Risk levels are L= low, M = medium, H = high, and I = Infection.

order to remove strikes before cankers extend too far into the tree, trees must be examined at least two or three times weekly until the epidemic begins to slow. Where individual trees are severely affected, it may be more cost-effective to immediately remove the entire tree, especially if trees are a highly-susceptible cultivar like Gala or Honeycrisp. Pulling out badly affected trees will allow blight removal crews to focus their efforts on trees that can be salvaged.

Blight removal crews should be trained to recognize the early symptoms of blight on terminal shoots. On terminals just beginning to show symptoms, the first or second fully expanded leaf will droop and closer examination will show blackening along the mid-vein at the base of the leaf blade. The entire shoot tip may appear to be slightly yellowed. Remove such shoots by cutting back into two-year-old wood at least 8-12 inches below the last visible symptoms. If a spur or shoot on the central leader shows signs of blight, immediately remove the central leader down to 8-12 inches below the last visible symptom. Immediate and aggressive removals reduce the need for repeated pruning in the same tree and may result in fewer trees lost to root stock blight.

Q: Is it necessary to disinfect pruning tools between cuts?

A: Dr. Paul Steiner showed that disinfecting pruning tools is a waste of time because minute cankers often form on the ends of cuts even when pruners are disinfected. Instead of wasting time disinfecting pruning tools, Steiner recommended making all cuts into at least 2-year-old wood where bacteria will be less able to multiply. Also, leave "ugly stubs" by cutting branches between nodes and at least several inches away from the central leader. Small cankers that form on these stubs can then be removed during winter pruning whereas a small canker that forms at a flush cut on the central leader will be missed during winter pruning.

An extension specialist in California reported that he failed to transmit fire blight with pruning tools when he purposely made cuts through active cankers in dry weather. However, he succeeded in transmitting blight on pruning tools when pruning was done in wet weather. Blight removal operations should usually be suspended in wet weather, but that is not always possible. As a precaution, perhaps pruning tools should still be disinfected if blight removal must be done in wet weather.

Q: Must fire blighted prunings be removed from the orchard?

A: Probably not. In dry weather, blighted shoots can be placed in the row middles so long as they are allowed to thoroughly dry before they are chopped up with a mower. The fire blight bacteria will not survive in dead, dry wood. "Thoroughly dry" means that the bark no longer slips on the pruned-out branches and the outer bark and cambium have turned brown. With tightly spaced orchards, carrying prunings out of the orchard may spread more blight than what occurs when prunings are left to dry in the row middles.

Q: What about pruning out blight in damp or rainy weather?

A: In the ideal world, blight removal would only be done in dry weather. However, one must weigh the risks of spreading blight by pruning in wet weather versus the risks of giving the epidemic a head start. With highly susceptible cultivars like Gala, I would opt to remove blight as quickly as possible, even if that meant that some removal would be done in less than ideal weather.

Q: Can I do hand thinning or bud pinching while blight is active in the orchard?

A: Avoid these activities until after terminal bud set. Delaying hand thinning may result in some loss of fruit size, but risks of spreading blight out-weigh the benefits of early hand-thinning.

Summary: The only control for fire blight in raspberries is to prune out infected tissue or to removed infected plants. Controlling fire blight in apples requires multiple approaches including pruning out cankers during winter, using copper sprays at bud-break in orchards with a history of blight, using a model to time streptomycin sprays during bloom, and removing strikes as they appear during summer. In northern production regions such as Quebec, the probability of having recurrent fire blight epidemics is fairly small because temperatures during bloom are usually too cold to allow blossom infections. In the absence of new blossom infections, fire blight can often be eliminated from an orchard within several years. Inoculum levels within cool growing regions usually remain relatively low, further reducing the threat of new infections.

Useful literature and web sites:

Van der Zwet, T., and S. V. Beer. 1999. Fire blight—its nature, prevention, and control. U.S. Dept. Agric., Agriculture Infor. Bull. 631. 91 p.

Van der Zwet, T. and H. . Keil. 1979. Fire blight: A bacterial disease of rosaceous plants. U.S. Dept. Agric., Agriculture Handbook 510. 200 p.

University of California. 2001. Disease Model Database: Fire Blight. California Pestcast. Statewide IPM Project.
<<http://www.ipm.ucdavis.edu/DISEASE/DATABASE/fireblight.html>>

Smith, T.J. 2000. Current models. North Central Washington Tree Fruit Web Page, Washington State University. <<http://www.ncw.wsu.edu/models.htm>>

Steiner, P. W. 1998-2000. Special fire blight section. West Virginia Univ. Kearneysville Tree Fruit Research and Extension Center Web Page (A. L. Biggs, editor).
<http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/wvufarm10.html>