

Description des produits bactéricides, de lutte biologique et éliciteurs

Vincent Phillion

Cette fiche regroupe la plupart des produits dont l'utilité pour la gestion des maladies est centrée sur la répression du feu bactérien. Le cuivre et la bouillie soufrée, qui sont aussi utilisés pour lutter contre le feu bactérien, sont décrits dans la [fiche 50](#).

Le Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) du pommier effectue une mise à jour régulière de cette liste et diffuse les ajouts et retraits par le biais de communiqués. Consultez la [fiche 9](#) pour en savoir plus sur le RAP.

NOTE : Pour une information complète et à jour sur les pesticides, visitez le service en ligne d'information sur les pesticides du gouvernement du Québec (<http://www.sagepesticides.qc.ca>) et du Canada (<http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/index-fra.php>).

Bactéricides

Dans la plupart des pays, l'utilisation des antibiotiques en pomiculture n'est pas permise. Au Canada, deux antibiotiques sont homologués pour lutter contre le feu bactérien. Dans les régions où leur usage est restreint à la période florale les problèmes de résistance sont à peu près inexistantes. Comme aucune résistance aux antibiotiques n'a été rapportée au Québec, les deux antibiotiques homologués pourraient être utilisés en rotation pour prévenir la résistance. Cette rotation n'est pas nécessaire si les traitements antibiotiques sont parcimonieux. Le mélange des antibiotiques n'apporte pas de gain particulier et n'est pas suggéré. Consulter la [fiche 106](#).

STREPTOMYCIN 17WP (sulfate de streptomycine) : La streptomycine est l'antibiotique le plus utilisé pour réprimer le feu bactérien. Dans plusieurs états américains, une utilisation abusive (notamment en été) a conduit à une perte d'efficacité complète. L'étiquette canadienne de ce produit ne prévoit pas de dose officielle par hectare. La dose « traditionnelle » de streptomycine (100 ppm d'ingrédients actifs) est de 1,8 kg/ha dans 2800 L/ha sur des pommiers standards. Cette approche n'est pas préconisée dans les vergers commerciaux où les traitements sont réalisés avec un pulvérisateur à jet porté usuel. Un volume d'eau élevé n'est pas nécessaire pour obtenir une bonne couverture. La dose peut être ajustée à la dimension des arbres (ex. : 1 kg/ha) et être appliquée dans un petit volume d'eau. Des tests réalisés à l'IRDA ont démontré que les traitements avec de petites gouttelettes à volume réduit (225 L/ha) étaient plus efficaces que les traitements à volume élevé (450 L/ha) pour une même dose à l'hectare¹.

Selon les cultivars, la streptomycine peut être légèrement phytotoxique et provoquer un jaunissement (chlorose) si la concentration dans le réservoir est plus grande que 1 kg dans 250 L d'eau (voir photo). Cette phytotoxicité bénigne n'a pas de conséquences². La dose appliquée ne devrait jamais être moindre que 600 g/ha. À la dose minimale, l'efficacité peut être insuffisante, notamment quand le risque est élevé ou lors de traitements dans les heures suivant l'infection. La dose de 600 g/ha est en usage dans certains pays (Kunz, Triloff comm. pers), mais seulement pour des applications avant l'infection. À la dose correctement ajustée, la streptomycine est efficace au moins 24 h en post infection même quand la température extérieure est élevée^{2,3}.



Phytotoxicité marginale suite à une application de streptomycine sur le cv Cortland

Le produit est stable pendant plusieurs années à la température pièce⁴ s'il est conservé à l'abri de la lumière. Le contenant original (opaque) est adéquat pour la conservation. Le produit peut tolérer une exposition temporaire à une température plus élevée, mais l'efficacité pourrait être réduite.

Les applications en mélange avec un surfactant (Regulaid) sont largement recommandées aux États-Unis, mais ce produit n'est pas disponible au Canada et substituer l'adjuvant peut nuire à l'efficacité. Les applications de streptomycine en mélange avec d'autres pesticides (ex. : fongicides) sont fréquentes aux États-Unis, malgré une étude qui démontre une absorption moindre notamment pour des mélanges avec le Captan, la dodine et le soufre⁵. Comme les tests sur fleurs détachées réalisés à l'IRDA ont montré une bonne efficacité des mélanges, cette baisse d'absorption potentielle ne semble pas assez importante pour justifier des traitements séparés. En fait, le mélange de Captan et de streptomycine en parcelles de verger s'est avéré plus efficace que la streptomycine appliquée seule (2019). Cependant, la streptomycine demeure incompatible avec les produits très alcalins⁶ (ex. : bicarbonate, cuivre fixe) et très acides.

KASUMIN 2L (2 % kasugamycin) : La kasumine a été homologuée comme alternative à la streptomycine dans les états où la résistance était présente. En absence de résistance, ce produit n'a pas beaucoup d'intérêt. Le délai avant récolte de 90 jours empêche son utilisation dans les cultivars hâtifs (ex. : Paulared). À dose équivalente, cet antibiotique est aussi efficace que la streptomycine. Cependant, contrairement à l'étiquette américaine, le taux d'application au Canada est limité à 5 L/ha, ce qui correspond à la moitié de la dose de Streptomycine. Dans des tests à l'IRDA, une dose de 10 L/ha de Kasumin (40 \$/L, 400 \$/ha) était nécessaire pour obtenir une efficacité similaire à la pleine dose de streptomycine (1,8 kg/ha, 167 \$/kg = 300 \$/ha). Un plus grand nombre de foyers de feu a été observé dans les parcelles traitées à la dose réduite de Kasumine⁷. Cependant, dans d'autres tests la Kasumine à 5 L/ha était aussi efficace que la streptomycine au moins 24 h en post infection même quand la température extérieure était élevée³.

Lutte biologique et extraits de plantes

Les produits de lutte biologique homologués pour lutter contre les maladies du pommier sont principalement utilisés pour réprimer le feu bactérien, mais certains sont également homologués

contre la tavelure. Ils comprennent des bactéries (*Pantoea*, *Pseudomonas*, *Bacillus*), une levure (champignon) antagoniste et des extraits de plantes comme l'ail et la Renouée de Sakhaline. D'autres produits à l'étude (ex. : les virus bactériophages) mais non homologués sont inclus. La plupart des produits homologués portent une mention « d'efficacité moindre », mais le vocabulaire porte à confusion.

Par exemple, l'étiquette française du « Serenade MAX^a » précise que c'est un produit « préventif à large spectre pour la suppression de plusieurs maladies des plantes ». Le mot « suppression » est une traduction erronée. En anglais, le mot « suppression » est défini par l'ARLA comme : « consistent control at a level which is not optimal but is still of commercial benefit », autrement dit d'une efficacité restreinte mais tout de même utile. Selon les normes linguistiques de l'ARLA, le terme « répression » aurait dû être utilisé^b, mais ce terme ne reflète pas non plus la nuance d'efficacité partielle. En français, on devrait plutôt privilégier « atténuation » ou « réduction » significative de la maladie.

Dans certaines circonstances, ils peuvent néanmoins rivaliser d'efficacité avec leurs homologues classiques et leur utilité en PFI est indiquée. Aucun de ces produits n'est considéré à risque pour le développement de résistance. Ils sont tous admissibles en production biologique.

a. <http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/SerenadeMA.pdf>

b. Lignes directrices concernant l'efficacité des produits phytosanitaires, DIR2003-04

Bactéries antagonistes

Au Canada, trois bactéries antagonistes (*Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* et *Pantoea agglomerans*) ont été homologuées exclusivement pour la lutte contre le feu bactérien (*Erwinia amylovora*). Une quatrième bactérie (*Bacillus subtilis*) est homologuée pour réprimer différentes maladies dont le feu bactérien. D'autres bactéries (ex. : *Bacillus mycoides*) sont en cours d'homologation. Ces bactéries ont différents modes d'action qui incluent l'activation des mécanismes de défense de la plante, la production de composés antibiotiques et la compétition pour occuper la fleur. Ces produits ne sont pas aussi efficaces qu'un simple traitement antibiotique bien ciblé. Il est possible d'augmenter l'efficacité des bactéries antagonistes dans une stratégie combinée avec la streptomycine.

BLIGHTBAN et **BLOOMTIME** : Pour des raisons commerciales, aucun de ces produits homologués n'est facilement disponible. Sauf exception (voir BLIGHTBAN A506), les produits à base de *Pantoea* et *Pseudomonas* doivent être maintenus congelés jusqu'à leur utilisation et ne peuvent être congelés plus d'une année. Ils ne doivent pas être utilisés à proximité de nouvelles plantations de conifères. L'utilisation combinée de *Pantoea* et *Pseudomonas* n'est pas recommandée. À l'exception des traitements avec BLIGHTBAN C9-1, aucun traitement de cuivre ne peut précéder ou suivre un traitement avec ces organismes puisque ces bactéries sont sensibles au cuivre. L'eau chlorée des municipalités n'affecte pas la viabilité des bactéries.

BLIGHTBAN A506 (*Pseudomonas fluorescens*, souche A506) : En plus de son efficacité pour réprimer le feu bactérien, *P. fluorescens* est un antagoniste des bactéries qui provoque la nucléation de la glace et peut parfois contribuer à diminuer les dommages de gel lorsque les traitements sont débutés avant le bouton rose. La souche A506 peut également réprimer certaines bactéries responsables du roussissement. Ces deux usages sont homologués aux USA. La souche A506 peut tolérer un mois à 4 °C ou une semaine à la température pièce avant l'application.

BLIGHTBAN C9-1 (Nufarm, *Pantoea agglomerans*, souche C9-1) : Dans les tests, le C9-1 était toujours plus efficace que la souche E325.

BLOOMTIME BIOLOGICAL FD (NAP, *Pantoea agglomerans*, souche E325) : Incompatible avec les produits à base de cuivre. Dans certains tests américains, le produit n'a aucune efficacité⁸.

DOUBLE NICKEL LC (*Bacillus amyloliquefaciens*, souche D747, Certis) : Ce produit contient la bactérie ainsi que des produits de fermentation. Comme le Serenade, Double Nickel (DN) a un spectre d'usage large, mais d'efficacité limitée. En pomiculture, il est seulement homologué pour la lutte contre le feu bactérien. Il n'est pas efficace contre la tavelure. Compatible en mélange avec le cuivre (ex. : Cueva, oxychlorure). Le mélange avec le cuivre atténue la roussissure liée au cuivre⁹⁻¹¹. Cependant, dans le cas des infections sur fleurs, l'effet du Double Nickel seul est variable^{3,8,12} et le mélange avec le cuivre n'augmente pas toujours l'efficacité du cuivre^{3,10,12}. Des traitements réguliers du mélange Double Nickel et de cuivre (ex. : Cueva, 5 L/ha) à partir du stade chute des pétales atténue partiellement la propagation du feu^{9,13} en protégeant les pousses en croissance. Cependant, cet effet du mélange n'est pas confirmé dans tous les tests. Le consensus des chercheurs impliqués (réunion de 2019 à Traverse, Michigan) est que le produit n'est pas assez efficace pour être recommandé.

LIFEGARD (*Bacillus mycoides*, Certis) : Homologation prévue en 2019. Efficacité contre la suie/moucheture et la pourriture amère. L'efficacité contre le feu bactérien est variable. Le produit n'a montré aucune efficacité dans les tests de l'IRDA en 2018.

SERENADE MAX, ASO, ou OPTIMUM (*Bacillus subtilis*, Bayer) : Tous ces produits contiennent la souche QST 713 de la bactérie *Bacillus subtilis*, ainsi que ses produits de fermentation (lipopeptides), mais la concentration de la version « optimum » est plus élevée¹⁴. En plus de l'efficacité comme antagoniste du feu, Serenade Optimum a une certaine efficacité contre la tavelure¹⁴ et le blanc. Par contre, la tavelure n'apparaît pas sur l'étiquette de **SERENADE ASO**. Serenade n'est pas efficace contre les pourritures de fruit (ex. : pourriture amère), ou la suie-moucheture¹⁴. Vu l'efficacité limitée des produits à base de *Bacillus*, les formulations de **SERENADE** devraient être utilisées seulement en prévention, sous des pressions de maladie faibles et en rotation avec d'autres produits. Les formulations de **SERENADE** ne sont pas actuellement considérées utiles en PFI mais peuvent avoir une utilité dans un contexte de production biologique.

Levure antagoniste

La levure noire *Aureobasidium pullulans* est un champignon ubiquiste, c'est à dire qu'elle est présente partout et dans différents environnements (sol, air, eau). On la retrouve souvent sur la surface de différentes plantes, dont le pommier où elle survit comme épiphyte, sans affecter son hôte. Elle est néanmoins associée à certains problèmes de roussissure des fruits. Certaines souches de cette levure ont été sélectionnées pour leur efficacité contre différentes maladies du pommier, notamment contre le feu bactérien et les pourritures d'entrepôts. Le mode d'action de la levure pour réprimer le feu bactérien est complexe. La levure a peu d'effet sur la multiplication bactérienne. Cependant, une fois appliquée la levure colonise la corolle de la fleur et empêche l'entrée des bactéries dans la plante (infection). La levure acidifie la fleur naturellement à pH = 6, et l'abaisse à 5 ce qui inhibe le mouvement bactérien (chimiotaxie) qui n'est actif que lorsque le pH est entre 5 et 8. Le tampon (acide citrique et tampon phosphate) (pH = 4) en mélange avec la levure aide à abaisser le pH et agit en synergie. L'acide citrique (citrate¹⁵) a une efficacité réduite quand il est appliqué seul.

BLOSSOM PROTECT (*Aureobasidium pullulans*) : Ce produit a été homologué au Canada en 2013 comme alternative à l'utilisation des antibiotiques pendant la floraison pour réprimer le feu bactérien. Ce produit est incompatible en mélange avec la plupart fongicides usuels¹⁶ et les

traitements contre la tavelure doivent être faits en tenant compte de cette contrainte.

Contrairement à la mention de l'étiquette du produit, le mélange de Blossom Protect est néanmoins possible¹⁶ avec les fongicides suivants : le soufre (ex. : KUMULUS) (mais pas la bouillie soufrée), les AP (ex. : SCALA, VANGARD) et certains SDHI (ex. : LUNA TRANQUILITY et FONTELIS, mais pas APROVIA) et certains IBS moins puissants (ex. : KENJA). Les fongicides « incompatibles » (ex. : Bicarbonate, Captan, cuivre, folpan, fluazinam, etc.) peuvent être néanmoins être utilisés un jour avant ou deux jours **après** un traitement avec BLOSSOM PROTECT sans nuire à l'efficacité. En gros, le tampon inclus avec le Blossom Protect peut « neutraliser » un fongicide appliqué la veille et permettre à la levure de s'installer. Cependant, une fois le Blossom Protect en place il faut laisser au moins 36 h pour permettre à la levure de s'installer avant d'appliquer un fongicide incompatible.

La streptomycine, Apogee, le chlorure de calcium, l'urée et la plupart des adjuvants peuvent être mélangés sans problème au Blossom Protect.

Les applications de Blossom Protect devraient être faites le soir pour éviter les périodes de température très élevées parce que la chaleur ralentie la levure (Kunz, comm. pers.). Comme le feu bactérien est également fortement ralenti par la chaleur (> 28 °C), le temps additionnel requis par la levure pour s'installer n'a pas de conséquence sur son efficacité.

- **Dose :** Le texte de l'étiquette est tiré d'un modèle européen de dosimétrie (dose par hauteur de canopée) qui est différent du système américain. La dose suggérée par l'étiquette du Blossom Protect (10,5 kg/ha du composant A + 1,5 kg/ha du composant B) est une recette qui peut être modifiée selon la taille des arbres. Pour des arbres de dimension « usuelle » (ex. : 60 % à 75 % de TRV), la dose suggérée par l'étiquette est appropriée. Pour des arbres plus gros (ex. : TRV de 100 %) il faudrait jusqu'à 15,75 kg/ha du composant « A » et 2,25 kg/ha du composant « B ». Pour des arbres plus petits, ajustez les quantités en maintenant la proportion entre le composant A et le composant B. La cuve doit toujours contenir 7x plus de tampon que de levure.

Une fois la dose fixée, le volume d'eau par hectare n'est pas un facteur déterminant. Contrairement à la mention de l'étiquette, il n'est pas nécessaire d'appliquer 500 ou 1000 L/ha de bouillie. Les applications peuvent être faites « en concentré » dans aussi peu que 180 L/ha (ou même moins) comme tous les traitements à bas volume; dans la mesure où la bouillie est agitée en permanence et que l'équipement le permet.

Le tampon (10,5 kg/ha du composant A) doit être ajouté à la cuve avant la levure (1,5 kg/ha du composant B).

Quand les applications sont limitées à deux par année, cette levure n'engendre habituellement pas de roussissure sur pommes. Des applications additionnelles en fin de floraison peuvent être problématiques¹⁷. Les poires à peau lisse sont plus sujettes à des problèmes de roussissure. Comme le mélange de Blossom Protect est acide (tampon), il ne doit pas être utilisé dans les blocs où du cuivre a été traité dans la semaine précédente par risque d'augmenter la phytotoxicité du cuivre. De plus, comme Blossom Protect limite l'utilisation des fongicides durant la période florale, un traitement fongicide efficace contre la roussissure pourrait être requis dans les blocs sensibles où la levure est appliquée. Contrairement aux données publiées sur l'étiquette, le produit peut être conservé à moins de 8 °C (réfrigérateur) et être utilisé jusqu'à 30 mois après fabrication. Le produit peut également être congelé lors de l'achat (congélateur domestique) et il gardera son efficacité pendant plusieurs années, à condition qu'il ne subisse pas de cycle de gel/dégel (S. Kunz, comm.

pers).

Maximum deux traitements sur : Golden, Jonagold, Idared. Sécuritaire jusqu'à quatre traitements sur la plupart des variétés tolérantes à la roussissure, incluant Gala.

Extraits de plantes

On trouve dans la littérature des références à différents extraits de plantes pour lutter contre les maladies du pommier. Certains de ces extraits sont homologués aux USA comme par exemple des extraits d'huiles essentielles (thym, etc.) Aucun de ces produits n'est très efficace et leur coût est la plupart du temps prohibitif. Cependant, il est possible qu'avec un tensioactif approprié, certains deviennent utiles (ex. : Thyme guard + Cohere³ ou Top film¹⁸). Ces extraits ne sont pas homologués au Canada. Seulement deux extraits de plantes sont homologués en pomiculture au Canada : l'ail et la renouée de Sakhaline.

BURAN (poudre d'ail) : L'ail a des propriétés qui peuvent s'avérer utiles pour réprimer certaines maladies comme le blanc et la tavelure. Par contre, dans les tests comparatifs rendus publics, l'efficacité du fongicide BURAN était assez faible^{19,20}. L'activité contre le blanc serait favorisée par l'ajout d'un surfactant non ionique (0,1 % v/v). Compte tenu de l'efficacité assez faible et du coût, le BURAN n'est pas actuellement considéré utile en PFI.

Regalia® Maxx (*Reynoutria sachalinensis*, 20 %) : La renouée de Sakhaline est un éliciteur des mécanismes de défense des plantes (voir cette section). Le Regalia n'a donc pas d'effet direct sur les agents pathogènes. Au Canada, le Regalia est homologué pour la répression partielle du blanc, des pourritures de fruits dues à *Alternaria*, du complexe suie-moucheture, de la pourriture blanche (*Botryosphaeria dothidea*) et de la pourriture amère (*Colletotrichum*). Ce produit n'a pas été testé sous nos conditions et les résultats d'efficacité publiés ailleurs ne permettent pas de conclure que ce produit est utile en PFI.

Virus bactériophages

Les virus de bactéries ne sont pas homologués au Canada mais sont à l'étude. Par exemple, le produit américain Fire Quencher est testé, mais n'est pas fiable en verger⁸.

Éliciteurs des mécanismes de défense et régulateurs de croissance

Certains produits agissent un peu comme des vaccins et activent les mécanismes de défense naturels du pommier. Cette activation n'est pas instantanée et il peut s'écouler jusqu'à deux semaines avant qu'un effet soit mesurable. De plus, leur efficacité qui est toujours partielle dépend de bonnes conditions d'absorption. Utilisés seuls, ces produits sont parfois assez efficaces pour réprimer le feu bactérien ou la tavelure quand la pression de la maladie est assez faible. Lorsqu'utilisés en mélange, ou dans le cadre d'un programme de traitements, ils peuvent augmenter l'efficacité quand la pression des maladies est élevée. Les produits dans cette catégorie comprennent actuellement des dérivés de la chimie des phosphonates (ex. : **ALIETTE**, **PHOSTROL**) qui ne sont pas nécessairement homologués pour réprimer les maladies, mais qui sont vendus comme engrais foliaire. Ils comprennent aussi le prohexadione-Ca (APOGEE), utilisé comme régulateur de croissance et pour lutter contre le feu bactérien et réprimer en partie la tavelure en été. D'autres éliciteurs sont homologués sur la pomme aux USA (ex. : ACTIGARD (BION)). Ce dernier présente souvent une bonne efficacité contre le feu bactérien, mais les résultats contre la tavelure sont variables (essais PEPS, France).

Phosphonates

Les phosphonates sont des produits dérivés de l'acide phosphoreux ($\text{HPO}(\text{OH})_2$). Ils sont aussi connus sous le nom de phosphites ou alors d'acide phosphonique. Ils sont habituellement vendus sous forme de sels de sodium, potassium et ammonium, mais d'autres formes existent, notamment le phosphonate de calcium, zinc, silicium et cuivre²¹. Bien qu'ils contiennent du phosphore, ils ne doivent pas être confondus avec les engrais à base de phosphates. Les ions phosphites sont absorbés dans les plantes, mais ne sont pas impliqués directement dans la nutrition. Ils sont néanmoins éventuellement convertis en phosphates par certaines bactéries du sol. Cette forme particulière de phosphore a un effet direct sur certains agents pathogènes, mais également un effet éliciteur sur les mécanismes de défense des plantes. À cause de ces effets variés, ils ont un spectre d'efficacité vaste mais inégal. Leur action dans la pomme comprend une efficacité directe bien documentée sur la pourriture du collet, mais pas contre les spores de la tavelure²². Par contre, les phosphonates ont une efficacité partielle comme éliciteurs contre la tavelure^{21,22}, le feu bactérien et la pourriture du cœur. En été, les phosphonates sont partiellement efficaces contre le complexe suie-moucheture et peuvent contribuer à diminuer la progression du feu bactérien, mais ne sont pas efficaces contre les pourritures estivales.

Les phosphonates les plus efficaces contre la tavelure (cuivre, silice, zinc et calcium)²¹ ne sont pas en usage commercial contre ces maladies.

Même s'ils sont classés par le FRAC (groupe 33), ces produits présentent un faible risque de résistance. Une fois absorbés par les racines ou les feuilles, ils sont véhiculés partout dans la plante. Ce sont les seuls produits avec à la fois une activité systémique acropétale (qui monte dans la plante) et basipétale (qui descend vers les racines). L'utilisation des phosphonates avec des surfactants (tensioactifs), des engrais foliaires ou des adjuvants qui augmentent l'absorption peut conduire à des réactions phytotoxiques. De même, les phosphonates utilisés de concert avec certains ions métalliques comme les fongicides à base de cuivre peuvent provoquer une trop grande absorption de ces métaux et conduire à une phytotoxicité. En été, les traitements avec des phosphonates peuvent provoquer une chlorose (jaunissement) foliaire. Les applications par temps très chaud ($> 32\text{ °C}$) peut causer des brûlures des fruits. Finalement, lorsque le pH de la bouillie appliquée est faible ($\text{pH} < 5,5$), les traitements en concentrés ($< 500\text{ L/ha}$) peuvent être phytotoxiques²³.

Les phosphonates sont très persistants et des résidus peuvent être détectés dans les fruits plusieurs années après la dernière application sur l'arbre²⁴. De plus, certaines formulations contiennent de l'azote qui n'est pas recommandé en été²⁵. Pour ces raisons, leur utilisation en PFI est sujette à controverse. Les phosphonates sont interdits en production biologique²⁶.

ALIETTE WDG (fosétyl-aluminium) : Fongicide de la compagnie Bayer. Ce produit est le premier homologué de la famille des phosphonates. C'est le seul produit de cette catégorie qui soit actuellement homologué au Canada comme fongicide sur le pommier. Il est homologué contre la pourriture du collet et la tache vésiculeuse de la pomme, mais cette maladie qui est surtout restreinte à quelques cultivars dont Mutsu, Jonagold et Golden, est absente au Québec et n'est pas décrite dans ce guide.

PHOSTROL (Phosphites monobasique et dibasique de sodium, de potassium et d'ammonium. 53,6 %) : Homologué contre la suie-moucheture.

Différents produits comme WINFIELD PHOSPHITE, RAMPART, PROPHYT, et AGRI-FOS qui sont homologués sur d'autres cultures au Canada et dans certains cas sur le pommier aux États-Unis

contiennent du phosphonate de potassium, mais d'autres produits contiennent différents phosphonates (calcium : System-Cal, cuivre, etc.)

Régulateurs de croissance

Le prohexadione de calcium est un régulateur de croissance qui inhibe la synthèse des gibbérellines. Il était à l'origine surtout utilisé pour son efficacité à ralentir la croissance végétative, ce qui réduit les besoins de taille et favorise la coloration et la qualité des fruits. Par ailleurs, cette molécule a aussi un effet éliciteur qui a pour effet de réduire la sévérité du feu bactérien sur pousse, l'incidence de la tavelure du pommier²⁷ et également la roussissure sur fruits. Les produits à base de prohexadione-Ca doivent être appliqués sur des pousses en croissance et doivent être bien absorbés pour agir. Les traitements sont généralement recommandés à la floraison, mais peuvent cependant commencer plus tôt, au bouton rose^{28,29} pour réprimer à la fois le point amer et le feu bactérien. Un programme de prohexadione-calcium débutant à la chute des pétales peut au contraire augmenter les risques de point amer. Sur les jeunes arbres en croissance, une seule application au stade bouton rose peut réduire les risques de feu, sans compromettre la croissance qui reprendra en cours d'été.

La dose d'emploi est très variable selon la vigueur et la dimension des arbres. L'effet sur le feu bactérien commence à des doses très faibles alors que le contrôle de vigueur requière des doses plus élevées. Il est donc possible de tirer bénéfice du régulateur de croissance pour lutter partiellement contre le feu bactérien sur des jeunes arbres (deux à cinq ans)³⁰ sans nuire à la croissance.

Dose par application du régulateur de croissance Apogee ou Kudos.

Dimension	Vigueur faible*	Vigueur moyenne	Vigueur élevée
Gros arbres (100 % TRV)	625 g/ha	810 g/ha	1350 g/ha
Arbres nains (67 % TRV)	420 g/ha	540 g/ha	900 g/ha

*Effet partiel contre le feu bactérien sans effet notable sur la croissance³⁰ ou pour les traitements débutant au bouton rose²⁸.

Comme pour la plupart des produits phytosanitaires, le volume d'application n'est pas déterminant. Le prohexadione-ca est efficace même lorsque le volume de bouillie appliqué à l'hectare est faible (traitements en concentré)²⁸.

Le pH optimal de l'eau de pulvérisation doit être entre 4 et 5,5³¹. L'eau alcaline et/ou à forte teneur en calcium nuisent à l'absorption du produit. Le produit sera absorbé par la plante en deux heures quand l'eau est acidifiée, mais peut prendre jusqu'à huit heures quand l'eau est alcaline³¹.

En présence de calcium dans l'eau, l'ajout de sulfate d'ammonium (ratio 1:1, ex. : 1 kg sulfate d'ammonium pour 1 kg de Apogee) restaure l'activité³². Les étiquettes précisent que l'ajout d'Agral 90 (0,5 mL/L) peut améliorer l'efficacité lorsque les conditions ne sont pas propices à l'absorption. Les applications de calcium (ex. : chlorure de calcium) devraient être décalées quelques jours après l'application du prohexadione-Ca.

Ce régulateur rend l'éclaircissage plus difficile et il faut en tenir compte pour le contrôle de charge. Finalement, l'étiquette recommande de ne pas appliquer APOGEE sur le cultivar Empire³³, parce qu'il pourrait provoquer la formation de liège ou le fendillement des fruits. Il y est également mentionné que le produit peut réduire le rendement et la qualité du cultivar Cortland. Les essais réalisés au Québec et en Ontario n'ont pas permis d'observer de problèmes, mais les traitements

effectués sur ces cultivars devraient être faits avec précaution sur des surfaces limitées.

Traitement d'urgence : Dans les blocs où des symptômes de feu bactérien sur fleurs viennent d'apparaître (symptômes frais, avant qu'ils virent bruns), il est possible de limiter la propagation du feu en débutant dès que possible un programme de deux traitements à la dose maximale homologuée.

Produits commerciaux : Deux formulations commerciales sont disponibles. À peu près rien ne distingue les formulations. Cependant, des différences mineures d'efficacité sont possibles.

- **APOGEE :** (BASF). Prohexadione de calcium (27,5 %).
- **KUDOS :** (Bartlett). Prohexadione de calcium (27,5 %).

Stérilisation de surface

Les produits générateurs de peroxydes peuvent tuer rapidement les bactéries et les spores de champignons à la surface des feuilles, mais offrent peu de rémanence et leur efficacité est donc restreinte dans le temps. Cette approche est efficace, mais les feuilles/fleurs traitées peuvent être rapidement colonisées à nouveau.

OXIDATE : Admissible en production biologique. Partiellement efficace contre le feu bactérien et contre le blanc. Compatible en mélange avec le soufre.

Références

1. Philion V, Joubert V. Effect of dose rate, spray volume, tractor speed, and their interaction on the efficacy of streptomycin for the management of fire blight, 2019. Plant Dis Manag Rep 2019;14:PF029.
2. Luepschen NS, Parker KG, Mills WD. Five-year study of fire blight blossom infection and its control in New York. Ithaca, N.Y.: Cornell University Agricultural Experiment Station, 1961.
3. Cox KD, Villani SM, Ayer K, Tancos KA. Evaluation of bactericide and chemical regulator programs for the management of fire blight on 'Idared' apples in NY, 2015. Plant Dis Manag Rep 2016;10:PF014.
4. Regna PP, Wasselle LA, Solomons IA. The stability of streptomycin. J Biol Chem 1946;165:631.
5. Shaffer WH, Goodman RN. Compatibility of streptomycin with some fungicides and insecticides. Plant Dis Report 1964;48:180-1.
6. Parker KG, Fisher EG, Mills WD. Fire blight on pome fruits and its control. New York State College of Agriculture, 1956.
7. Philion V. Trials to optimize the use of biological products and other solutions for season long fire blight suppression in Canadian orchards, 2009. 2010.
8. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS, Kilmer SW. Fire blight control and phytotoxicity by biopesticides on Gala apple, 2015. Plant Dis Manag Rep 2016;10:PF026.
9. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS, Kilmer SW, Borden, M.A. L, Repass, J.K. Shoot blight suppression, fruit finish, and summer disease control by Cueva and Double Nickel on Gala apple, 2013. Plant Dis Manag Rep 2014;8:PF023.
10. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS, Kilmer SW. Fire blight blossom blight and fungal disease suppression and fruit finish effects by coppers and Blossom Protect, 2014. Plant Dis Manag Rep 2015;9:PF020.

11. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS, Kilmer SW, Kowalski A. Fire blight blossom blight test on Idared apple, 2017. *Plant Dis Manag Rep* 2018;12:PF036.
12. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS. Early season timing of MasterCop for fire blight suppression on Idared apple, 2014. *Plant Dis Manag Rep* 2015;9:PF008.
13. Yoder KS, Cochran AE, Royston WS, Kilmer SW. Shoot blight suppression, summer disease control, and fruit finish by post-bloom applications on Gala apple, 2014. *Plant Dis Manag Rep* 2015;9:PF018.
14. Lalancette N, Blaus L, Feldman P. Evaluation of Serenade Optimum and Lime-Sulfur for Disease Management in Organic Apple Orchards. *Fruit Notes* 2017;82:9-13.
15. Sands DavidG, McIntyre JohnL. Citrate and tartrate sprays for reduction of *Erwinia amylovora* and *Pseudomonas syringae*. *Plant Dis Report* 1977;61:823-7.
16. Compatibility of Boni Protect®, Boni Protect® forte, Blossom Protect™ or Botector® with plant protection agents, plant strengtheners, fertilizers or additives. Bio-Ferm, 2017 août.
17. Rosenberger D. Adjusting spray programs to suppress fruit russet and minimize phytotoxicity risks for apples. *N Y Fruit Q* 2014;22:3-8.
18. Cox KD, Ayer K, Kuehne S. Evaluation of bactericide programs for the management of fire blight on « Gala » apples in NY, 2016. *Plant Dis Manag Rep* 2017;11:PF003.
19. Philion V, Joubert V. Evaluation of fungicides for different spray timings, rates, and spray volumes to control apple scab, 2015. *Plant Dis Manag Rep* 2016;10:PF023.
20. Philion V. Intégration du bicarbonate de potassium contre les maladies du pommier. MAPAQ, 2017 mars9. Report No.: IRDA-1-14-AD24. Disponible sur : www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/AD24_Rapport.pdf.
21. Hailey LE, Percival GC. Comparative Assessment of Phosphite Formulations for Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Control. *Arboric Urban For* 2014;40.
22. Felipini RB, Boneti JI, Katsurayama Y, et al. Apple scab control and activation of plant defence responses using potassium phosphite and chitosan. *Eur J Plant Pathol* 2016;145:929-39.
23. Cowgill Jr WP, Oudamans P, Ward D, Rosenberger D. Not understanding phytotoxicity can damage your bottom line. *Fruit Notes* 2013;78:15-23.
24. Malusà E, Tosi L. Phosphorous acid residues in apples after foliar fertilization: results of field trials. *Food Addit Contam* 2005;22:541-8.
25. Philion V. La fertilisation sans nuire à la phytoprotection. Réseau-pommier: production fruitière intégrée. 2019. Disponible sur : <https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=19671>.
26. Organic production systems Permitted substances lists. CAN/CGSB-32.311-2015.
27. Spinelli F, Rademacher W, Sabatini E, Costa G. Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. *Crop Prot* 2010;29:691-8.
28. Cox, Kerik D, Donahue D. New registered uses for Apogee. *Scaffolds fruits journal* 2018;27.
29. Cox, Kerik D, Wallis A. Using Prohexadione-Calcium before bloom for fire blight management. *Scaffolds fruits journal* 2019;28.
30. Cooley DR, Autio WR, Clements JM, Cowgill Jr WP. An Annual Fire Blight Management Program for Apples: An update. *Fruit Notes* 2015;80:29.
31. Rademacher W, Kober R. Efficient Use of Prohexadione-Ca in Pome Fruits. *Eur J Hortic Sci* 2003;68:101-7.
32. Byers RE, Carbaugh DH, Combs LD. Prohexadione-calcium suppression of apple tree shoot growth as affected by spray additives. *HortScience* 2004;39:115-119.
33. Schupp JR, Robinson TL, Cowgill WP, Compton JM. Effect of water conditioners and surfactants on vegetative growth control and fruit cracking of Empire apple caused by prohexadione-calcium. *HortScience* 2003;38:1205-1209.

Principaux partenaires de réalisation et commanditaires:

