

Dernière mise à jour le **14 mai 2018**

Description des fongicides non sujets la résistance

Vincent Philion

Les matières fongicides qui altèrent plusieurs mécanismes dans la biochimie des champignons ne permettent pas la sélection d'individus tolérants (résistants) au sein des populations. On retrouve dans ce regroupement toutes les matières actives plus anciennes et dont la toxicité environnementale et humaine est élevée, mais aussi les sels comme le carbonate qui ne laissent présager aucun risque de résistance et dont la toxicité est faible.

Minéraux et dérivés

Les fongicides minéraux sont les plus anciens en usage. Ils sont utilisés principalement en production biologique. Ils agissent surtout par contact, mais les sels sont également absorbés par des pores moléculaires de la cuticule des feuilles et des fruits^{1,2}, ce qui ouvre la possibilité d'une efficacité restreinte en post infection. Ces produits comprennent le cuivre (depuis 1760), incluant la bouillie bordelaise (1885), le soufre (1824) et la bouillie soufrée (1833). Plus récemment, des essais ont démontré que les sels (ex : CaCl_2) incluant les carbonates (ex : bicarbonate de potassium) pouvaient aussi réprimer les maladies.

Produits à base de cuivre

Le cuivre est un métal lourd qui s'accumule de façon permanente dans les sols et est toxique pour les vers de terre, les poissons, *etc.* Dans plusieurs pays d'Europe, son usage est désormais interdit, ou alors la dose permise à l'hectare est fortement limitée d'ici au bannissement complet. Néanmoins, son efficacité pour combattre à la fois le feu bactérien, la tavelure du pommier et plusieurs maladies secondaires en PFI pousse les producteurs à intégrer annuellement au moins un traitement de cuivre.

Les traitements au cuivre ont démontré depuis plus de 100 ans leur efficacité contre un bon nombre de maladies, mais ils peuvent également être phytotoxiques. Ainsi, les ions de cuivre qui sont toxiques aux bactéries et aux champignons peuvent également causer des dommages aux feuilles et aux fruits. Les essais réalisés aux États-Unis démontrent que les produits à base de « cuivre fixe » (hydroxide, oxychlorure, sulfate tribasique) sont à privilégier par rapport aux produits à base de cuivre soluble (sulfate pentahydraté) et causent moins de phytotoxicité. Nos voisins américains ont accès à différentes formulations avec des adjuvants comme le gypse et d'autres éléments qui ont pour fonction de « fixer » le cuivre. Relativement peu de formulations de cuivre sont légales au Canada sur la pomme en comparaison aux États-Unis. Par exemple, le KOCIDE ou le PARASOL (cuivre fixe, hydroxide) sont couramment utilisés partout dans le monde, mais ne sont pas homologués au Canada, et donc non certifiés sous Canada GAP. En 2016, l'octonoate de cuivre a été homologué au Canada et constitue la seule homologation alternative aux formulations classiques.

L'efficacité des produits cuivrés « classiques » est surtout liée à la quantité de cuivre traitée. Dans ce contexte, il peut être approprié de considérer seulement le coût par kilogramme d'ingrédients actifs

pour guider son choix. Il est possible que cette règle soit inapplicable pour les produits plus récents comme l'octonoate, mais les données disponibles ne permettent pas de garantir que ce produit a une efficacité égale avec moins de cuivre métallique tout en ayant moins d'effets adverses sur l'environnement.

Les doses homologuées sont en général très élevées par rapport à la dose efficace contre les maladies. Par exemple, réduire la dose de 10x (200g de métal par hectare) est suffisante pour combattre la tavelure lorsque les applications sont ciblées. Réduire le volume de bouillie à l'hectare (ex : 250L/ha) lors des applications et viser des périodes de séchage rapide peut grandement diminuer les risques de phytotoxicité du cuivre. Pour éviter la phytotoxicité, le cuivre n'est pas recommandé sur feuillage humide (rosée) ou pendant la pluie. Ce produit n'est donc pas recommandé pendant la fenêtre de germination de la tavelure

Cuivre fixe : Le cuivre « fixe » (peu importe sa formulation) est conçu pour laisser un résidu peu soluble à la surface des feuilles. Lorsque le feuillage est mouillé, les ions cuivre s'échappent lentement de ces dépôts et s'attaquent aux bactéries. Cette libération graduelle du cuivre maintient une efficacité pendant une plus longue période et évite que la concentration d'ions devienne trop grande et provoque l'effet phytotoxique redouté. Il est possible de fabriquer son cuivre fixe (bouillie bordelaise), mais la plupart des producteurs préfèrent acheter le « copper spray » qui est un cuivre fixe déjà formulé.

Bouillie bordelaise : Le botaniste français Millardet a découvert que l'effet phytotoxique du sulfate de cuivre soluble pouvait être grandement atténué en le mélangeant avec de la chaux hydratée. Ce mélange a pour effet de « fixer » le cuivre, soit neutraliser l'acidité du cuivre mis en solution. Cette « bouillie bordelaise » reste donc une option en agriculture biologique, à condition de vouloir faire ce mélange soi-même. La bouillie bordelaise n'est pas admise en PFI. Même si la bouillie bordelaise est plus efficace que l'oxychlorure de cuivre, elle est aussi potentiellement plus phytotoxique et peu compatible avec les autres traitements.

Il existe plusieurs recettes de bouillie bordelaise et une notation un peu particulière. Par exemple, la formule courante à 1 % consiste à mélanger 1 kg de chaux par kilogramme de sulfate de cuivre dans 100 L d'eau, ce qui donne la formulation 1-1-100, soit la même chose que la formulation 10-10-1000 qui est souvent citée sur Internet. Notez que le pH élevé des résidus de la bouillie bordelaise peut inactiver complètement la streptomycine. Il n'est donc pas possible d'appliquer de streptomycine rapidement après un traitement à la bouillie bordelaise, à moins que la pluie ne délave complètement les résidus du traitement avant la fleur.

Recommandations d'usage pour les produits commerciaux à base de cuivre. Pour augmenter l'efficacité fongicide et bactéricide du cuivre et économiser un passage au verger, il est possible de combiner le cuivre fixe et l'huile de dormance dans un même traitement. La fenêtre d'application du cuivre est un peu trop hâtive pour que le mélange réprime entièrement les acariens rouges, mais ce traitement peut réprimer les cochenilles et les pucerons roses (voir la [fiche 78](#)). Il faut profiter des conditions favorables pour l'application d'huile quand elles se présentent. Le mélange peut causer une légère phytotoxicité sur feuillage. Comme les traitements à l'huile sont réalisés à basse vitesse, avec un volume de bouillie plus élevé, la couverture antibactérienne et fongicide n'en sera que

meilleure. L'huile est compatible avec toutes les formulations de cuivre fixe, incluant la bouillie bordelaise.

La quantité d'ions cuivre libérée est fonction de l'acidité de l'eau. Plus l'eau est acide (pH faible), plus les résidus libèrent d'ions cuivre. Inversement, lorsque le pH est alcalin, la toxicité du cuivre envers les bactéries et les champignons diminue parce que moins d'ions sont libérés. La sensibilité au pH continue après l'application. Dans les blocs traités au cuivre, il faut éviter les traitements « acidifiants » avec des produits comme le phosphonate, le LI700 et les bouillies acides en général jusqu'à ce que le cuivre soit lessivé.

L'utilisation de cuivre fixe réduit, mais n'élimine pas les risques de phytotoxicité. Plus le cuivre est appliqué tardivement (ex. : pré bouton rose), plus il risque par la suite d'être « éclaboussé » sur les fleurs et causer une roussissure (rugosité) inacceptable sur les fruits des cultivars Empire, Jonagold, McIntosh, Spartan (entre autres) et une baisse de la nouaison. À l'inverse, le cuivre n'occasionne aucun problème sur Gala ou sur les poires qui tolèrent bien le cuivre.

Le cuivre fixe (oxychlorure 50%) est souvent privilégié par les producteurs parce que plus abordable que le Cueva pour une efficacité jugée similaire.

CUIVRE FIXE/ FIXED COPPER SPRAY(oxychlorure de cuivre, 50%) :Cuivre fixe en formulation. N'ajoutez pas de chaux hydratée au cuivre fixe.

COPPER 53W(sulfate de cuivre tribasique) :Le cuivre « 53W » est un autre cuivre fixe homologué sur le pommier. Comme l'étiquette du « 53W » stipule qu'il faut ajouter de la chaux pour usage sur la pomme, il est rarement utilisé et ne présente pas d'avantage particulier.

CUEVA (10% Octoate de cuivre, 1.8% de cuivre métallique) : La dose homologuée selon l'étiquette canadienne va de 2.5L dans 500L (0.5%) à 20L dans 1000L (2%) par hectare. La quantité de cuivre homologuée varie donc de 45g à 360g/ha, soit un facteur 8x. L'étiquette très vague (#31825, 2015) ne permet donc pas de recommandations précises actuellement. La dose américaine (1% v/v en dilué) correspond à un maximum de 28-30 L/ha dans une parcelle avec un TRV de 100%, soit environ 0.5kg de cuivre métallique par hectare. Une dose similaire est homologuée en Europe. Dans la plupart des vergers, la dose correspondante est donc de l'ordre de 15 à 20 L /ha (TRV entre 50% et 66%).

Produits à base de soufre

Le soufre (toutes les formulations) est un fongicide à action multisites ayant aussi des propriétés acaricides, surtout (et malheureusement) contre les acariens prédateurs. L'utilisation régulière de soufre à dose élevée entraîne souvent des problèmes d'acariens³Il est efficace contre plusieurs maladies fongiques. Par contre, le soufre est peu résiduel et généralement moins efficace que les fongicides de synthèse à moins que les traitements soient réalisés au moment optimum.

L'utilisation de toutes les formulations de soufre comporte un risque élevé de phytotoxicité (roussissure sur les fruits) si utilisés par temps chaud (>28 °C) ou lors d'un mélange avec de l'huile ou tout autre produit contenant des distillats de pétrole. Il faut respecter un minimum d'une semaine avant ou après une application de soufre (ou ses dérivés) pour appliquer de l'huile. Certains

cultivars de fruits sont très sensibles au soufre, alors que d'autres bénéficient des traitements. L'utilisation répétée du soufre à la dose de l'étiquette a un effet cumulatif néfaste sur la physiologie des arbres. L'utilisation répétée du soufre en été peut augmenter les problèmes de pourriture noire ([fiche 110](#)) et d'autres pourritures estivales, probablement par un effet phytotoxique sur les lenticelles des fruits. Une partie des problèmes liés au soufre peuvent être atténués en diminuant la dose.

Il existe trois types de formulations de soufre : 1) le soufre élémentaire presque pur; 2) formulé avec des adjuvants; 3) en mélange avec de la chaux éteinte pour produire la chaux soufrée (voir cette section). Les produits à base de soufre sont tous admissibles en production biologique. Toutes les étiquettes de soufre stipulent un maximum de 8 applications par année. La dose homologuée pour le soufre élémentaire ou formulé (>18kg/ha) n'est pas nécessaire pour être efficace. À dose faible (5 kg/ha), les problèmes associés au soufre sont assez mineurs.

Soufre élémentaire : Le soufre élémentaire peut être utilisé pour les traitements de protection ou de germination contre la tavelure ou le blanc du pommier. Le soufre à 92% est une poudre mouillable qui peut être appliquée avec un pulvérisateur conventionnel mais qui était aussi traditionnellement poudrée sans eau sur les cultures.

SOUFRE MICROFIN : Poudre mouillable (plusieurs fabricants : ex : Bartlett, UAP).

Soufre formulé : Le soufre à 80% est vendu sous différentes formulations granulaires qui permettent de faciliter la dispersion du soufre dans l'eau et de créer une suspension uniforme.

KUMULUS, MICROTHIOL DISPERS, COSAVET DF EDGE : Formulation granulaire des compagnies BASF, United Phosphorus et Engage Agro respectivement.

Bouillie soufrée : Ce produit fongicide aussi connu sous le nom de bouillie nantaise, bouillie versaillaise³, eau de Grison³, bouillie sulfo-calcaïque, polysulfure de calcium, sulfure de calcium (en anglais, calcium polysulfide, lime sulfur ou LLS pour Liquid Lime Sulfur) peut être fabriqué à la ferme, mais les formulations commerciales standardisées sont préférables. La bouillie nantaise est le tout premier pesticide synthétique (fabriqué par l'homme). Il est utilisé à la fois comme traitement insecticide au stade dormant (psylle du poirier, pucerons, cochenille), comme acaricide, bactéricide, agent éclaircissant et comme fongicide. Jusqu'à l'arrivée du [bicarbonate de potassium](#), la bouillie soufrée était le seul fongicide approuvé en agriculture biologique qui pouvait être appliqué pour réprimer la tavelure en traitement postinfection. De plus, la chaux soufrée est efficace contre le complexe suie-moucheture et le blanc. Par contre, la bouillie (pH >11) est incompatible en mélange avec la plupart des pesticides.

L'utilisation répétée de la bouillie soufrée à la dose homologuée est phytotoxique sur feuillage et peut causer une roussissure inacceptable sur certains cultivars (ex. : Gala, Jonagold, Golden³). Cependant, le produit est efficace pour plusieurs applications à partir de 5 L/ha et n'est pas phytotoxique à cette dose réduite. Contrairement aux indications de l'étiquette, la bouillie soufrée peut être utilisée sur feuillage humide, sauf pendant la période critique pour le roussissement ([fiche 108](#)). Le cultivar Red Delicious serait sensible à la bouillie soufrée, même en été.

Pour la tavelure du pommier, la bouillie soufrée est préférablement utilisée sur feuillage mouillée pendant la fenêtre de germination des spores à la dose de 5L/ha). La bouillie soufrée est aussi efficace jusqu'à 300DH après le début de l'infection, mais la dose doit être augmentée à 14L/ha.

En été, la bouillie soufrée est efficace contre la suie-moucheture à une dose faible (7 L/ha) mais pas contre la pourriture noire⁴.

Par ailleurs, la phytotoxicité de la bouillie soufrée peut être utilisée avantageusement lors de l'éclaircissage pour brûler les fleurs après pollinisation et réduire les risques de feu bactérien. La dose d'éclaircissage est de 23 L/ha. L'ajout d'huile de poisson à la bouillie soufrée augmente l'effet d'éclaircissage (voir la fiche sur l'éclaircissage).

Un dérivé de la bouillie soufrée appelé « soufre colloïdal » peut être fabriqué à la ferme en ajoutant simplement du sulfate de fer (500 g/ha) au réservoir contenant la bouillie soufrée commerciale. Cette variation créée par Tafradzhijski est très prisée en Europe de l'est. Le soufre colloïdal serait moins phytotoxique que la bouillie soufrée standard. Ce mélange serait légal dans la mesure où le fer est appliqué comme engrais foliaire.

CHAUX SOUFRÉE(polysulfure de calcium 22 % à 30 % selon la formulation) : La concentration en polysulfure varie selon les manufacturiers et la dose doit être ajustée en conséquence. Contrairement à tous les pesticides liquides dont la densité est proche de celle de l'eau, la densité de la chaux (bouillie) soufrée peut atteindre 1,27 kg/L selon les formulations. Il faut donc en tenir compte dans les calculs de conversion entre les recommandations en poids ou en volume.

Sels inorganiques

Plusieurs sels sont efficaces pour réprimer différentes maladies. Les sels peuvent agir par contact avec les agents pathogènes à la surface des plantes, mais aussi dans la plante. La cuticule des plantes est une barrière généralement efficace pour l'eau et prévient la déshydratation. Cependant, cette barrière n'est pas parfaite et les sels appliqués en solution sur les surfaces aériennes des plantes peuvent être absorbés (ex : l'urée comme engrais foliaire). Le principe s'applique pour le calcium et d'autres éléments. Cette pénétration des sels est passive et résulte d'un processus physique simple. Les sels et l'eau passent lentement la barrière cuticulaire cireuse par des pores

aqueux de dimension moléculaire¹. Tant que la plante demeure mouillée ou que l'humidité relative de l'air reste au-dessus du point de déliquescence du sel (hygroscopicité), les sels continuent d'entrer dans la plante par cette voie. Il est possible de prédire la vitesse de pénétration du sel dans la plante par sa constante de déliquescence. Cependant, comme la pluie lessive également les sels, la quantité réellement absorbée par la plante est limitée par l'intensité de la pluie après le traitement. Des tensioactifs (surfactants) sont nécessaires pour maximiser le contact entre les sels et la cuticule et ainsi maximiser leur pénétration dans la plante.

Carbonates

Les carbonates (mono-hydro-géno et bicarbonate de potassium (ou calcium, ou sodium)) sont des sels très solubles qui n'ont aucune rémanence sur le feuillage dès qu'il pleut. De plus, les carbonates ont une efficacité généralement assez faible contre les champignons. Par exemple, les carbonates peuvent inhiber partiellement la germination des spores de la tavelure, mais seulement à des doses très élevées (ex : K_2CO_3 (9 g/L)⁵). Cependant, les carbonates sont en partie absorbés par la cuticule² et ont donc une efficacité en post infection. Quand les carbonates sont bien synchronisés en post infection et qu'ils peuvent agir sans être lessivés, ils sont efficaces contre la tavelure du pommier. Ils sont aussi connus pour leur efficacité à réprimer le blanc dans plusieurs cultures.

Bicarbonate de potassium : De tous les carbonates (calcium, sodium, etc), le bicarbonate de potassium ($KHCO_3$) a été identifié comme le plus utile en pomiculture. En plus de l'effet fongicide du carbonate, l'apport de potassium contribue aussi à la répression de plusieurs maladies. Le bicarbonate de potassium est utilisé en Europe en pomiculture depuis près de dix ans pour réprimer la tavelure et d'autres maladies. Le bicarbonate est largement utilisé en production biologique puisque ce produit est non toxique, peu coûteux et efficace pour les traitements en post infection. En plus de la tavelure, le bicarbonate est efficace pour réprimer le blanc et le complexe suie-moucheture en été. À dose élevée (>15 kg/ha), le bicarbonate peut aussi aider au contrôle de la charge fruitière⁶.

Pour la tavelure, le bicarbonate peut être utilisé seul en post-infection autant sur feuillage sec⁷ que sur feuillage mouillé. Cependant, la couverture est souvent améliorée lors des applications sur feuillage mouillé. De plus, pour pallier la tendance au lessivage et augmenter l'efficacité, le bicarbonate de potassium est souvent appliqué en mélange avec du soufre élémentaire ([fiche 52](#)) ou vendu formulé pour améliorer sa rémanence. Selon la fréquence d'utilisation et à dose élevée (ex : 10 kg/ha), le bicarbonate de potassium peut provoquer une chlorose (jaunissement) du feuillage. Les nombreuses formulations commerciales de carbonates dans le monde (ARMICARB, ASTRAL, BICARB, KALIGREEN, OMNI PROTECT, TUI ECO-FUNGICIDE, VITISAN) sont souvent plus efficaces que le bicarbonate pur, mais souvent plus phytotoxiques que la matière active utilisée seule.

Restrictions : Ne pas mélanger le bicarbonate avec des agents mouillants non testés ou homologués, des produits ayant des formulations EC ou des produits à base de cuivre liquide. Ne pas modifier le pH de la solution. L'acidification de la solution entraîne une diminution de l'efficacité. Le bicarbonate de potassium est réputé incompatible en mélange avec le chlorure de calcium puisque les deux produits réagissent pour libérer du carbonate de calcium ou du bicarbonate de calcium selon le pH. La recommandation actuelle est de laisser un délai de 5 jours entre les applications de bicarbonate de potassium et de chlorure de calcium. Cependant, cette recommandation pourrait être

changée puisque l'apport de bicarbonate de calcium est en fait bénéfique.

Le bicarbonate de potassium est stable et peut être stocké pendant plusieurs années. Cependant, l'exposition prolongée à une température supérieure à 25°C et à une humidité relative élevée pourrait conduire à une libération graduelle de CO₂ et la formation de carbonate, comme c'est le cas pour le bicarbonate de sodium⁸.

Selon les pays, la dose usuelle de traitement pour le bicarbonate de potassium est de 3 à 9 kg/ha selon la taille des arbres. Dans la plupart des vergers, 4-5 kg/ha suffisent. Quand les conditions sont propices à la roussissure des fruits, le bicarbonate peut augmenter les symptômes, notamment en présence de résidus de cuivre.

BICARBONATE DE POTASSIUM 100% : Une homologation de bicarbonate de potassium «générique» a été obtenue au Québec à l'automne 2016 par Naturpac (coopérative de Deux-Montagnes).

SIROCCO : Une formulation américaine de bicarbonate (MILSTOP) est vendue au Canada par AEF sous le nom de Sirocco.

Autres sels

Chlorure de calcium : Le chlorure de calcium n'a pas d'effet fongicide (du moins pour la tavelure⁵) ou bactéricide direct. Cependant, ce produit exerce différents effets bénéfiques pour lutter contre les maladies. Par exemple, lorsqu'il est utilisé pour l'éclaircissage durant la fleur, le chlorure de calcium réduit indirectement les risques d'infection du feu bactérien. Comme engrais foliaire, le chlorure de calcium réprime en partie la tavelure (feuilles et fruits)⁹, le blanc, la suie-moucheture et la pourriture amère. Les apports répétés de chlorure de calcium diminuent les risques de point amer (désordre physiologique), mais aussi les risques de pourritures en entrepôt (gloeosporioses). Le trempage des fruits après récolte dans le chlorure de calcium est également bénéfique. La plupart des autres formulations de calcium en été (ex : nitrates⁹, chélatés), n'ont pas ces bénéfices et peuvent même empirer les problèmes de maladie (feu bactérien, pourritures d'entrepôt) et des problèmes physiologiques comme le point liégeux¹⁰. Les applications de nitrate de calcium en été peuvent aussi contribuer à l'augmentation des problèmes de cicadelles, pucerons, acariens, tordeuses, etc. Voir la fiche fertilisation pour une stratégie de fertilisation azotée efficace.

Les mélanges de calcium avec les fongicides usuels (ex : Captan, Sovran) diminuent l'absorption du calcium¹¹ et les adjuvants compris dans ces fongicides ne corrigent pas le problème. Le chlorure de calcium est recommandé en mélange avec le bore (Solubor) et augmente l'efficacité du bore¹².

Pour augmenter l'efficacité, le chlorure de calcium peut être mélangé à un agent mouillant pour réduire la tension de surface. La pénétration accélérée du calcium mélangé à l'agent mouillant permet notamment d'éviter le lessivage¹³. Cependant, évitez les conditions qui favorisent une trop grande absorption de calcium qui peuvent mener à une phytotoxicité. Les produits à base d'alkyls

polyglucoside¹⁴ sont à privilégier (voir tensioactifs). Le tensioactif Silwet L77 (organosilicone) est aussi efficace⁹, de même que l'huile de canola¹⁵.

Tensioactifs (Surfactants, agents mouillants)

Les tensioactifs sont utilisés pour faciliter la répartition et pénétration de la bouillie de pulvérisation. Pour les traitements à volume réduit (ex : < 350 L/ha), leur utilité est souvent importante, notamment pour les applications de calcium. Cependant, mélanger des tensioactifs avec des pesticides qui en contiennent déjà peut avoir des effets imprévisibles. De plus, certains produits sont conçus pour abaisser le pH (ex : LI-700), ce qui neutralise l'effet des produits comme le bicarbonate. Les tensioactifs n'ont en général pas d'effet direct sur les maladies. Cependant, les tensioactifs peuvent augmenter l'efficacité des pesticides en améliorant la distribution de la bouillie. Ils ont donc un effet indirect potentiel appréciable dans la gestion des maladies. Par ailleurs, certains produits ont aussi un effet direct sur les spores, notamment pour la tavelure. Le choix du produit est important. Certains tensioactifs non ioniques éthoxylés (ethoxylated surfactants) (ex : Agral, Enhance, Ag-Surf) peuvent nuire à l'absorption du calcium¹¹ ou modifier la couche cireuse et provoquer une phytotoxicité¹⁶ ou une augmentation des maladies. Les tensioactifs doivent être homologués pour la culture.

Silwet L77 (organosilicone) : Facilite la pénétration des engrais. Sécuritaire en pomiculture⁹. Augmente l'effet des insecticides et fongicides¹⁷, mais n'a pas d'effet direct sur la tavelure⁹. Fonctionne pour des solutions à pH élevé¹⁸ et serait donc optimal en mélange avec le bicarbonate de potassium.

Glucopon et Plantacare⁵ (250 ppm) : Ils peuvent inhiber la germination des spores et la croissance du mycelium de la tavelure. C'est probablement le cas des autres membres de cette famille de tensioactifs (polyglycoside, APG ou Alkyl polysaccharide surfactant) (APS). Ces produits (CAS 68515-73-1) sont sur la liste d'exemption de l'EPA parce que sécuritaires sur les aliments (§ 180.910). Ces produits sont sécuritaires pour la culture et pour l'environnement.

Nu-Film-P (0.1%, ex : 0.3 L/ha) : En mélange avec du cuivre ou des fongicides à base de soufre, peut contribuer à une réduction de la tavelure.¹⁹

Liberate : Tensioactif à base de lécithine de soya. Effet neutre sur le pH et n'affecte pas la cuticule.

Huile de canola : Augmente l'étalement des gouttelettes de pulvérisation, ce qui favorise une plus grande surface de contact et une plus grande absorption du calcium¹⁵.

Lait écrémé en poudre : (0.05% m/v de bouillie, ex : 50g par 100L) Augmente considérablement la

rétenion de la bouillie pesticide²⁰.

Fongicides de contact multisites

Les fongicides de contact homologués en pomiculture sont issus de deux grands groupes de fongicides (Dithiocarbamates et Dicarboximides) développés il y a une cinquantaine d'années et le fluazinam (Pyridinamine), breveté il y a un peu plus de vingt ans. Les quinones, qui ne sont plus homologués au Canada, sont présentés dans la liste de parler importance historique et leur utilisation actuelle en pomiculture dans la plupart des pays exportateurs de pommes.

Tous les produits issus de ces familles sont des génériques qui ne sont plus protégés par brevet. Ils partagent une efficacité contre une gamme variée de maladies, incluant la tavelure et le complexe suie-moucheture, mais aucun n'est très efficace contre le blanc du pommier. Ces produits agissent surtout par contact. C'est à dire qu'ils doivent être appliqués avant l'arrivée des spores du champignon visé ou pendant leur germination puisqu'ils ont une efficacité limitée en post infection. À l'exception du fluazinam, ces produits n'adhèrent qu'assez peu à la cuticule des feuilles et ne sont pas absorbés. Ils sont donc lessivés graduellement par les pluies. Vu leurs modes d'actions complexes, ils sont rarement sujets à la résistance et la rotation entre les familles de fongicides de contact ou leur mélange n'est donc pas utile à cet égard. Malgré leurs similitudes, les différents produits ont des particularités propres dont il faut tenir compte dans le choix des produits à traiter.

Dithiocarbamates

Historiquement, les dithiocarbamates ont remplacé le soufre et le cuivre parce qu'ils étaient actifs à des doses moindres et moins phytotoxiques. En plus des maladies réprimées par tous les fongicides de contact, les dithiocarbamates sont efficaces contre la tache ocellée et d'autres maladies mineures. Aux États-Unis, les dithiocarbamates sont surtout prisés pour leur efficacité contre la rouille, une maladie quasi absente au Québec. Aucun cas de résistance n'a jamais été rapporté contre les dithiocarbamates. L'avantage majeur des dithiocarbamates est leur compatibilité en mélange avec la plupart des autres pesticides, les régulateurs de croissance et les engrais foliaires alors que les autres familles de produits ont souvent des restrictions d'usage importantes pour éviter la phytotoxicité. Par exemple, les dithiocarbamates sont compatibles en mélange avec l'huile.

Par ailleurs, les dithiocarbamates ont tous des effets toxiques à des degrés divers contre les prédateurs d'acariens dont il faut tenir compte en PFI. Aucun fongicide de cette famille n'est admis dans les cahiers de charge de PFI de nombreux pays.

Le premier dithiocarbamate à avoir été homologué est le THIRAM. Par la suite, différentes variations ont été découvertes comme le FERBAM et le ZIRAM. Plus récemment dans les années 1960, un sous-groupe (EBDC) comprenant le mancozèbe, (une combinaison de manèbe et de zineb) et le métirame ont été homologués. Chacun se distinguait par les ions (fer, zinc, etc.) coordonnés à la portion dithiocarbamate qui était commune à tous les produits. Les différents ions conféraient aux produits des propriétés particulières et servaient d'engrais foliaire. Les éléments présents dans chaque produit sont indiqués dans la liste.

Le sous groupe des EBDC partage une même toxicologie incluant leur principal produit de

décomposition, l'éthylenthionurée(ETU). Conséquemment, les mêmes restrictions s'appliquent aux EBDC homologués, incluant un délai d'usage de 45 jours avant récolte. Certaines craintes quant à la toxicité du ETU font en sorte que l'homologation du mancozèbe et du metiram font actuellement l'objet d'un projet de retrait qui prévoit que leur usage sera graduellement éliminé ou à tout le moins fortement restreint.

THIRAM 65WP, GRANUFLO T(thirame) : Produit utilisé principalement en mélange avec une peinture au latex pour la prévention des chancre sur le tronc des pommiers. Utilisé comme répulsif contre le campagnol, le lapin et le chevreuil avec des résultats variables. Le THIRAM a été remplacé comme fongicide par d'autres dithiocarbamates parce qu'environ 25 % de la population blanche y est allergique.

FERBAM 76WDG(76% ferbame) :(ions fer) Le FERBAM est le premier dithiocarbamate à avoir été homologué pour réprimer la tavelure du pommier. Le fer contenu dans ce produit laissait à la récolte des traces noires sur les fruits.

Retiré : ZIRAM, ZIRAM GRANUFLO(zirame) :(ions zinc) Les fongicides avec la marque commerciale ZIRAM sont à base du dithiocarbamate « zirame », qui ne doit pas être confondu avec le zinèbe. Le zinèbe n'a pas été homologué au Canada. Le ZIRAM a une très faible phytotoxicité. Le ZIRAM est très facilement lessivé par la pluie et a donc une faible capacité résiduelle par rapport aux EBDC.

Produits en usage courant (2018)

DITHANE, FORTUNA, KINGPIN, MANZATE, PENNCOZEB(75% mancozèbe) : (ions zinc + manganèse) Le mancozèbe est le EBDC le plus utilisé en pomiculture. À la dose homologuée (6kg/ha), il est moins efficace que le captane pour réprimer la tavelure, mais aussi moins cher. La matière active du Captan est environ 2x plus efficace que le mancozèbe, lorsque les doses sont ajustées de façon à rendre leur prix égal, l'efficacité des deux produits est similaire. Les étiquettes mentionnent une possible phytotoxicité sur Golden.

POLYRAM DF(métirame) : (ions zinc) Cet EBDC aurait moins d'effets toxiques sur les prédateurs d'acariens. En comparaison aux autres fongicides de contact, les fruits traités au POLYRAM ont souvent moins de roussissure.

Phthalimides

Classe de fongicides variés issus du groupe des dicarboximides. Dans cette classe, différents fongicides ont été utilisés en pomiculture, dont le DIFOLATAN (captafol) qui a été retiré en 1988. Une seule molécule d'importance de ce groupe est encore homologuée au Canada en pomiculture, soit le captane. Le FOLPAN est aussi homologué sur pommiers, mais pas contre la tavelure. Le

renouvellement de l'homologation du Captan a été confirmée en 2018.

CAPTAN 80WP, SUPRA CAPTAN 80 WDG, MAESTRO(captane) : Le captane est très efficace contre une gamme variée de maladies sur le pommier. Outre la tavelure, il est efficace contre le complexe suie-moucheture et la tache ocellée. Par contre, le captane est légèrement moins efficace que les EBDC pour réprimer le complexe suie-moucheture. Le captane est aussi homologué contre certaines maladies mineures rarement présentes au Québec et qui ne sont pas couvertes dans ce guide (ex. : tache de Brooks).

Pour la tavelure, le Captan est utile en protection, pendant la fenêtre de germination des spores, mais peut aussi stopper la croissance du champignon sous la cuticule³ dans les heures suivant l'infection.

Ces produits possèdent d'excellentes propriétés de redistribution sur le feuillage et protègent bien les fruits. Par contre, le captane est régulièrement impliqué dans des problèmes de phytotoxicité quand les conditions climatiques et certains mélanges favorisent son absorption. Les agents mouillants sont donc à éviter en mélange avec le captane à moins de l'avoir testé. Le mélange d'huile et de captane est notamment très phytotoxique et ne doit pas être utilisé. Les applications de captane sont aussi à éviter dans les sept à dix jours précédant ou suivant une application d'huile. Des conditions nuageuses prolongées qui nuisent à la formation de la cuticule avant une application de captane peuvent suffire pour provoquer des symptômes de phytotoxicité, notamment des taches foliaires semblables à la tache ocellée ([fiche 110](#)) (captan spot). Le mélange soufre et captane ne doit pas être utilisé sur les cultivars reconnus sensibles au soufre. Le guide de traitements de l'université Cornell recommande d'éviter le captane dans les semaines suivant la floraison parce que les réactions phytotoxiques pour ce produit sont de plus en plus difficiles à prédire. Les bouillies avec un pH élevé (ex. : bouillie soufrée, bicarbonate de potassium) peuvent réduire l'efficacité du captane.

FOLPAN(Folpet) : Ce fongicide est homologué au Canada contre les mêmes maladies que le captane, à l'exception de la tavelure. Il est aussi homologué contre la tache alternarienne, mais le diagnostic de cette maladie est ambigu et des traitements ne sont pas nécessairement requis. Le Folpan est également associé à différents problèmes de roussissure. Le FOLPAN 50WP et 80WDG sont classés rouges (inacceptables) selon la cote PFI. Compte tenu de la gamme restreinte de maladies réprimées par ce fongicide, sa cote PFI et les restrictions d'usage, ce produit n'est pas recommandé.

Pyridinamines

Classe de fongicide représentée dans la pomme avec un seul produit.

ALLEGRO 500F(40% fluazinam) : Contrairement aux autres fongicides de contact, le fluazinam n'est pas lessivé par la pluie. Le renouvellement des traitements est donc en fonction de la croissance. Ce produit est homologué pour réprimer la tavelure du pommier, le complexe suie-moucheture et des maladies mineures comme les rouilles, l'alternariose, la pourriture noire, les pourritures estivales (gloesporiose) et le Brooks spot (*Mycosphaerella pomi*). Par contre, son utilité pour les maladies

mineures est limitée par le délai avant récolte de 28 jours.

Pour la tavelure, l'efficacité de la dose maximale homologuée de 1 L/ha est similaire à celle obtenue avec une demi-dose de captane (1,9 kg/ha). L'étiquette indique qu'un minimum de 1000 L/ha soit requis pour la pulvérisation, mais cette recommandation n'est pas nécessaire et les traitements peuvent être faits à volume réduit comme pour les autres produits. Allegro est régulièrement utilisé avec 200L/ha dans d'autres cultures. L'utilisation régulière d'ALLEGRO à la dose maximale réprime partiellement les populations d'acariens phytophages (tétranyque rouge, à deux points, ériophyde). Le produit est compatible avec les traitements d'huile. En PFI, le produit est classé rouge en lien avec l'indice santé alors qu'il est classé « à risques réduits » par l'ARLA.

Quinones

Cette vieille famille de fongicides comprend différents produits dont le dichlone (PHYGON) qui n'est plus homologué dans la pomme, mais qui comprend également le dithianon (DELAN), encore largement autorisé en Europe et ailleurs dans le monde mais jamais homologué en Amérique. Le DELAN est le fongicide multisite le plus utilisé en Europe.

NOTE : La liste est complète en date de publication de ce document. À chaque début de saison, le Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) du pommier diffuse les ajouts et retraits de pesticides par le biais de communiqués. Consultez la [fiche 9](#) pour en savoir plus sur le RAP. 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/ls-re/index-fra.php>).

ATTENTION DOSES RÉDUITES : l'ARLA ne prend pas action contre ceux qui préconisent de telles pratiques, si elles n'entraînent pas de danger pour la santé ou la sécurité humaine ou pour l'environnement et qu'elles ne sont pas destinées à promouvoir la vente de produits antiparasitaires. Si toutefois l'utilisation de doses réduites ou adaptées devait entraîner des pertes pour les utilisateurs, les conseillers ou les organisations qui les recommandent pourraient être tenus responsables de leurs recommandations dans des actions civiles.

Références

1. Schönherr, J. Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *J. Exp. Bot.* **57**, 2471–2491 (2006).
2. Schönherr, J. Foliar nutrition using inorganic salts: laws of cuticular penetration. in *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants* 59477–84 (2001).
3. Lhoste, J. *Les fongicides*. (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 1961).
4. Rosenberger, D. & Cox, K. Integration of OMRI-Approved Fungicides, Sanitation, and Cultural Controls for Managing Summer Diseases on Apples. (2010).
5. Schulze, K. & Schönherr, J. Calcium hydroxide, potassium carbonate and alkyl polyglycosides prevent spore germination and kill germ tubes of apple scab (*Venturia inaequalis*)/Calciumhydroxid, Kaliumcarbonat und Alkylpolyglykoside verhindern die Sporenkeimung und töten Keimschläuche von Apfelschorf (*Venturia inaequalis*) ab. *Z. Für*

Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz *Journal Plant Dis. Prot.* 36–45 (2003).

6. Weibel, F. P., Lemcke, B., Monzelio, U., Giordano, I. & Kloss, B. Successful Blossom Thinning and Crop Load Regulation for Organic Apple Growing with Potassium-bi-carbonate (Armcarb (R)): Results of Field Experiments over 3 Years and with 11 Cultivars. *Eur. J. Hortic. Sci.* 77,145–153 (2012).
7. Kunz, S. & Hinze, M. Assessment of biocontrol agents for their efficacy against apple scab. in *Proceedings of the 16th International Conference on Organic Fruit Growing* (2014).
8. Kuu, W.-Y., Chilamkurti, R. & Chen, C. Effect of relative humidity and temperature on moisture sorption and stability of sodium bicarbonate powder. *Int. J. Pharm.* 166,167–175 (1998).
9. Percival, G. C. & Haynes, I. The influence of calcium sprays to reduce fungicide inputs against apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.). *Arboric. Urban For.* 35,263–270 (2009).
10. Sugar, D., Righetti, T. L., Sanchez, E. E. & Khemira, H. Management of Nitrogen and Calcium in Pear Trees for Enhancement of Fruit Resistance to Postharvest Decay. *HortTechnology* 2,382–387 (1992).
11. Schlegel, T. K. & Schönherr, J. Mixing calcium chloride with commercial fungicide formulations results in very slow penetration of calcium into apple fruits. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167,357–362 (2004).
12. Peryea, F. J., Neilsen, D. & Neilsen, G. Boron Maintenance Sprays for Apple: Early-season Applications and Tank-mixing with Calcium Chloride. *HortScience* 38,542–546 (2003).
13. Grimm-Wetzel, P. & Schönherr, J. Spritzungen mit Calciumchlorid erhöhen die Calcium- und reduzieren die Kaliumkonzentrationen der peripheren Schichten von Apfelfrüchten. *Erwerbs-Obstbau* 49,75–83 (2007).
14. Bai, R. Q., Schlegel, T. K., Schönherr, J. & Masinde, P. W. The effects of foliar applied CaCl₂·2H₂O, Ca(OH)₂ and K₂CO₃ combined with the surfactants Glucopon and Plantacare on gas exchange of 1 year old apple (*Malus domestica* BORKH.) and broad bean (*Vicia faba* L.) leaves. *Sci. Hortic.* 116,52–57 (2008).
15. Yamane, T. Foliar Calcium Applications for Controlling Fruit Disorders and Storage Life in Deciduous Fruit Trees. *Jpn. Agric. Res. Q. JARQ* 48,29–33 (2014).
16. Roy, S. *et al.* Surfactants affect calcium uptake from postharvest treatment of 'Golden delicious' apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121,1179–1184 (1996).
17. Walker, J. T. S., Shaw, P. W. & Stevens, P. J. G. Evaluation of Silwet L-77 as an adjuvant for sprays to control apple pests and diseases. *Proc. NZ Plant Prot. Conf.* 45,274–278 (1992).
18. Knoche, M. Organosilicone surfactant performance in agricultural spray application: a review. *Weed Res.* 34,221–239 (1994).
19. Zimmer, J., Benduhn, B., Mayr, U., Kunz, S. & Rank, H. Strategy to reduce the investment of copper for control of apple scab in organic apple growing. in *Ecofruit. 15th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the conference, Hohenheim, Germany, 20-22 February 2012* 22–28 (Förderungsgemeinschaft Ökologischer Obstbau eV (FÖKO), 2012).
20. Sup, C. H. Retention, Tenacity and Effect of Insecticides in the Fungicidal Control of Apple Bitter Rot. *Korean J. Appl. Entomol.* 9,75–80 (1970).

Cette fiche est tirée du *Guide de référence en production fruitière intégrée à l'intention des producteurs de pommes du Québec 2015*. © Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. Reproduction interdite sans autorisation écrite.

Principaux partenaires de réalisation et commanditaires:

