

Depuis quelques années, on aperçoit dans quelques vergers de pommiers une pourriture surprenante des fruits qui apparaît en plein été. La pourriture amère (« bitter rot ») est une maladie sporadique au Québec mais qui est rapportée aux États-Unis depuis plus d'un siècle¹⁻⁴ et peut malheureusement prendre des proportions importantes certaines années. Cette maladie est parfois considérée comme la plus dommageable sur pommiers⁵ parce qu'elle peut causer la perte entière de la récolte. La pourriture amère est présente dans plusieurs pays producteurs de pommes¹, mais en Amérique la maladie était jadis confinée aux régions au sud des États-Unis⁶ où elle est contrôlée par l'élimination des symptômes et des applications répétées de fongicides en été⁷. Au cours du temps, la maladie est devenue de plus en plus fréquente au nord⁸ et est même devenue une maladie prioritaire en Ontario⁹. Au Québec, la maladie n'était pas mentionnée dans les guides de production avant 2015 et est passée rapidement d'anecdotique, à préoccupante dans des vergers sous régie biologique mais aussi en PFI.

Étiologie (cause)

La pourriture amère est causée par différentes espèces de champignons microscopiques appartenant au genre *Colletotrichum*. Ces champignons qui sont très fréquents en nature causent une maladie qui s'appelle l'antracnose sur la plupart des plantes (à l'exception du pommier) qui peut prendre différentes formes. L'épidémiologie diffère considérablement d'une plante à l'autre pour un même champignon et selon le climat. Les différentes espèces de *Colletotrichum* ne sont pas très spécifiques à leur hôte et coexistent sur les plantes. Le genre *Colletotrichum* est complexe et évolutif; conséquemment la taxonomie et la gamme d'hôtes par espèce ne sont donc pas entièrement résolues^{10,11}.

Néanmoins, plusieurs espèces sur pommiers sont maintenant bien connues et regroupés à l'intérieur de deux complexes d'espèces; *C. acutatum*¹⁰ et *C. gloeosporioides*¹¹ mais qui sont variables selon les pays ([tableau](#)) et difficilement différenciables sans outils moléculaires. L'espèce ou les espèces impliquées au Québec ne sont pas connues, mais se limitent probablement aux espèces de *C. acutatum* et incluent probablement *C. fioriniae*. Même si *C. acutatum* et *C. gloeosporioides* partagent certains traits, leurs différences notamment pour leur température préférentielle et leur sensibilité aux fongicides pourraient avoir un impact pour la lutte, par exemple pour établir le meilleur moment des traitements¹² et le choix des produits¹³.

Les espèces présentes sur pommier s'attaquent à différentes plantes cultivées tant localement (bleuets, fraises, etc.) qu'à l'étranger (amandes, avocats, pêches, etc.) Sur poiriers, la maladie est moins fréquente en Amérique^{3,10} mais est rapportée en Chine¹⁴. À part les plantes cultivées, les espèces de *Colletotrichum* présentes sur pommiers s'attaquent à une gamme variée de plantes indigènes et introduites et aussi parfois à des insectes¹⁵ et à d'autres organismes¹⁶. Par contre, il semble acquis qu'elles ne s'attaquent pas aux graminées^{16,17}.

Les espèces impliquées sont plus ou moins spécialisées selon les symptômes qu'elles provoquent. Par exemple, *C. acutatum* ne produit jamais de symptômes sur le feuillage des pommiers alors que

c'est le cas pour *C. gloeosporioides* dans certains pays. Les espèces de *C. gloeosporioides* sont aussi plus agressives sur fruits¹³. Sur les fruits, la pourriture amère apparaît avant entreposage sous nos conditions, mais en Europe la maladie se déclare surtout lors de l'entreposage¹⁸ et est parfois associée à d'autres maladies appelées collectivement Gloéosporioses. Les gloéosporioses sont fréquentes en Europe¹⁹ et dans l'Ouest américain (Bull's-eye rot) mais sont probablement absentes au Québec. Les gloéosporioses sont généralement associées à d'autres champignons (surtout *Neofabraea* sp.)¹⁹ et ne sont pas traitées ici. De plus, la pourriture amère d'entreposage européenne est peut-être liée à d'autres espèces du groupe *Colletotrichum* que celles présentes au Québec (voir Tableau 1). Malheureusement, toutes ces maladies peuvent être facilement confondues sur la base des symptômes.

Tableau 1. Champignons du genre *Colletotrichum* associés à la pourriture amère du pommier

Symptômes sur pommiers	Groupe (<i>sensu lato</i>)	Champignon	Pays rapportés pour les espèces sur pommiers	Autres hôtes cultivés atteints (exemples)
Fruits seulement	C. <i>glueosporioides</i> (Musae clade) (CGSC)	<i>C. acerbum</i>	Nouvelle-Zélande, Norvège ¹⁸	Amandier, avocatier, bleuet, fraisier, framboisier, manguier, pêcher, olivier, poirier, tomate
		<i>C. fioriniae</i> (<i>Glomerella acutata</i>)	Corée, Italie, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, USA (espèce probable au Québec)	Amandier, avocatier, bleuet, fraisier, framboisier, manguier, pêcher, olivier, poirier, tomate
		<i>C. chrysophilum</i>	USA ²¹	Cacao, avocats, pêches, bananes
		<i>C. noveboracense</i>	USA ²¹	
		<i>C. godetiae</i>	Pays-Bas	Amandier, fraisier, framboisier, merisier, olivier, noyer, tamarillo
		<i>C. nymphaeae</i>	Brésil, Corée, USA	Fraisier, olivier
		<i>C. pyricola</i>	Nouvelle-Zélande	Poirier
		<i>C. salicis</i>	Allemagne, Nouvelle-Zélande, Croatie ²²	Fraisier, tomate, saule
		<i>C. alienum</i>	Nouvelle-Zélande	Avocatier

Symptômes sur pommiers	Groupe (<i>sensu lato</i>)	Champignon	Pays rapportés pour les espèces sur pommiers	Autres hôtes cultivés atteints (exemples)
Fruits et parfois feuillage (<i>Glomerella</i> leaf spot, GLS ²³)	CASC	<i>C. limeticola</i> , <i>C. paranaense</i> , <i>C. melonis</i>		
	CGSC	<i>C. aenigma</i>		
		<i>C. fructicola</i> (<i>Glomerella cingulata</i>)	Australie, Brésil, Chine, USA	Avocatier, caféier, fraisier, nachi, poirier
		<i>C. siamense</i>	USA	Avocatier, caféier, fraisier, pistachier, poivron, vigne
		<i>C. theobromicola</i>	USA ¹³	

Apparition des symptômes

La pourriture amère sous nos latitudes n'apparaît que sur les fruits, il n'y a pas de symptôme foliaire pour les espèces présentes au Québec. La pourriture des fruits est favorisée par les étés chauds, humides et pluvieux. Les fruits peuvent être infectés tout au long de la saison, de la floraison²⁴ à la récolte. Cependant, la plupart des symptômes apparaissent en cours d'été souvent à la suite de conditions chaudes et orageuses. Les premiers symptômes sont assez discrets. Au début, de petites taches circulaires grises ou brunes et peu distinctives apparaissent sur les fruits¹, mais pas nécessairement en lien avec les lenticelles. Ces premiers symptômes peuvent être facilement confondus avec d'autres dommages comme la cochenille de San José²⁰ ou même une phytotoxicité au cuivre.

Par la suite, des lésions circulaires beiges superficielles se forment et s'agrandissent à mesure que le champignon cause une pourriture de la chair du fruit. Le nombre de lésions par fruits peut être très variable. Dans certains cas, le fruit peut être couvert de petites lésions qui progressent peu, mais la plupart du temps le fruit est atteint de quelques lésions qui progressent rapidement³, pouvant atteindre 3 cm en moins d'une semaine⁴. Quand la pomme est tranchée, la progression de la pourriture vers le cœur est souvent en forme de « V » (conique). Quoique caractéristique, ce symptôme n'est pas universel.



Quand la température est très élevée, les fruits peuvent se ratatiner, pourrir entièrement et tomber

au sol ou alors se momifier et rester collés sur l'arbre³. Quand la progression est retardée par du temps plus froid, une marge pourpre apparaît à la marge des symptômes.

À la surface des lésions, des cercles concentriques formés de petites structures appelées acervules apparaissent assez tôt pendant la progression des symptômes¹. Parfois, les acervules ne suivent pas ce patron et sont plutôt aléatoires³. Lorsque les conditions sont très favorables à la sporulation, soit une humidité très élevée et une température entre 20 °C et 30 °C, une masse gélatineuse rose-orangé ou saumon peut être libérée par les acervules à la surface des fruits.



Cette masse de spores (conidies) prend rapidement une allure plus croûtée et racornie par temps sec.



La sporulation est un signe caractéristique pour un diagnostic fiable de l'infection par *Colletotrichum*. Cette maladie est la seule à produire une sporulation aussi colorée⁸. Il est souvent possible de confirmer le diagnostic en laissant les fruits 48 h à température pièce²⁶ dans un sac de plastique. La sporulation est favorisée dans ces conditions. La pourriture noire des fruits (*Botryosphaeria* sp.) cause des symptômes similaires sur fruits, incluant une structure noire (pycnide) mais ne sporule pas comme *Colletotrichum*. Les symptômes plus âgés des deux maladies

sont noirs et impossibles à différencier. Sur le bois, les symptômes sont difficiles à distinguer. De plus le champignon colonise souvent des branches affectées par d'autres maladies.

Épidémiologie

Survie hivernale au verger

Les fruits infectés laissés au sol, tous les fruits momifiés et restés dans l'arbre² ou tombés au sol¹, les pédoncules accrochés aux arbres¹, les bourgeons à fruit^{18,19}, les chancres associés à plusieurs maladies (ex. : feu bactérien^{1,6,27}, pourriture noire, chancre européen, dépérissement nectrien) et les diverses branches mortes laissées dans les arbres^{1,2} peuvent héberger *Colletotrichum* et maintenir des sources de spores résidentes du verger, parfois pendant plusieurs années. Comme les sources au sol peuvent se décomposer et ne permettent pas des éclaboussements de spores aussi importants que les sources dans les arbres, elles sont moins inquiétantes.



Dépérissement nectrien dans l'arbre hébergeant *Colletotrichum*, à l'origine de la pourriture amère sur le fruit à proximité. (crédit photo : Yvon Morin)



Bourgeon de pommier hébergeant *Colletotrichum* (sporulation après incubation au laboratoire) (crédit photo : Arne Stensvand, NIBIO)

Autres modes de survie

Sur les feuilles mortes et sur le sol, le champignon peut survivre assez longtemps quand les conditions sont sèches, mais meurt rapidement dès que le sol ou la litière sont humidifiés et colonisés par d'autres micro-organismes. Ce n'est donc pas un mode de survie significatif pour

passer l'hiver. De plus, même si certaines espèces du champignon (*Glomerella acutata*, *G. cingulata*) peuvent produire à l'occasion des ascospores à l'intérieur de périthèces sur les surfaces atteintes (reproduction sexuée, stade parfait), cette phase de la maladie est rarement rapportée en nature pour *G. acutata*¹³ et ne contribue probablement pas non plus de façon significative à l'épidémiologie de la maladie sous nos conditions^{2,16}. Finalement, *C. fioriniae* qui est probablement l'espèce la plus fréquente sur pommiers²¹ peut aussi infecter et tuer la cochenille de la pruche¹⁵. Son association à des écosystèmes forestiers via des insectes laisse donc présager d'autres modes de survie.

Dissémination et survie estivale.

Les spores produites sur les différents hôtes de ce champignon, incluant les pommes affectées, peuvent se propager par éclaboussement, la plupart du temps à la faveur des pluies. Lors d'orages violents, la pluie entraînée par le vent peut disséminer les spores sur d'assez grandes distances et coloniser d'autres cultures incluant les vergers où la maladie était absente. Les insectes attirés par la masse gélatineuse de spores sur les fruits peuvent aussi accidentellement aussi transporter les spores⁴.

Les spores qui sont disséminées en cours de saison peuvent survivre assez longtemps sur les surfaces où elles atterrissent sans nécessairement provoquer de symptômes. Il faut donc distinguer la contamination (arrivée des spores) de l'infection. On parle alors d'infections quiescentes ou latentes qui peuvent par la suite se développer (ou non) si les conditions sont favorables. Parfois le champignon produit même des spores sans passer par une infection et survit donc discrètement, le plus souvent sur des feuilles (épiphyte)¹⁶. Le champignon se nourrit alors sans nuire à la plante qui l'héberge (biotrophe). Ainsi, d'autres plantes malades ou non comme les pommiers pollinisateurs, les champs de fraisiers avoisinants, des arbres comme le marronnier²⁸ et même les mauvaises herbes peuvent être impliquées et servir en tant que réservoirs d'inoculum en cours de saison sans qu'il n'y paraisse.

Infection des fruits

Comme l'agent pathogène est endémique dans plusieurs vergers et que la maladie est sporadique⁶, il faut conclure que l'arrivée des spores de ce champignon à la surface d'un fruit sain suite à une pluie ne suffit pas pour provoquer la pourriture des pommes. Pour que la maladie se déclare, le champignon doit changer de personnalité sur le fruit et passer d'un état bénin (biotrophe) à malin pour entamer l'infection des tissus et causer la pourriture (nécrotrophe). Cette double identité (hémibiotrophe) est complexe et les conditions qui favorisent le passage d'un état à l'autre sont assez mal connues. Dans les régions où la maladie est sporadique, les années favorables à la maladie sont caractérisées par des étés anormalement chauds⁶. La pourriture commence à apparaître quand la température moyenne est au dessus des normales pour plusieurs jours. Les symptômes sont beaucoup plus fréquents (18x) sur la face exposée des fruits que sur la face ombragée et les fruits au pourtour des arbres sont plus infectés que les fruits au centre des arbres²⁹. Quand la température extérieure monte à 35 °C, la température à la surface des fruits peut facilement atteindre 50 °C, soit proche de la température mortelle des cellules³⁰. Or, les spores survivent très bien à l'exposition au soleil³¹. Il est donc possible que le stress hydrique, l'insolation (échaudure) et globalement les dommages liés à la chaleur²⁸ rendent les fruits plus sensibles à l'infection³⁰ et que les spores présentes soient activées dans ces conditions.

Ainsi, une taille estivale alliée à un déficit d'irrigation qui précéderait immédiatement une vague de chaleur pourraient stresser la peau des fruits et permettre l'infection par le champignon, alors les fruits non stressés peuvent demeurer exempts de maladie. D'autres stress comme les applications

répétées de certaines formulations de calcium ou de soufre à dose élevée pendant les périodes de chaleur sont possiblement impliqués.

Suite à un premier stress, les infections subséquentes seraient favorisées par l'augmentation des sources de spores²⁸. Les spores déposées sur des fruits abîmés par des insectes, la grêle ou autrement provoquent rapidement des infections. En absence de stress, de très longues périodes d'humectation des fruits (plus de 24 h à 21 °C) sont requises pour provoquer la maladie²⁹.

Mécanismes de défense et nutrition des fruits

Le calcium interagit avec les mécanismes de défense de la plante et inhibe l'activité enzymatique de dégradation du champignon³². Les fruits en déficit de calcium et sujets au point amer (bitter bit) seraient également plus sujets à la pourriture amère, ou du moins à la variante européenne de la maladie³³. Pour éviter les infections, des applications de calcium^{7,32} en dehors des périodes de stress sont reconnues bénéfiques pour réduire la maladie.

Mécanismes d'infection

Au moment de la transition de biotrophe inoffensif à nécrotrophe agressif, le champignon augmente localement le pH en produisant de l'ammoniaque, d'où vient probablement le goût « amer » parfois associé à la chair pourrie par le champignon⁴. Comme le changement de pH intervient après l'infection, il est peu probable que des traitements acidifiants puissent réduire l'incidence de la pourriture amère. En fait, réduire le pH pourrait même accélérer l'infection³⁴ puisque le champignon réagit aux changements dans son environnement.

Cultivars et moment de l'infection

La plupart des cultivars sont sensibles à cette maladie. La Rome Beauty, la Délicieuse rouge et Fuji seraient tolérants^{2,35} alors que la Ariane²⁶, Golden²⁶, Ginger Gold et la Honeycrisp³⁶ seraient particulièrement sensibles³⁵. Les attaques qui semblent plus fréquentes sur les cultivars hâtifs (ex. : Paulared), ne seraient pas liées à la maturité des fruits il fait chaud³⁵. D'autres facteurs comme l'abondance des momies, ou les blessures d'insectes préférentielles sur certains cultivars qui facilitent l'infection peuvent influencer la sensibilité apparente des cultivars³⁵. La baisse de la température à l'approche de la récolte est habituellement un frein important pour la propagation de la maladie. Des problèmes de pourriture amère sont parfois rapportés dans les cultivars tardifs (ex. : Empire), mais le plus souvent dans des secteurs de vergers déjà affaiblis par d'autres facteurs (ex. : gel hivernal). Lors d'automne chauds les infections à la veille de la récolte peuvent provoquer l'apparition de symptômes qui n'apparaîtront que quelques jours après la sortie de l'entreposage. En Europe du Nord, l'apparition des symptômes suite à l'entreposage est plus grave lorsque les fruits sont conservés à des températures plus élevées (ex. : 3-4 °C) par rapport aux entrepôts plus froids (ex. : 1 °C)¹⁸. La maladie ne serait pas transmise pendant l'entreposage.

Moyens de lutte

Dans la plupart des vergers cette maladie est absente et aucune mesure particulière n'est nécessaire. Cependant, une fois la maladie présente et que les conditions sont favorables à l'infection elle peut rapidement prendre des proportions importantes et des mesures strictes sont requises pour l'enrayer. En régie biologique, les pourritures d'été incluant la pourriture amère sont reconnues comme une limite à l'adoption de ce mode de production parce que les outils disponibles

ne suffisent pas toujours à contenir la maladie.

Assainissement

Même si le champignon est souvent présent dans l'environnement, l'élimination des sources d'inoculum (chancre, branches mortes, fruits au sol et momifiés, etc.) demeure la méthode privilégiée pour réprimer cette maladie et son efficacité est reconnue depuis très longtemps⁴. L'assainissement en verger est efficace parce que les spores sont normalement éclaboussées sur de courtes distances. Les sources les plus à risque et qui doivent être priorisées pendant l'hiver sont les branches mortes, notamment celles affectées par le feu bactérien³⁶, et les momies dans les arbres. L'enlèvement des fruits pourris à mesure qu'ils apparaissent peut aider quand les symptômes sont visibles tôt en saison (juin ou juillet) mais comme les spores peuvent perdurer sur les autres fruits à l'état quiescent, cette mesure n'est probablement pas rentable plus tard en cours d'été. De même, l'enlèvement rapide des branches récemment affectées par le feu bactérien aura un avantage double en diminuant la propagation du feu et en minimisant la propagation de *Colletotrichum*. Après la récolte, l'enlèvement²⁶ des fruits pourris au sol ou au minimum leur destruction par fauchage est essentielle. Maintenir un couvre sol de graminées sans mauvaises herbes à feuilles larges pourrait aussi réduire la possibilité d'établissement du champignon pathogène. Éliminer toutes les sources d'inoculum n'est pas possible, mais réprimer la maladie sans réduire les sources locales de spores est très difficile³⁶.

Atténuation des stress

Avant les périodes de chaleur intense, la réduction du stress hydrique (irrigation), des stress chimiques (bouillies pesticides) et éviter la taille des cultivars à maturité pourraient aussi diminuer les problèmes. Bien que ces facteurs ne soient pas confirmés, il est possible que l'utilisation de filets (ex. : anti-grêle) qui limitent aussi les risques d'échaudure ou des applications de Kaolin ou d'autres écrans solaires appliqués avant les épisodes de stress puissent réduire la sévérité des attaques. En présence de stress hydrique, même les meilleurs traitements fongicides ne sont pas efficaces pour réprimer la pourriture amère³⁰.

Fertilisation

Les risques de pourriture amère augmentent avec la concentration en azote des fruits³⁷. Évitez les apports d'azote après la nouaison. À l'inverse, les risques diminuent avec la concentration en bore³⁷. Des applications régulières de bore pourraient donc inhiber la maladie. En dehors des périodes de stress, des applications régulières de chlorure de calcium (CaCl_2) à un taux faible (environ 5 kg/ha) se sont avérées aussi efficaces que des traitements fongicides³⁸ pour réprimer la pourriture amère. Les traitements durant la saison peuvent aussi diminuer la sortie des symptômes durant l'entreposage³⁹. Dans certaines études, on note moins de dommage de brûlure sur les arbres traités au chlorure de calcium⁴⁰ et il est possible que cet effet soit responsable de la protection contre la pourriture amère. Le nitrate de calcium ne serait pas efficace⁴¹. Le nitrate de calcium et les formulations de chélatés pourraient même favoriser d'autres maladies à la surface des fruits⁴².

Traitements fongicides

Comme la pourriture amère est pratiquement la seule pourriture rapportée et que nos conditions sont moins propices que celles rencontrées plus au sud, les applications de fongicides « mur à mur » préconisées chez nos voisins immédiats⁴³ ne sont pas utiles sous nos conditions.

Les traitements fongicides appliqués pour réprimer la tavelure en été réduisent partiellement la pourriture amère. Cependant quand les conditions climatiques favorisent la maladie, l'intervalle entre les applications est souvent trop important pour ralentir l'épidémie. Quand tous les facteurs sont réunis, des traitements aux deux semaines à partir du début juin jusque pendant la récolte peuvent être nécessaires, toutes chimies confondues. En absence d'autres mesures de contrôle, des traitements plus fréquents pourraient être requis.

Différents produits sont efficaces contre la pourriture amère, incluant les EBDC (mancozeb, metiram, ferbam), le Captan⁴⁴, les strobilurines (QoI)³⁶, les SDHI³⁶ (Aprovia, Fontelis, Luna, Sercadis) etc. Certains fongicides (Allegro et Pristine) sont spécifiquement homologués pour des traitements estivaux contre cette maladie. Cependant, ces deux produits sont proscrits en production PFI. De plus, selon le moment de l'application ils ne sont pas nécessairement plus efficaces que les produits à moindre coût¹². Le phosphonate, le pyrimethanil²⁶ (Scala) et les inhibiteurs d'ergostérols⁴⁴ ne sont pas très efficaces.

En production biologique, le cuivre^{2,4} (oxychlorure seulement) est efficace. Le soufre²⁶ incluant la bouillie soufrée⁴, le fongicide biologique Serenade Max (*Bacillus subtilis*) ont une efficacité variable^{12,45}.

La meilleure option fongicide en PFI demeure les applications ciblées de Captan à la veille des périodes de grande chaleur et renouvelées aux 10-14 jours selon le risque. Aucun traitement n'est efficace contre cette maladie après 55 mm de pluie⁸. Lorsque les conditions pour l'infection sont présentes, des traitements peuvent être nécessaires assez tard pendant la récolte⁸. Les traitements en post récolte (fludioxonil, Scholar) n'ont qu'un effet limité si l'infection a eu lieu plusieurs jours avant la récolte⁸.

Aucun traitement fongicide ne peut arrêter le développement des symptômes déjà visibles. Comme la pourriture amère observée en Amérique ne se déclare que rarement en entrepôt, les traitements en dehors des périodes de risque à la veille de la récolte ou en post récolte ne sont donc pas généralement utiles. En absence de symptômes au moment de la récolte, il est possible de traiter les pommes à l'eau chaude dès la sortie des chambres et éviter l'apparition des symptômes. Cette approche est fréquente en production biologique en Europe⁴⁶.

Stress associés aux bouillies pesticides

À l'inverse du cuivre usuel (oxychlorure), l'hydroxyde de cuivre appliqué au cours de l'été même à dose relativement faible (environ 500 g métal/ha) peut augmenter l'incidence de la pourriture amère, probablement parce que cette formulation est trop agressive sur les fruits¹².

** La taxonomie de ce genre de champignon est complexe et les noms d'espèces rapportés dans la littérature ne sont pas toujours fiables. Certains auteurs réfèrent à C. acutatum et C. gloeosporioides sensu lato qui sont inclusifs de plusieurs espèces. Des noms d'espèces plus anciens comme Gloeosporium fructigenum sont aussi rapportés dans les articles.*

Références

1. Jones, A. L. & Aldwinckle, H. S. *Compendium of Apple and Pear Diseases*. vol. 1 (The American

- Phytopathological Society, 1990).
2. Dunegan, J. C. Bitter Rot of Apples. *Yearb. Agric.* 655–657 (1953).
 3. Hesler, L. R. & Whetzel, H. H. *Manual Of Fruit Diseases*. (Kessinger Publishing, LLC, 1917).
 4. Roberts, J. W. & Pierce, L. *Apple Bitter Rot and Its Control*. (U.S. Department of Agriculture, 1935).
 5. 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).
 6. Jones, A. L., Ehret, G. R., Meyer, M. P. & Shane, W. W. Occurrence of bitter rot on apple in Michigan. *Plant Dis.* **80**, 1294–1297 (1996).
 7. Biggs, A. R. Effects of Calcium Salts on Apple Bitter Rot Caused by Two *Colletotrichum* spp. *Plant Dis.* **83**, 1001–1005 (1999).
 8. Rosenberger, D. & Cox, Kerik D. Preventing Bitter rot in apples. *Scaffolds fruits journal* vol. 25 (2016).
 9. Managing Bitter Rot in Apples.
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/orchnews/2014/on-1214a5.htm>.
 10. Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C. & Crous, P. W. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud. Mycol.* **73**, 37–113 (2012).
 11. Weir, B. S., Johnston, P. R. & Damm, U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Stud. Mycol.* **73**, 115–180 (2012).
 12. Everett, K. R. *et al.* Evaluation of fungicides for control of bitter and sprinkler rots on apple fruit. *N. Z. Plant Prot.* **68**, 264–274 (2015).
 13. Munir, M. Characterization of *Colletotrichum* species causing bitter rot of apples in Kentucky orchards. (2015).
 14. Jiang, J. *et al.* Identification and characterization of *Colletotrichum fructicola* causing black spots on young fruits related to bitter rot of pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) in China. *Crop Prot.* **58**, 41–48 (2014).
 15. Marcelino, J. *et al.* *Colletotrichum acutatum* var. *fioriniae* (teleomorph: *Glomerella acutata* var. *fioriniae* var. nov.) infection of a scale insect. *Mycologia* **100**, 353–374 (2008).
 16. Peres, N. A., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E. & Correll, J. C. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Dis.* **89**, 784–796 (2005).
 17. Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R. & Weir, B. S. *Colletotrichum* – current status and future directions. *Stud. Mycol.* **73**, 181–213 (2012).
 18. Børve, J. & Stensvand, A. *Colletotrichum acutatum* on apple in Norway. *IOBC-WPRS Bull.* **110**, 151–157 (2015).
 19. Stensvand. *Colletotrichum acutatum* Found on Apple Buds in Norway. *Plant Manag. Netw.* (2007). doi:10.1094/PHP-2007-0522-01-RS.
 20. Giraud, Michel & Moronvalle, Aude. Biologie et épidémiologie des gloeosporioses. *Infos CTIFL* (2012).
 21. Khodadadi, F. *et al.* Identification and characterization of *Colletotrichum* species causing apple bitter rot in New York and description of *C. noveboracense* sp. nov. *Sci. Rep.* **10**, 1-19 (2020).
 22. Ivic, D., Voncina, D., Sever, Z., Simon, S. & Pejic, I. Identification of *Colletotrichum* species causing bitter rot of apple and pear in Croatia. *J. Phytopathol.* **161**, 284–286 (2013).
 23. González, E., Sutton, T. B. & Correll, J. C. Clarification of the etiology of *Glomerella* leaf spot and bitter rot of apple caused by *Colletotrichum* spp. based on morphology and genetic, molecular, and pathogenicity tests. *Phytopathology* **96**, 982–992 (2006).
 24. Taylor, J. Epidemiology and symptomatology of apple bitter rot. *Phytopathology* (1971).
 25. Different Pests, Similar Damage.
<http://omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/orchnews/2015/on-0815a4.htm>.
 26. Giraud, M. Le *Colletotrichum* de la pomme (*Colletotrichum acutatum* et *C. gloeosporioides*). *Arboriculture Fruitière* (2018).
 27. Zwet, T. & Keil, H. L. Fire blight, a bacterial disease of Rosaceous plants. *Agric. Handb. Sci.*

Educ. Adm. (1979).

28. Rosenberger, D. A. Controlling summer fruit rots in apples. (2015).
29. Brook, P. J. *Glomerella cingulata* and bitter rot of apple. *N. Z. J. Agric. Res.* **20**, 547-555 (1977).
30. Rosenberger, D. Summer fungicides for apples where bitter rot is an issue. *Scaffolds fruits journal* vol.23 (2014).
31. Brook, P. J. Protective function of an ultraviolet-absorbing compound associated with conidia of *Glomerella cingulata*. *N. Z. J. Bot.* **19**, 299-304 (1981).
32. Park, E., Solomos, T., McEvoy, J. L., Conway, W. S. & Sams, C. E. The effect of calcium on the expression of polygalacturonase activity by *Colletotrichum acutatum* in apple fruit. *Plant Pathol. J.* **5**, 183-186 (2006).
33. Baab, G. & Schmitz-Eiberger, M. The nutrient element calcium. *European Fruitgrowers Magazine* vol. Best of EFM 14-16 (2009).
34. Alkan, N., Fluhr, R., Sherman, A. & Prusky, D. Role of Ammonia Secretion and pH Modulation on Pathogenicity of *Colletotrichum coccodes* on Tomato Fruit. *Mol. Plant. Microbe Interact.* **21**, 1058-1066 (2008).
35. Biggs, A. R. & Miller, S. S. Relative Susceptibility of Selected Apple Cultivars to *Colletotrichum acutatum*. *Plant Dis.* **85**, 657-660 (2001).
36. Lehnert, R. Those rotten Honeycrisp. *Good Fruit Grower* (2015).
37. Everett, K. R. *et al.* The influence of nutrition, maturity and canopy density on the incidence of apple bitter rot. (2016).
38. Boyd-Wilson, K. S. H. *et al.* Compounds alone and in combination with yeasts to control *Colletotrichum acutatum* in apples. *Australas. Plant Pathol.* **43**, 703-714 (2014).
39. Biggs, A. R. & Peck G. M. Managing bitter pit in 'honeycrisp' apples grown in the mid-atlantic United States with foliar-applied calcium chloride and some alternatives. *HortTechnology* **25**, 385-391 (2015).
40. Fallahi, E. & Eichert, T. Principles and practices of foliar nutrients with an emphasis on nitrogen and calcium sprays in apple. *HortTechnology* **23**, 542-547 (2013).
41. Lanauskas, J. *et al.* The effect of calcium foliar fertilizers on cv. Ligol apples. *Plant Soil Environ.* **58**, 465-470 (2012).
42. Marschall, K., Rizzolli, W. & Reyes-Dominguez, Y. Leaf fertilizer applications promote white haze and sooty mould in apple. *IOBC-WPRS Bull.* **110**, 77 (2015).
43. Cox, K. D. & Rosenberger, D. End of season disease management in apples. *Scaffolds fruits journal* vol. 24 (2015).
44. Rosenberger, D., Cox, K., Rugh, A., Villani, S. & Fredericks, Z. A New Fungicide for Controlling Summer Diseases on Apples? *N. Y. Fruit Q.* **20**, (2012).
45. Rosenberger, D. A. Factors Limiting IPM-Compatibility of New Disease Control Tactics for Apples in Eastern United States. *Plant Health Prog.* (2003) doi:10.1094/PHP-2003-0826-01-RV.
46. Schloffer, K. & Trapman, M. Hot water shower against *Gloeosporium* fruit rot in organic apple production - how to introduce a new system from research to practice. *IOBC-WPRS Bull.* **110**, 191-198 (2015).

Cette fiche est une mise à jour de la fiche originale 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.

Principaux partenaires de réalisation et commanditaires:

