

Rapport final

No projet : **IA214163**

Titre : **Détermination du moment et du mode d'application optimal des fongicides permettant de lutter efficacement contre la dartrose de la pomme de terre (*Colletotrichum coccodes*).**

Responsable scientifique : Pierre Lafontaine, agr. Ph. D.

Établissement : Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière

Date de remise : 13 mai 2016

Section 3 – Fiche de transfert (max 2 pages)

Détermination du moment et du mode d'application optimal des fongicides permettant de lutter efficacement contre la dartrose de la pomme de terre (*Colletotrichum coccodes*).

Vincent Myrand, agr. M. Sc., Sébastien Martinez, agr. M. Sc., Jacinthe Tremblay, biol. M. Sc. et Pierre Lafontaine, agr. Ph. D.

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 05/2014 – 05/2016

FAITS SAILLANTS

La dartrose (*Colletotrichum coccodes*) est une maladie de la pomme de terre en progression au Québec qui peut provoquer des pourritures aux racines, aux tiges et aux stolons en plus d'infecter les tubercules et d'occasionner des réductions de rendement. L'efficacité des applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top, deux fongicides à base d'azoxystrobine, à réduire l'incidence et la sévérité des symptômes de dartrose sur les tubercules à la récolte est documentée. Cependant, la période et le mode d'application de l'azoxystrobine permettant d'obtenir un contrôle optimal des dommages causés par la dartrose sont moins bien connus. La pertinence d'effectuer des applications foliaires suite à une application dans le sillon reste aussi à démontrer. Le projet que nous avons mis en place devait donc permettre de répondre à ces questions. Des essais ont donc été menés en 2014 et 2015 dans la région de Lanaudière afin de déterminer le moment et le mode d'application optimal de fongicides contre la dartrose de la pomme de terre. Huit stratégies de traitement différentes ont fait l'objet d'évaluation en comparaison avec des parcelles ne recevant aucun traitement. Les données recueillies indiquent qu'un certain effet de synergie semble se manifester entre les applications dans le sillon et les applications foliaires. Une stratégie d'intervention axée sur l'utilisation du Quadris F dans le sillon au moment de la plantation, suivi d'applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top à compter de l'émergence complète de la culture, pourrait s'avérer pertinente pour lutter contre la dartrose de la pomme de terre. Il apparaît cependant préférable d'effectuer les pulvérisations foliaires entre 30 et 45 jours après la plantation afin d'obtenir un contrôle optimal. Toutefois, nos résultats suggèrent que le potentiel d'efficacité de cette stratégie est fortement réduit dans le cas où les pommes de terre sont cultivées sur un site ayant subi une forte pression de la part de *C. coccodes* dans le passé.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif général du projet consistait à déterminer le moment et le mode d'application optimal de fongicides contre la dartrose de la pomme de terre. Des essais ont été mis en place en 2014 et 2015 sur des terres possédant des historiques d'infestation par la dartrose avec un dispositif en bloc complet aléatoire comportant quatre répétitions. Les neuf traitements qui ont été comparés sont les suivants : T1) Témoin non traité. T2) Quadris F dans le sillon à la plantation seulement. T3) Quadris F dans le sillon à la plantation suivie d'applications foliaires (alternance Quadris F et Quadris Top) hebdomadaires à partir de 30 jours après la plantation (JAP). T4-T5) Quadris F dans le sillon à la plantation suivie d'applications foliaires à partir de 45 et 60 JAP. T6-T7-T8) Applications foliaires à partir respectivement de 30, 45 et 60 JAP. T9) Quadris F dans le sillon suivi d'applications foliaires à 30 JAP jusqu'à 60 JAP. Les paramètres qui ont été évalués sont l'incidence des symptômes de dartrose sur les plants de pomme de terre, les rendements et les calibres, et l'incidence et la sévérité des symptômes de dartrose sur les tubercules.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Selon notre interprétation des données, il semblerait préférable de débiter tôt les traitements contre la dartrose, dès l'émergence complète de la culture, soit autour de 30 jours après la plantation. Les applications débutant 45 jours après la plantation présentent également une certaine efficacité. Toutefois, nos données suggèrent qu'il n'apparaît pas justifié de poursuivre les traitements foliaires avec le Quadris F et le Quadris Top au-delà de 60 jours après la plantation, soit vers la fin de la floraison concernant le cultivar Norland. En effet, pour le site d'essai #1 (2014), le dépérissement des plants associé à la dartrose était significativement plus bas dans les parcelles recevant le T3, le T4 et le T9. Au site #2 (2014), le

pourcentage de tiges manifestant des symptômes de dartrose était nul dans les parcelles du T3 et du T6, et très faible pour celles recevant le T9. Aussi, les tubercules récoltés dans les parcelles du T3 et du T9 au site #2 (2014) présentaient un pourcentage d'incidence de symptômes de dartrose plus faible que celui retrouvé dans les parcelles non traitées. Enfin, sur le site #4 (2015), les parcelles exposées au T3 présentaient un pourcentage de tubercules atteints de symptômes d'infection par *C. coccodes* plus faible comparativement à tous les traitements, hormis le T4 et le T9. Les données recueillies suggèrent aussi qu'un certain effet de synergie se manifeste entre les applications dans le sillon de Quadris F et les applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top. En effet, ce sont les stratégies d'intervention faisant appel aux deux types d'application qui ont procuré la meilleure efficacité. Les applications foliaires seules se sont généralement révélées moins aptes à contrôler adéquatement l'expression de la dartrose sur les plants et les tubercules. Aussi, selon nos observations, les applications de Quadris F dans le sillon seulement n'apparaissent pas suffisantes pour contrôler la dartrose de la pomme de terre.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Sur la base des données recueillies, une stratégie d'intervention axée sur l'utilisation du Quadris F dans le sillon au moment de la plantation, suivi d'applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top à compter de l'émergence complète de la culture, pourrait s'avérer pertinente pour lutter contre la dartrose de la pomme de terre. Il apparaît cependant préférable de concentrer les pulvérisations foliaires entre 30 et 45 jours après la plantation, car les applications effectuées au-delà ne semblent pas en mesure de contrôler adéquatement les dommages. Toutefois, nos résultats suggèrent que le potentiel d'efficacité de cette stratégie s'avère moins élevé dans le cas où les pommes de terre sont cultivées sur un site ayant subi une forte pression de la part de *C. coccodes* dans le passé. Enfin, il faut considérer que le Quadris F appliqué dans le sillon à la plantation des pommes de terre n'est présentement pas homologué pour lutter contre la dartrose, mais contre la tache argentée (*Helminthosporium solani*). Nous croyons aussi qu'il serait souhaitable d'inclure dans la stratégie d'intervention des traitements avec le fongicide Luna Tranquility (fluopyram et pyriméthanol) malgré que celui-ci soit homologué en répression seulement contre la dartrose. Ceci aurait comme effet de réduire les risques et la rapidité de développement de résistance de la part de *C. coccodes* envers l'azoxystrobine et de maintenir l'efficacité relative des applications de Quadris F et de Quadris Top à la ferme. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'une stratégie d'intervention basée uniquement sur l'utilisation de fongicides chimiques implique des coûts financiers et environnementaux élevés et s'avère d'une efficacité limitée. Manifestement, des efforts de recherche supplémentaires dans le but d'améliorer la lutte contre la dartrose de la pomme de terre seraient pertinents. En outre, une meilleure caractérisation des cycles d'infection des plants et des tubercules de pommes de terre par *C. coccodes* pourrait permettre de cibler avec d'avantage de précision les périodes d'intervention appropriées. Également, des travaux portant sur la résistance des cultivars et les pratiques culturales permettant de réduire l'inoculum de dartrose dans les sols pourraient apporter une aide précieuse aux producteurs de pomme de terre.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Pierre Lafontaine, agr. Ph.D.
Téléphone : 450-589-7313 poste 223
Télécopieur : 450-589-2245
Courriel : p.lafontaine@ciel-cvp.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Nous tenons également à remercier les deux entreprises ayant pris part à cette étude pour leur participation active et pour leur aide dans la réalisation des essais.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

Résumé du projet

La dartoze (*Colletotrichum coccodes*) est une maladie qui s'attaque à la fois aux organes souterrains et aux parties aériennes des plants de pomme de terre. Les tubercules atteints présentent une pelure rugueuse et décolorée accompagnée de microsclérotés noirs, ce qui entraîne le déclassement et des pertes pour les producteurs de pommes de terre destinées à la table. Les producteurs ont peu de moyens de lutte et de fongicides à leur disposition afin de lutter contre cette maladie. Nos résultats obtenus dans le cadre d'un projet antérieur ont démontré l'efficacité des applications foliaires répétées de Quadris F et de Quadris Top, deux fongicides à base d'azoxystrobine, à réduire l'incidence et la sévérité des symptômes de dartoze sur les tubercules à la récolte. Ce même projet nous a permis de démontrer qu'une application de Quadris F dans le sillon à la plantation peut également participer à une certaine répression de *C. coccodes*. Cependant, la période et le mode d'application de l'azoxystrobine permettant d'obtenir un contrôle optimal des dommages causés par la dartoze sont inconnus. Comme l'infection du plant de pomme de terre par *C. coccodes* peut arriver relativement tôt en saison et que l'apparition des symptômes survient tardivement, il est important de déterminer à quel moment nous devons commencer à appliquer une protection à l'aide de fongicides. Les travaux de recherche effectués auparavant suggèrent que les applications de fongicides pour lutter contre la dartoze doivent débuter tôt en saison. Or, des interrogations demeurent face à la stratégie optimale d'utilisation de ces fongicides. Notamment, la pertinence d'effectuer des applications foliaires suite à une application dans le sillon reste à démontrer. Aussi, la période optimale pour débuter les traitements foliaires de même que le nombre d'applications requises ne sont pas bien documentés. Le projet que nous avons mis en place devait donc permettre de répondre à ces questions par le biais d'expérimentations au champ.

Objectifs

L'objectif général du projet consistait à déterminer le moment et le mode d'application optimal de fongicides contre la dartoze de la pomme de terre. Les objectifs spécifiques étaient de documenter l'effet des stratégies de lutte sur l'incidence des symptômes de dartoze sur les parties aériennes des plants de pomme de terre, sur les rendements et les calibres, sur l'incidence et la sévérité des symptômes sur les tubercules, de même que le pourcentage de tubercules déclassés.

Méthodologie

En 2014, un site d'essai a été établi le 14 mai sur une parcelle possédant un historique d'infestation par la dartoze de la pomme de terre et située dans la municipalité de l'Assomption. Un second site d'essai a été mis en place le 23 mai sur une terre située à Lanoraie (site #2) où des symptômes de dartoze avaient été observés à la récolte quelques années auparavant. En 2015, un autre site d'essai a été établi à L'Assomption le 19 mai (site #3). Le site choisi possédait un historique d'infestation par la dartoze de la pomme de terre bien documenté puisque nous y avons déjà effectué des essais en 2012 dans le cadre d'un autre projet. Le second site d'essai a été installé le 19 mai sur une terre appartenant à la ville de l'Assomption et cultivée par le CIEL pour divers projets (site #4). Nous avons décelé des symptômes de dartoze sur ce site en 2014 dans le cadre d'un autre essai portant sur la pomme de terre.

Les traitements qui ont été comparés lors des deux saisons d'essais sont les suivants :

- T1 : Témoin non traité.
- T2 : Quadris F dans le sillon à la plantation seulement. Dose de 6 ml/100 m de rang.
- T3 : Quadris F dans le sillon à la plantation suivie d'applications foliaires (alternance Quadris F et Quadris Top) hebdomadaires à partir de 30 jours après la plantation (JAP) (c'est-à-dire à l'émergence complète de la culture) jusqu'à la mi-août.
- T4 : Quadris F dans le sillon à la plantation suivie d'applications foliaires hebdomadaires à partir de 45 JAP.

- T5 : Quadris F dans le sillon à la plantation suivie d'applications foliaires hebdomadaires à partir de 60 JAP.
- T6 : Applications foliaires hebdomadaires à partir de 30 JAP.
- T7 : Applications foliaires hebdomadaires à partir de 45 JAP.
- T8 : Applications foliaires hebdomadaires à partir de 60 JAP.
- T9 : Quadris F dans le sillon suivi d'applications foliaires hebdomadaires à partir de 30 JAP jusqu'à 60 JAP.

Pour les quatre sites d'essais, les plantations se sont effectuées avec des tubercules du cultivar Nordland, un cultivar à peau rouge. Les parcelles avaient 4 rangs de largeur et 5 m de longueur et occupaient une superficie de 20 m². Elles étaient disposées en bloc complet aléatoire, pour un total de 36 parcelles pour chacun des sites d'essais. Chaque parcelle contenait 68 plants de pommes de terre. Elles étaient séparées les unes des autres par des zones tampons de 4 m afin de réduire les risques de dérive lors de l'application des traitements. Les sites occupaient donc une superficie d'environ 2 400 m².

Au moment de la plantation, une application de Quadris F avant la fermeture du sillon a été effectuée dans les parcelles devant recevoir ce traitement (T2, T3, T4, T5 et T9). Une application de Titan (chlortianidine) (2014) ou de Verimark 200SC (cyantraniliprole) (2015) dans le sillon a également été effectuée sur l'ensemble des parcelles afin de contrôler les doryphores de la pomme de terre. Le contrôle des mauvaises herbes a été assuré par une application de Dual II Magnum et de Lorox (s-métolachlore + linuron) en prélevée de la culture.

Les traitements foliaires ciblés contre la dartoïse ont débuté entre 30 et 33 jours après la plantation avec le fongicide Quadris F, après l'émergence complète de la culture alors que les plants avaient entre 15 et 20 cm de hauteur. Les traitements étaient réalisés en alternance avec le Quadris F (azoxystrobine, 800 ml/ha) et le Quadris Top (azoxystrobine + difénoconazole, 1000 ml/ha). Les traitements se sont poursuivis avec une fréquence hebdomadaire, en respectant le protocole établi. Au total, les sites d'essais ont donc reçu entre 8 et 10 applications des traitements selon l'état de dépérissement des plants de pommes de terre en fin de saison. Les derniers traitements ont donc été effectués entre 75 et 90 jours après la plantation.

À chaque semaine à compter de la fin du mois de juin (2014) ou du début du mois de juillet (2015), toutes les parcelles ont reçu des traitements fongicides d'entretien ciblant la brûlure hâtive (*Alternaria solani*) et le mildiou (*Phytophthora infestans*) à l'aide du fongicide Cantus WDG (boscalide), seul ou en combinaison avec les fongicides Dithane DG (mancozèbe) ou Bravo (chlorothalonil). Ces fongicides ont été sélectionnés puisqu'ils ne possèdent pas d'efficacité envers la dartoïse de la pomme de terre.

Les sites d'essai ont fait l'objet d'un suivi hebdomadaire afin de déceler les premiers symptômes de dartoïse sur les plants. Le 28 juillet 2014, des plants suspects ont été prélevés sur le site #1 et envoyés au Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ afin de confirmer la présence de symptômes de dartoïse. Les plants présentaient un dépérissement au niveau du collet et de la tige accompagnée de pourriture. Les dommages et les structures fongiques observés étaient effectivement associés à la dartoïse selon le rapport du laboratoire. Selon les sites d'essais, les prises de données ont été effectuées entre 5 et 8 reprises afin de documenter l'évolution des symptômes et l'efficacité des traitements comparés. Lors de ces observations, le pourcentage de dépérissement général de la parcelle (brûlure des feuilles et affaissement des tiges) et le pourcentage de tiges présentant des symptômes de dartoïse ont été documentés.

À la récolte en septembre, les pommes de terre ont été récoltées et classées en trois catégories selon leur grosseur : calibre petit (< 45 mm), calibre moyen (45-75 mm) et calibre gros (> 75 mm). Un échantillon de 25 pommes de terre de calibre moyen a été conservé pour chacune des parcelles. Les tubercules ont été conservés pendant 4 à 5 mois dans une chambre froide maintenue à 4 °C. L'évaluation des symptômes de dartoïse sur les tubercules a été effectuée durant les mois de février et mars 2015 et 2016. Au total, pour les quatre sites, ce sont 3 600 tubercules qui auront été minutieusement inspectés à l'aide d'une loupe 16 X afin de déceler la présence de microscélérotés caractéristiques de dartoïse (incidence) et le pourcentage de recouvrement de la part des symptômes (sévérité). Les tubercules présentant un pourcentage de sévérité

supérieur à 25 % ont été catégorisés comme étant déclassés puisque c'est le critère généralement utilisé par les producteurs de pommes de terre destinées à la table.

Toutes les données obtenues ont été compilées et soumises à une analyse de variance suivie d'un test de Waller-Duncan au seuil de 5 %.

Résultats et discussion

Saison 2014-Site d'essai #1

Symptômes au champ

Les premiers symptômes associés à la dartrose ont été observés le 24 juillet. C'est seulement lors des prises de données du 1^{er} ($P = 0,0390$) et du 5 août ($P = 0,0266$), soit 79 et 83 jours après la plantation, que des différences significatives se sont manifestées entre les traitements en regard du pourcentage de dépérissement général des parcelles causé par la dartrose. Ce pourcentage de dépérissement atteignait 55,00 % lors de l'observation du 1^{er} août dans les parcelles non traitées, alors qu'il était de 25,25 % pour le T3, de 25,00 % pour le T4 et de 20,50 % pour le T9. Ce sont les seuls traitements qui ont obtenu des valeurs significativement différentes des parcelles non traitées. Le même constat a été observé lors de la prise de données du 5 août alors que 80,00 % de la superficie des parcelles non traitées présentaient des symptômes de dépérissement. En comparaison, le dépérissement atteignait 43,00 % dans les parcelles recevant le T3, 40,00 % dans les parcelles du T4 et seulement 34,50 % dans les parcelles recevant le T9. Lors de la dernière prise de données, le 8 août, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements ($P = 0,0823$), mais seuls les traitements #3, #4 et #9 ont obtenu un pourcentage de dépérissement inférieur à 60 %, alors qu'il culminait à 90 % dans les parcelles non traitées (tableau 1 – disponible en annexe).

Ces données semblent indiquer qu'une application de Quadris F dans le sillon au moment de la plantation, suivie d'applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top effectuées tôt en saison, à compter de 30 ou 45 jours après la plantation, pourraient réduire significativement l'expression des symptômes de dartrose sur les plants de pommes de terre. Toutefois, il ne semble pas justifié, sur la base de ces résultats, de poursuivre les applications fongicides au-delà de 60 jours après la plantation. Les applications foliaires seules, de même que l'application dans le sillon sans traitements foliaires subséquents, ne paraissent pas être en mesure de produire une telle réduction des symptômes. Par contre, la variabilité inter parcellaire observée exige de faire preuve d'une certaine prudence en regard de l'interprétation des résultats des tests statistiques, et ce malgré les différences significatives repérées par l'analyse de la variance. D'autres facteurs, comme la distribution spatiale de l'inoculum et l'hétérogénéité du terrain, ont pu influencer la performance des traitements testés.

Rendement

Aucune différence significative ne s'est manifestée entre les différents traitements en regard des rendements selon les différents calibres, à la fois en terme de kg/ha et en terme de pourcentage. Pour ce qui est des pommes de terre de gros calibre, on en retrouvait 1 209 kg/ha dans les parcelles recevant le T3 et 1 597 kg/ha dans les parcelles soumises au T9, alors que les parcelles non traitées ont produit l'équivalent de seulement 58 kg/ha de pommes de terre de ce calibre. Malgré les écarts considérables, les analyses statistiques n'ont pas été en mesure de déceler des différences significatives entre les traitements ($P = 0,1067$), probablement à cause de la variabilité observée entre les parcelles (tableau 2).

En terme de rendement total, les rendements les plus élevés ont été enregistrés dans les parcelles soumises aux T3 et T9, avec respectivement 12 148 kg/ha et 13 224 kg/ha. C'est dans les parcelles recevant les traitements #2 et #4 que les rendements ont été les plus faibles, avec 7 627 et 7 641 kg/ha respectivement. L'analyse de variance a dénoté des différences significatives entre ces traitements ($P = 0,0474$). Cependant, aucun traitement n'a été en mesure de produire un rendement statistiquement différent de celui obtenu dans les parcelles non traitées (9 187 kg/ha). De façon générale, les rendements observés sur ce site se sont avérés très faibles, ce qui laisse présager que la dartrose a joué un rôle prépondérant dans le processus de sénescence des plants. Il est d'ailleurs bien documenté que la dartrose est en mesure

de causer des baisses de rendement suite à la mort prématurée des plants et une réduction du calibre des tubercules filles. Par contre, il faut bien comprendre que nous n'avions pas de parcelles témoins exemptes de *C. coccodes* nous permettant de juger de l'impact direct de cette maladie sur le rendement et le calibre des pommes de terre.

Symptômes sur les tubercules

L'incidence des symptômes de dartrose sur les tubercules pour le site #1 fut très élevée. En effet, 94,00 % des pommes de terre observées présentaient des microscélérotés caractéristiques de *C. coccodes*. Seuls le T4 (84,00 %) et le T8 (82,00 %) ont obtenu un pourcentage de tubercules avec des symptômes de dartrose inférieur à celui obtenu dans les parcelles non traitées ($P = 0,0066$) (tableau 3). La superficie des tubercules atteints par la dartrose (sévérité) a varié entre 15,83 % (T8) et 26,65 % (témoin non traité) de la superficie des tubercules atteints. Aucune différence significative ne s'est manifestée entre les traitements mis à l'étude en ce qui concerne la sévérité des symptômes de dartrose ($P = 0,1547$). C'est dans les parcelles non traitées que l'on retrouvait le plus de tubercules déclassés par la présence de symptômes de dartrose (41,00 %), tandis que c'est dans les parcelles soumises au T3 que l'on en retrouvait le moins (22,00 %). Par contre, ces différences ne sont pas significatives selon les tests statistiques effectués ($P = 0,1897$). C'est donc dire qu'aucun des programmes d'intervention contre la dartrose n'a été en mesure de réduire la sévérité des symptômes de dartrose ni le pourcentage de tubercules déclassés.

Également, le lien entre les dommages observés au champ et l'incidence des symptômes de dartrose sur les tubercules récoltés ne semble pas évident à première vue. Certes, les parcelles soumises au T4 présentaient à la fois une réduction du pourcentage de dépérissement général et une réduction de l'incidence des symptômes de dartrose sur les tubercules filles comparativement aux parcelles non traitées. Par contre, ce lien ne semble pas exister pour les parcelles reliées au T3 et au T9. Le même constat s'applique pour le T8 puisque le pourcentage de dépérissement général des parcelles s'est avéré similaire à celui des parcelles non traitées alors que la présence de symptômes de dartrose sur les tubercules était significativement réduite. Sur la base de ces observations, on pourrait conclure que les observations visuelles de la dartrose en cours de saison ne sont peut-être pas un bon indicateur de la gravité des symptômes pouvant être observés sur les tubercules filles. D'autres auteurs ont déjà émis la même hypothèse (Nitzan *et al.* 2006).

Saison 2014-Site d'essai #2

Symptômes au champ

Les premiers symptômes associés à la dartrose ont été observés seulement le 25 août sur ce site et les données n'ont pas fait l'objet d'analyses puisque les valeurs observées étaient négligeables. Lors de la prise de données du 3 septembre, 7,25 % des tiges de pomme de terre présentaient des symptômes de dartrose dans les parcelles non traitées. Cette valeur s'est avérée significativement plus élevée ($P = 0,0121$) que dans toutes les autres parcelles, hormis celles recevant le Quadris F dans le sillon à la plantation (T2 : 4,50 %). Le pourcentage de tiges manifestant des symptômes de dartrose était nul dans les parcelles du T3 et du T6. Les traitements #3 à #9 ont tous obtenu un pourcentage de plants avec symptômes de dartrose statistiquement similaire, allant de 0,00 % pour le T3 et le T6 à 2,25 % pour le T5. Par contre, le T3 et le T6 sont les deux seuls traitements qui ont produit une réponse significativement différente à la fois du celle obtenue par le T2 et par le témoin non traité (tableau 1).

Ces données laissent présager qu'il pourrait être avantageux d'appliquer les fongicides à base d'azoxystrobine en pulvérisation foliaire, en combinaison ou non avec une application de Quadris F dans le sillon à la plantation. Par contre, l'application dans le sillon seulement ne semble pas être en mesure d'atténuer les symptômes de dartrose en cours de saison. Il est intéressant de constater qu'aucun symptôme de dartrose ne fut observé dans les parcelles recevant des applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top à compter de 30 jours après la plantation, seules (T6) ou en combinaison avec une application dans le sillon à la plantation (T3), sauf pour le T9. La pression relativement faible exercée par la maladie sur le site ne permet toutefois pas d'identifier de façon convaincante à quelle période il est souhaitable de débiter les pulvérisations foliaires dirigées contre *C. coccodes*.

Concernant le dépérissement général des parcelles, tous les traitements faisant intervenir des applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top (T3 à T9) ont été en mesure de réduire de façon significative le dépérissement comparativement aux parcelles non traitées (98,25 %) et les parcelles recevant le Quadris F dans le sillon à la plantation seulement (T2 = 93,75 %) ($P < 0,0001$) (tableau 1). C'est dans les parcelles soumises au T4 que le pourcentage de dépérissement a été le plus faible (21,25 %), mais ce pourcentage s'est avéré statistiquement similaire à celui documenté dans les parcelles exposées au T3, au T6 et au T8. Le pourcentage de dépérissement observé dans les parcelles du T9 (70,00 %) s'est avéré inférieur à ceux observés dans les parcelles non traitées et celles du T2, mais statistiquement supérieur à ceux observés dans les parcelles traitées avec les traitements #3 à #8. Le fait d'avoir arrêté les traitements plus tôt en saison dans le T9 semble donc avoir eu une incidence sur le dépérissement général des parcelles. Par contre, il faut considérer que la prise de données portant sur le dépérissement général des parcelles ne concerne pas uniquement la dartrose. Étant donné que les symptômes peuvent facilement être confondus, la donnée prend en considération les symptômes de brûlure hâtive, de même que la sénescence naturelle des plants. Dans le cas de ce site d'essai, nous ne sommes donc pas en mesure de conclure sur l'efficacité des traitements à réduire le dépérissement associé directement à la dartrose. On peut par contre affirmer que les traitements foliaires de Quadris F et de Quadris Top possèdent une bonne efficacité à contrôler la brûlure hâtive puisque cette maladie était la principale cause du dépérissement général des parcelles.

Rendement

Les rendements observés sur le site d'essai #2 ont été beaucoup plus élevés, s'apparentant davantage aux rendements normalement obtenus par les producteurs de pomme de terre. Le rendement le plus faible a été observé dans les parcelles non traitées (24 153 kg/ha) alors qu'il a atteint son maximum dans les parcelles soumises au T3 (33 524 kg/ha). Par contre, les analyses statistiques n'ont rapporté aucune différence significative ($P = 0,4954$) entre les traitements en regard du rendement total. Il en est de même pour les rendements en pommes de terre selon les diverses catégories (tableau 4). Les programmes d'utilisation des fongicides que nous avons testés n'ont donc pas eu d'effet sur les rendements.

Symptômes sur les tubercules

Pour le site #2, l'incidence des symptômes de dartrose a été beaucoup moins élevée qu'au site #1. C'est dans les parcelles non traitées que l'incidence de la maladie a été la plus élevée, soit 26,00 %. Dans les parcelles soumises aux T3 et T9, seulement 10,00 % des tubercules présentaient des symptômes de dartrose, ce qui s'est avéré statistiquement inférieur à l'incidence retrouvée dans les parcelles non traitées ($P = 0,0103$) (tableau 3). Les tubercules récoltés dans les parcelles recevant les autres traitements n'ont pas démontré une incidence significativement différente de celle enregistrée dans le témoin non traité. Ces données suggèrent que les applications de Quadris F dans le sillon à la plantation, suivi d'applications foliaires des fongicides Quadris F et Quadris Top à compter de 30 après la plantation, ont réduit l'incidence des symptômes de dartrose sur les tubercules. Par contre, sur la base de ces résultats, il n'apparaît pas nécessaire de poursuivre les applications foliaires au-delà de 60 jours après la plantation.

Les données portant sur la sévérité des symptômes de dartrose et le pourcentage de déclassement des tubercules n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques, car les valeurs en cause étaient négligeables. En effet, le maximum de recouvrement par les symptômes a été observé dans les parcelles recevant le T2 et s'élevait à seulement 0,23 %. Aussi, aucun tubercule récolté sur ce site n'a été déclassé de par la présence de symptômes de *C. coccodes*.

Saison 2015-Site d'essai #3

Symptômes au champ

Pour le site d'essai #3, les premiers véritables symptômes de dartrose ont été observés le 31 juillet. Les données relatives aux observations du 10, du 14, du 17 et du 24 août ont fait l'objet d'analyses statistiques. Lors de la dernière prise de données, dans les parcelles non traitées, le dépérissement général des parcelles atteignait 97,25 % et 86,25 % des tiges de pommes de terre présentaient des symptômes de dartrose. La pression exercée par *C. coccodes* sur ce site a donc été plutôt forte. Par contre, malgré des écarts marqués en terme de tiges avec des symptômes de dartrose, à aucun moment les valeurs se sont avérées significativement différentes de celles observées dans les parcelles non traitées (tableau 5), ni pour

le pourcentage de dépérissement des parcelles. Les stratégies de traitements testées n'ont donc pas été en mesure d'influencer la progression de la dartoise sur les parties aériennes des plants.

Rendement

Les rendements obtenus sur ce site d'essai se sont avérés très bons, oscillant autour de 40 000 kg/ha. C'est dans les parcelles recevant le T9 que le rendement total a été le plus élevé (46 513 kg/ha) alors que le rendement le plus faible a été enregistré dans les parcelles recevant le T2 (35 946 kg/ha). Cependant, ces différences ne se sont pas avérées significatives selon les analyses statistiques effectuées ($P = 0,6569$). Il en est de même pour les différents calibres mesurés, à la fois en terme de rendement (kg/ha) et en pourcentage du rendement (%) (tableau 6). Les différentes stratégies de traitements mises en œuvre n'ont donc pas eu un impact sur les rendements. De façon générale, malgré l'abondance des symptômes observés dans les parcelles, on peut également émettre l'hypothèse que la dartoise n'a pas influencé négativement les rendements comme ce fut le cas au site #1 en 2014.

Symptômes sur les tubercules

L'incidence des symptômes de dartoise sur les tubercules fut relativement élevée sur ce site d'essai. En effet, dans les parcelles ne recevant aucun traitement dirigé contre la dartoise (T1), 81,00 % des tubercules présentaient des symptômes de dartoise. L'incidence des symptômes la plus faible a été observée dans les parcelles recevant le T4 et le T2, avec respectivement 65,00 % et 66,00 % des tubercules atteints. Par contre, les analyses statistiques ont démontré que l'incidence était statistiquement similaire pour tous les traitements étudiés ($P = 0,6628$). Pour ce qui est de la sévérité des symptômes, 14,96 % de la superficie des tubercules récoltés dans les parcelles traitées avec le T5 étaient affectées par la dartoise. Ce pourcentage de sévérité étaient à son plus bas dans les parcelles traitées avec le T7 (8,07 %). Dans les parcelles non traitées, les tubercules présentaient des symptômes de dartoise sur 13,33 % de leur superficie en moyenne. Encore une fois, les analyses statistiques n'ont pas été en mesure de mettre en lumière des différences significatives entre la sévérité des symptômes de dartoise observés pour les différents traitements ($P = 0,5943$). Dans les parcelles traitées avec le T5, 19,00 % des tubercules ont été déclassés puisqu'ils présentaient des symptômes de dartoise sur plus de 25 % de leur superficie. Le déclassement a été le plus faible dans les parcelles recevant le T3 (9,00 %) alors qu'il était de 16,00 % dans les parcelles ne recevant aucun traitement dirigé spécifiquement envers la dartoise (T1). Le pourcentage de déclassement s'est toutefois avéré statistiquement comparable pour tous les traitements étudiés ($P = 0,7969$) (tableau 7).

Sur ce site d'essai, les différentes stratégies d'utilisation des fongicides à base d'azoxystrobine n'ont donc pas été en mesure d'influencer l'incidence et la sévérité des symptômes de *C. coccodes* sur les tubercules récoltés comparativement au témoin non traité. Il en va de même pour le pourcentage de déclassement des tubercules.

Saison 2015-Site d'essai #4

Symptômes au champ

Pour le site d'essai #4, les premiers symptômes de dartoise sur les tiges de pommes de terre ont été observés le 13 août et un total de quatre prises de données ont été effectuées et soumises aux analyses statistiques. Le pourcentage de tiges affectées par *C. coccodes* a culminé à 76,00 % dans les parcelles non traitées (T1) lors de l'évaluation finale réalisée le 8 septembre. À ce moment, le pourcentage de dépérissement général de ces parcelles atteignait 93,75 %. C'est dans les parcelles recevant le T5 que ce pourcentage de tiges avec symptômes de dartoise s'est avéré le plus faible, soit 35,63 %, tandis que le pourcentage de dépérissement se situait à 62,25 %. Par contre, concernant l'évaluation du 8 septembre, les analyses statistiques n'ont pas été en mesure de démontrer la présence de différences significatives entre les données recueillies pour les différents traitements étudiés, et ce à la fois pour le pourcentage de dépérissement des parcelles ($P = 0,5771$) et le pourcentage de tiges avec symptômes de dartoise ($P = 0,7567$). Il en est de même pour les évaluations effectuées au préalable (tableau 8).

La pression exercée sur ce site semble avoir été plus faible que sur les sites d'essais #1 et #3, mais nettement supérieure à celle enregistrée sur le site #2 en 2014. Par contre, les programmes de traitement

que nous avons testé n'ont pas été en mesure d'influencer l'expression des symptômes de dartoise sur les parties aériennes des plants de pommes de terre. La variabilité entre les parcelles est probablement en cause. À titre d'exemple, au moment de la dernière évaluation, le pourcentage de tiges avec symptômes de dartoise variait entre 25 et 99 % dans les parcelles non traitées, et entre 5 et 90 % dans les parcelles exposées au T3.

Rendement

Parmi tous les sites d'essais, le site #4 est celui ayant enregistré les rendements les plus élevés. En effet, le rendement maximum a été observé dans les parcelles recevant le T8 (64 512 kg/ha) et aucun des traitements n'a obtenu un rendement inférieur à 50 000 kg/ha. Le rendement s'élevait à 54 281 kg/ha dans les parcelles non traitées. De façon générale, entre 60,55 % (T4) et 75,73 % (T8) du rendement était produit par des pommes de terres de gros calibre (diamètre de 75 mm et +) (tableau 9).

Par contre, c'est seulement en regard du rendement en pommes de terre de calibre moyen que les analyses statistiques ont été en mesure de signaler des différences significatives entre les traitements ($P = 0,0449$). On retrouvait davantage de tubercules de calibre moyen dans les parcelles du T4 (18 149 kg/ha) comparativement aux parcelles non traitées (T1 = 12 705 kg/ha) et aux parcelles recevant les traitements #2, #5, #6 et #8. Le rendement en tubercules de calibre moyen obtenu dans les parcelles soumises aux T3, au T7 et au T9 s'est avéré statistiquement similaire à celui observé dans les parcelles non traitées (T1) et dans les parcelles exposées au T4. Cependant, l'observation attentive des données nous indique que ces différences de rendement ne semblent pas attribuables à l'expression des symptômes de *C. coccodes* sur les plants de pomme de terre.

Symptômes sur les tubercules

C'est sur les tubercules récoltés dans les parcelles non traitées (T1 = 38,00 %) et les parcelles exposées au T2 (34,00 %) que l'incidence des symptômes de dartoise était la plus élevée, et ce de façon significative comparativement aux autres traitements ($P < 0,0001$). De façon générale, toutes les stratégies de traitement incluant des applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top, en combinaison ou non avec une application de Quadris F dans le sillon à la plantation, ont procuré une réduction significative de l'incidence des symptômes de dartoise sur les tubercules. Également, c'est dans les parcelles exposées au T3 que le pourcentage de tubercules présentant des symptômes d'infection par *C. coccodes* a été la plus faible (5,00 %), et ce de façon significative comparativement à tous les traitements, hormis le T4 et le T9. Les stratégies de traitement basées uniquement sur l'utilisation de pulvérisations foliaires (T6 à T8) ont obtenu un pourcentage d'incidence de symptômes de dartoise sur les tubercules similaire au T4 et au T5 (tableau 7).

Ces résultats suggèrent que le programme faisant intervenir l'application de Quadris F dans le sillon au moment de la plantation, suivie de pulvérisations foliaires avec Quadris F et Quadris Top à compter de l'émergence complète de la culture (30 jours après la plantation), a été le plus efficace pour réduire l'incidence des symptômes de dartoise sur les tubercules à la récolte. Par contre, considérant que l'efficacité du T3 et du T9 à réduire cette incidence des symptômes est statistiquement similaire, on peut présumer qu'il n'est pas justifié de poursuivre les traitements au-delà de 60 jours après la plantation. Les parcelles soumises au T4 et au T5 ont d'ailleurs obtenu un pourcentage d'incidence de dartoise sur les tubercules similaires à celles recevant le T9. Ceci semble donc corroborer encore une fois cette hypothèse. Également, les résultats illustrent qu'un programme d'intervention basé uniquement sur des pulvérisations foliaires (T6 à T8) est en mesure d'offrir une certaine réduction de l'incidence des symptômes de dartoise sur les tubercules filles. Par contre, cette réduction n'est pas optimale. Enfin, l'application de Quadris F seulement dans le sillon à la plantation, sans aucune intervention foliaire subséquente, ne semble pas suffisante pour diminuer l'incidence des symptômes de dartoise sur les tubercules à la récolte.

En terme de sévérité des symptômes, la superficie des tubercules atteint par *C. coccodes* s'est avérée relativement faible, le maximum étant atteint dans les parcelles non traitées (1,63 %). Tous les traitements testés ont été en mesure de maintenir la sévérité des symptômes de dartoise égale ou inférieure à 0,50 % de la superficie des tubercules. Cependant, aucune des stratégies de traitement étudiées n'a été en mesure de réduire de façon significative le pourcentage de recouvrement des tubercules par les symptômes de

dartrose comparativement aux parcelles non traitées ($P = 0,1174$). La sévérité des symptômes de dartrose sur les tubercules fut donc plus faible au site d'essai #4 comparativement aux sites #1 et #3. La sévérité observée a été toutefois nettement plus élevée que celle enregistrée au site d'essai #2 en 2014. Enfin, le pourcentage de tubercules présentant des symptômes de dartrose sur plus de 25 % de leur superficie était cependant négligeable. Les données concernant le déclassement des tubercules n'ont donc pas fait l'objet d'analyses statistiques pour le site #4 (tableau 7).

Conclusion

Le projet nous aura permis d'en apprendre davantage sur la dartrose de la pomme de terre. Nous avons été en mesure d'observer une pression très élevée de la maladie sur deux des quatre sites d'essai et nous avons été témoin de différentes manifestations de l'infection causée par *C. coccodes*. Entre autres, le dépérissement rapide des plants au site d'essai #1 lors de la saison 2014 nous a permis de constater que la maladie pouvait affecter de façon fulgurante les cultures de pommes de terre et les rendements subséquents.

Considérant les données obtenues lors des deux années d'expérimentations, il est plutôt difficile d'établir quelle est la meilleure stratégie d'intervention à appliquer afin de contrôler la dartrose de la pomme de terre. En effet aucune des stratégies n'a réussi à procurer une protection claire et marquée contre la dartrose. Certains indices suggèrent cependant qu'il serait préférable de débiter les traitements tôt, dès l'émergence complète de la culture, soit autour de 30 jours après la plantation. Les applications débutant 45 jours après la plantation semblent également posséder une certaine efficacité. Toutefois, l'analyse des données nous font présumer qu'il n'est pas justifié de poursuivre les traitements foliaires avec le Quadris F et le Quadris Top au-delà de 60 jours après la plantation, soit vers la fin de la floraison concernant le cultivar Norland. Les données qui nous permettent d'établir ce constat sont les suivantes :

- Symptômes au champ observé sur le site #1 en 2014 : *le pourcentage de dépérissement général des parcelles était significativement plus bas dans les parcelles recevant le T3, le T4 et le T9.*
- Symptômes au champ observés sur le site #2 en 2014 : *le pourcentage de tiges manifestant des symptômes de dartrose était nul dans les parcelles du T3 et du T6, et très faible pour celles du T9.*
- Symptômes sur les tubercules observés sur le site #2 en 2014 : *les tubercules récoltés dans les parcelles du T3 et du T9 présentaient un pourcentage d'incidence de symptômes de dartrose plus faible que celui retrouvé dans les parcelles non traitées.*
- Symptômes sur les tubercules observés sur le site #4 en 2015 : *les parcelles exposées au T3 présentaient un pourcentage de tubercules atteint de symptômes d'infection par *C. coccodes* plus faible comparativement à tous les traitements, hormis le T4 et le T9.*

Les données recueillies nous révèlent aussi qu'un certain effet de synergie semble se manifester entre les applications dans le sillon de Quadris F et les applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top. En effet, ce sont les stratégies d'intervention faisant appel aux deux types d'application qui semblent avoir procuré la meilleure efficacité. Les applications foliaires seules se sont généralement révélées moins efficace contre la dartrose sur les plants et les tubercules. Aussi, les applications de Quadris F dans le sillon seulement se sont avérées inaptes à contrôler convenablement la dartrose de la pomme de terre selon les différentes données que nous avons recueillies.

Aussi, il est pertinent de rappeler que les différentes stratégies de traitements étudiées n'ont pas, sauf à une exception, eu d'impact en regard des rendements obtenus. Des travaux antérieurs ont établi que la dartrose peut engendrer des baisses de rendements ou une réduction du calibre de pommes de terre, mais cet effet ne se manifeste pas à toutes les occasions (Nitzan *et al.* 2005, Cummings *et al.* 2008, Pasche *et al.* 2010). Par contre, il faut bien comprendre que nos dispositifs n'incluaient pas de parcelles témoins exemptes de *C. coccodes* nous permettant de juger de l'impact direct de cette maladie sur le rendement et le calibre des pommes de terre. L'observation de réduction importante de rendement est également dépendante du moment où la maladie entraîne le dépérissement de la plante.

Malgré qu'il soit intéressant d'avoir été en mesure de documenter une réduction de l'incidence des symptômes de dartoïse de la part de certaines des stratégies de traitement, il faut également considérer la sévérité des symptômes et le déclassement des tubercules pour juger adéquatement de leur efficacité. Or, pour deux des quatre sites d'essai, le pourcentage de tubercules déclassés pour cause de présence d'infection par *C. coccodes* sur plus de 25 % de leur superficie s'est avéré négligeable. Pour les deux autres sites d'essais, malgré des écarts raisonnables entre certains des traitements étudiés, aucune des stratégies n'a été en mesure de réduire de façon significative le pourcentage de déclassement comparativement aux parcelles non traitées. Dans le cadre de ce projet, les interventions avec les fongicides n'ont donc pas été en mesure d'influencer le pourcentage de tubercules déclassés à un niveau qui soit appréciable pour les producteurs de pomme de terre.

En considérant l'ensemble des données recueillies dans le cadre des deux années d'essais, on remarque que le niveau de contrôle sur les tubercules filles semble modulé par le niveau de pression exercé par *C. coccodes*. Dans les cas de forte pression, comme ce fut le cas sur les sites d'essais #1 et #3, les stratégies d'interventions testées paraissent avoir un effet limité, et ce indépendamment des données utilisées pour documenter l'efficacité des approches. Dans les cas de pression faible (site #2) à moyenne (site #4), les interventions foliaires ont été en mesure de jouer un certain rôle quant à la réduction du pourcentage de tubercules atteint de symptômes d'infection par *C. coccodes*. Ceci nous porte à croire qu'en présence d'un inoculum élevé de dartoïse de la pomme de terre dans les sols, les pulvérisations de fongicides dirigées sur le feuillage n'apparaissent pas en mesure de protéger adéquatement les tubercules filles. Dans ces conditions, l'infection des tubercules semble pratiquement automatique dans les champs avec un historique de pression élevée.

Également, en plus d'être une maladie difficile à contrôler, la dartoïse de la pomme de terre se montre comme étant une maladie difficile à étudier. En effet, le lien entre les dommages observés au champ, les rendements et les symptômes de dartoïse sur les tubercules récoltés est ambigu. Entre autres, les symptômes visuels de la dartoïse sur les parties aériennes des plants ne semblent pas être un indicateur fiable de la gravité des symptômes pouvant être observés sur les tubercules filles. De plus, le niveau d'inoculum dans le sol est hétérogène à l'échelle des sites d'essais, ce qui pourrait expliquer une bonne partie de la variabilité observée dans la réponse des traitements étudiés. Ceci complique par la suite l'analyse statistique des données. D'autres types de mesure faisant appel à des techniques de microbiologie ou de biologie moléculaire pourraient être envisagés lors de futurs essais.

En résumé, sur la base des données recueillies, nous pensons qu'une stratégie d'intervention axée sur l'utilisation du Quadris F dans le sillon au moment de la plantation, suivi d'applications foliaires de Quadris F et de Quadris Top à compter de l'émergence complète de la culture, pourrait, dans certaines conditions, s'avérer pertinente pour lutter contre la dartoïse de la pomme de terre. Toujours selon nos données, il apparaît préférable de concentrer les pulvérisations foliaires entre 30 et 45 jours après la plantation, car les applications effectuées au-delà ne semblent pas en mesure de contrôler adéquatement les dommages. Nos conclusions complètent ce qui était suggéré par d'autres auteurs, à savoir que les interventions préventives effectuées tôt en saison sont à privilégier pour lutter contre la dartoïse (Cummings *et al.* 2008, Pasche *et al.* 2010, Ingram *et al.* 2011). Toutefois, nos résultats suggèrent que le potentiel d'efficacité de cette stratégie est probablement moins élevé dans le cas où les pommes de terre sont cultivées sur un site ayant subi une forte pression de la part de *C. coccodes* dans le passé.

Enfin, il faut considérer que le Quadris F appliqué dans le sillon à la plantation des pommes de terre n'est présentement pas homologué pour lutter contre la dartoïse, mais contre la tache argentée (*Helminthosporium solani*). Aussi, nous croyons qu'il serait souhaitable d'inclure dans la stratégie d'intervention des traitements avec le fongicide Luna Tranquility (fluopyram et pyriméthanol) malgré que celui-ci soit homologué en répression seulement contre la dartoïse. Ceci aurait comme effet de réduire les risques et la rapidité de développement de résistance de la part de *C. coccodes* envers l'azoxystrobine et de maintenir l'efficacité relative des applications de Quadris F et de Quadris Top à la ferme. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'une stratégie d'intervention basée uniquement sur l'utilisation de fongicides chimiques implique des coûts financiers et environnementaux élevés et s'avère d'une efficacité limitée. Manifestement,

des efforts de recherche supplémentaires dans le but d'améliorer la lutte contre la dartrose de la pomme de terre seraient pertinents. En autres, une meilleure caractérisation des cycles d'infection des plants et des tubercules de pommes de terre par *C. coccodes* pourrait permettre de cibler avec d'avantage de précision les périodes d'intervention appropriées. Également, des travaux portant sur la résistance des cultivars et les pratiques culturales permettant de réduire l'inoculum de dartrose dans les sols pourraient apporter une aide précieuse aux producteurs de pommes de terre.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Nous tenons également à remercier les deux entreprises ayant pris part à cette étude pour leur participation active et pour leur aide dans la réalisation des essais.

Références citées

- Cummings T. F. *et al.* (2008). Effectiveness of early-season, single applications of azoxystrobin for the control of potato black dot as evaluated by three assessment methods. *American Journal of Potato Research*. 85: 422-431.
- Ingram, J. *et al.* (2011). Response of *Colletotrichum coccodes* to selected fungicides using a plant inoculation assay and efficacy of Azoxystrobin applied by chemigation, *American Journal of Potato Research*. 88:309-317.
- Nitzan N., *et al.* (2005). Effect of seed-tuber generation, soilborne inoculum, and azoxystrobin application on development of potato black dot caused by *Colletotrichum coccodes*. *Plant Disease* 89 :1181-1185.
- Nitzan N. *et al.* (2006). Colonization of potato plants after aerial infection by *Colletotrichum coccodes*, causal agent of potato black dot. *Plant disease*. 90: 999-1003.
- Pasche, J.S. *et al.* (2010). Colonization of potato by *Colletotrichum coccodes*: Effect of soil infestation and seed tuber and foliar inoculation. *Plant Disease* 94: 905–914.

ANNEXE

Tableau 1. Symptômes observés au champ au site #1 et au site #2 – saison 2014

Traitement	Description	Site #1					Site #2	
		Dépérissement des parcelles (%)					Tiges avec symptômes de dartoze (%)	Dépérissement des parcelles (%)
		24-juil	28-juil	01-août	05-août	08-août	03-sept	03-sept
T1	Témoin non traité	27,50 a*	35,00 a	55,00 a	80,00 a	90,00 a	7,25 a	98,25 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	19,25 a	27,50 a	40,00 ab	66,25 abc	81,25 a	4,50 ab	93,75 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	8,75 a	16,28 a	25,25 b	43,00 bc	57,00 a	0,00 c	31,25 cd
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	11,25 a	18,75 a	25,00 b	40,00 bc	50,00 a	1,00 bc	21,25 d
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	20,00 a	28,75 a	43,75 ab	73,75 ab	83,75 a	2,25 bc	43,75 c
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	25,00 a	33,75 a	55,00 a	80,00 a	90,00 a	0,00 c	30,00 cd
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	10,00 a	22,50 a	32,50 ab	52,50 abc	65,00 a	1,75 bc	46,25 c
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	17,53 a	27,75 a	40,50 ab	66,25 abc	71,63 a	1,50 bc	37,50 cd
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	9,25 a	14,25 a	20,50 b	34,50 c	46,00 a	0,75 bc	70,00 b
Valeur de P		0,0659	0,2620	0,0390	0,0266	0,0823	0,0121	< 0,0001

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan** ($\alpha = 0.05$).

Tableau 2. Rendement total et selon les calibres obtenus au site #1 – saison 2014

Traitement	Description	Rendement selon les calibres						Rendement total
		Petit : moins de 45 mm		Moyen : 45 à 75 mm		Gros : 75 mm et +		
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha
T1	Témoin non traité	28,60 a*	2641 a	70,74 a	6488 a	0,66 a	58 a	9187 abc
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	27,53 a	1888 a	67,69 a	5394 a	4,78 a	345 a	7627 c
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	20,59 a	2295 a	71,49 a	8644 a	7,92 a	1209 a	12148 ab
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	22,83 a	1807 a	68,51 a	5231 a	8,66 a	602 a	7641 c
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	25,78 a	2360 a	73,56 a	6806 a	0,67 a	57 a	9222 abc
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	29,34 a	2343 a	70,66 a	5840 a	0,00 a	0 a	8183 bc
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	26,18 a	2285 a	70,91 a	6382 a	2,91 a	120 a	8788 bc
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	24,71 a	2277 a	70,49 a	6589 a	4,80 a	399 a	9266 abc
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	17,29 a	2092 a	72,82 a	9535 a	9,89 a	1597 a	13224 a
Valeur de <i>P</i>		0,2322	0,4006	0,9816	0,0894	0,3031	0,1067	0,0474

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$)**.

Tableau 3. Symptômes de dartrose sur les tubercules au site #1 et #2 – saison 2014

Traitement	Description	Symptômes de dartrose sur les tubercules					
		Site # 1			Site # 2		
		Incidence (%)	Sévérité (%)	Déclassement (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Déclassement (%)
T1	Témoin non traité	94,00 ab*	26,65 a	41,00 a	26,00 a	0,05 -	0,00 -
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	92,00 abc	17,25 a	26,00 a	24,00 a	0,23 -	0,00 -
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	97,00 a	17,76 a	22,00 a	10,00 b	0,01 -	0,00 -
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	84,00 cd	18,19 a	32,00 a	20,00 ab	0,02 -	0,00 -
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	95,00 ab	24,52 a	39,00 a	25,00 a	0,04 -	0,00 -
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	96,00 a	20,59 a	30,00 a	16,00 ab	0,02 -	0,00 -
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	89,00 abcd	21,78 a	29,00 a	16,00 ab	0,02 -	0,00 -
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	82,00 d	15,83 a	23,00 a	17,00 ab	0,03 -	0,00 -
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	86,00 bcd	16,82 a	24,00 a	10,00 b	0,02 -	0,00 -
Valeur de P		0,0066	0,1547	0,1879	0,0103	-	-

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$).

Tableau 4. Rendement total et selon les calibres obtenus au site #2 – saison 2014

Traitement	Description	Rendement selon les calibres						Rendement total
		Petit : moins de 45 mm		Moyen : 45 à 75 mm		Gros : 75 mm et +		
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha
T1	Témoin non traité	8,39 a*	2011 a	76,61 a	18532 a	15,00 a	3610 a	24153 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	8,04 a	2271 a	72,95 a	21542 a	19,02 a	5878 a	29692 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	6,55 a	2176 a	68,58 a	22835 a	24,87 a	8513 a	33524 a
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	8,14 a	2383 a	73,36 a	21646 a	18,50 a	5989 a	30019 a
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	7,99 a	2279 a	71,97 a	21314 a	20,03 a	6196 a	29789 a
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	7,50 a	2411 a	68,69 a	22160 a	23,81 a	7700 a	32271 a
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	6,53 a	1992 a	67,56 a	20945 a	25,90 a	8280 a	31218 a
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	7,84 a	2198 a	70,41 a	21075 a	21,74 a	6913 a	30186 a
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	9,69 a	2782 a	72,12 a	20843 a	18,19 a	5253 a	28878 a
Valeur de <i>P</i>		0,4672	0,1765	0,1859	0,8255	0,1844	0,2603	0,4954

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan** ($\alpha = 0.05$).

Tableau 5. Symptômes observés au champ au site #3 – saison 2015

Traitement	Description	Dépérissement des parcelles (%)				Tiges avec symptômes de dartoise (%)			
		10-août	14-août	17-août	24-août	10-août	14-août	17-août	24-août
T1	Témoin non traité	14,50 a*	31,25 a	73,75 a	97,25 a	2,63 a	10,88 a	26,31 a	86,25 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	13,00 a	27,50 a	72,50 a	95,75 a	1,38 a	5,25 a	20,75 a	71,25 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	12,50 a	26,25 a	73,75 a	94,75 a	2,00 a	7,25 a	22,63 a	78,75 a
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	15,25 a	33,75 a	66,00 a	89,75 a	1,50 a	8,00 a	29,13 a	65,00 a
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	9,50 a	25,00 a	75,00 a	95,75 a	1,38 a	5,38 a	20,56 a	63,75 a
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	18,25 a	34,25 a	75,00 a	94,75 a	3,38 a	13,38 a	26,75 a	72,50 a
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	12,50 a	26,25 a	65,00 a	95,25 a	1,75 a	8,25 a	20,81 a	72,50 a
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	15,00 a	33,75 a	70,50 a	96,25 a	3,00 a	11,13 a	28,75 a	77,50 a
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	13,75 a	32,00 a	69,25 a	86,00 a	1,88 a	8,63 a	26,94 a	65,00 a
Valeur de P		0,9947	0,9995	0,9969	0,6804	0,8759	0,7077	0,9917	0,9260

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$)**.

Tableau 6. Rendement total et selon les calibres obtenus au site #3 – saison 2015

Traitement	Description	Rendement selon les calibres						Rendement total
		Petit : moins de 45 mm		Moyen : 45 à 75 mm		Gros : 75 mm et +		
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha
T1	Témoin non traité	4,76 a*	2 121 a	50,86 a	22 085 a	44,38 a	19 690 a	43 897 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	5,60 a	1 970 a	57,44 a	20 174 a	36,96 a	13 802 a	35 946 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	4,37 a	1 742 a	46,12 a	19 029 a	49,51 a	21 267 a	42 039 a
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	5,43 a	2 189 a	53,33 a	21 682 a	41,25 a	16 920 a	40 791 a
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	5,11 a	1 865 a	54,94 a	20 297 a	39,95 a	15 306 a	37 468 a
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	5,35 a	2 168 a	46,62 a	19 482 a	48,03 a	21 956 a	43 606 a
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	5,63 a	2 344 a	49,99 a	20 628 a	44,38 a	20 249 a	43 221 a
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	4,06 a	1 583 a	49,72 a	18 999 a	46,23 a	17 716 a	38 297 a
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	5,44 a	2 465 a	47,14 a	21 705 a	47,43 a	22 343 a	46 513 a
Valeur de P		0,8345	0,3190	0,6766	0,7105	0,7429	0,7827	0,6569

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan** ($\alpha = 0.05$).

Tableau 7. Symptômes de dartrose sur les tubercules au site #3 et #4 – saison 2015

Traitement	Description	Symptômes de dartrose sur les tubercules					
		Site # 3			Site # 4		
		Incidence (%)	Sévérité (%)	Déclassement (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Déclassement (%)
T1	Témoin non traité	81,00 a*	13,33 a	16,00 a	38,00 a	1,63 a	2,00 -
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	66,00 a	9,96 a	12,00 a	34,00 a	0,50 a	0,00 -
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	79,00 a	11,88 a	9,00 a	5,00 d	0,14 a	0,00 -
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	65,00 a	10,31 a	11,00 a	11,00 bcd	0,07 a	0,00 -
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	75,00 a	14,96 a	19,00 a	12,00 bc	0,21 a	0,00 -
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	77,00 a	10,05 a	10,00 a	16,00 b	0,13 a	0,00 -
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	73,00 a	8,07 a	12,00 a	14,00 b	0,31 a	0,00 -
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	75,00 a	9,93 a	11,00 a	16,00 b	0,10 a	0,00 -
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	75,00 a	13,70 a	17,00 a	6,00 cd	0,02 a	0,00 -
Valeur de P		0,6628	0,5943	0,7969	< 0,0001	0,1174	-

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$).

Tableau 8. Symptômes observés au champ au site #4 – saison 2015

Traitement	Description	Dépérissement des parcelles (%)				Tiges avec symptômes de dartrose (%)			
		24-août	27-août	02-sept	08-sept	24-août	27-août	02-sept	08-sept
T1	Témoin non traité	67,50 a*	72,50 a	81,25 a	93,75 a	32,63 a	49,13 a	68,50 a	76,00 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	61,25 a	68,50 a	77,00 a	90,00 a	26,25 a	37,00 a	57,50 a	65,00 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	41,25 a	49,75 a	56,25 a	72,25 a	17,50 a	32,50 a	40,00 a	45,00 a
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	51,25 a	58,75 a	65,00 a	77,00 a	18,38 a	29,63 a	49,38 a	56,88 a
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	33,75 a	42,50 a	47,50 a	62,25 a	15,75 a	20,50 a	29,88 a	35,63 a
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	33,75 a	45,00 a	53,75 a	68,75 a	16,38 a	28,63 a	40,00 a	45,00 a
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	46,75 a	51,25 a	65,00 a	75,00 a	14,13 a	21,25 a	43,00 a	55,00 a
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	53,75 a	62,50 a	73,75 a	81,50 a	19,88 a	29,50 a	51,25 a	61,25 a
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	43,75 a	56,25 a	64,75 a	85,00 a	16,25 a	30,00 a	46,25 a	51,25 a
Valeur de P		0,7623	0,8355	0,7465	0,5771	0,4392	0,5581	0,7984	0,7567

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$).

Tableau 9. Rendement total et selon les calibres obtenus au site #4 – saison 2015

Traitement	Description	Rendement selon les calibres						Rendement total
		Petit : moins de 45 mm		Moyen : 45 à 75 mm		Gros : 75 mm et +		
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha
T1	Témoin non traité	4,76 a	2 473 a	23,74 a	12 705 b	71,50 a	39 103 a	54 281 a
T2	Quadris dans le sillon à la plantation seulement	3,71 a	2 093 a	22,41 a	12 720 b	73,88 a	41 938 a	56 750 a
T3	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 30 JAP	4,87 a	2 327 a	28,03 a	14 061 ab	67,10 a	35 627 a	52 014 a
T4	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 45 JAP	4,74 a	2 472 a	34,71 a	18 149 a	60,55 a	35 124 a	55 746 a
T5	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires à compter de 60 JAP	4,35 a	2 563 a	22,89 a	13 551 b	72,76 a	43 839 a	59 953 a
T6	Applications foliaires à compter de 30 JAP	3,86 a	2 357 a	21,23 a	12 955 b	74,91 a	45 836 a	61 148 a
T7	Applications foliaires à compter de 45 JAP	3,23 a	1 957 a	22,91 a	13 959 ab	73,86 a	45 991 a	61 908 a
T8	Applications foliaires à compter de 45 JAP	2,97 a	1 914 a	21,30 a	13 747 b	75,73 a	48 851 a	64 512 a
T9	Quadris dans le sillon à la plantation + applications foliaires entre 30 JAP et 60 JAP	3,48 a	1 908 a	29,75 a	16 554 ab	66,77 a	37 420 a	55 882 a
Valeur de P		0,3408	0,3490	0,0596	0,0449	0,0789	0,3820	0,6110

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan** ($\alpha = 0.05$).