

Rapport final

No projet : IA113139

Titre : Établissement d'un seuil d'intervention évolutif pour la cécidomyie du pommier et modélisation de l'abondance des populations d'adultes de ce nouveau ravageur

Responsable scientifique : Daniel Cormier, *Ph.D.*

Établissement : IRDA

Date de remise 24 janvier 2017

Section 1 – Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Daniel Cormier, IRDA. Ph. D. Chercheur, entomologiste responsable scientifique. Supervision du projet et participation à toutes les étapes de réalisation du projet ainsi qu'aux communications et publications scientifiques.

Gérald Chouinard, IRDA. Agr. Ph. D. Chercheur, entomologiste, Co-responsable scientifique. Assure le transfert des résultats auprès des membres du Réseau-pommier et participe aux communications et publications scientifiques.

Gaétan Bourgeois, AAC. Ph.D. Chercheur scientifique en bioclimatologie et modélisation. Collabore à l'élaboration des protocoles expérimentaux permettant la collecte de données sur la dynamique de la cécidomyie du pommier et supervise le développement du modèle bioclimatique pour ce ravageur.

Caroline Provost, CRAM. Ph. D., Directrice et chercheuse, CRAM. Apporte son expertise scientifique aux différents volets de recherche et publications. Supervision des essais effectués dans les vergers des Laurentides et participe aux publications scientifiques.

Stéphane P. Lemay, ing., P.Eng., agr., Ph.D., Directeur de la recherche et du développement et responsable autorisé de l' Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Section 2 – Partenaires

Franz Vanoosthuysse, IRDA. M. Sc. Professionnel de recherche en entomologie fruitière. Il coordonne le projet et est responsable de la réalisation des volets 1 et 2.

Manon Laroche, CRAM. Agr., professionnelle de recherche, CRAM. Responsable des essais terrains dans les vergers des Laurentides.

Émilie Turcotte-Côté, Club agroenvironnementale de l'Estrie. Agr. M. Sc. Responsable de la sélection des vergers avec historique de dommages de CDP et responsable du suivi de leur population dans sa région.

Yvon Morin, Club Pro-Pomme. Agr. Responsable de la sélection des vergers avec historique de dommages de CDP et responsable du suivi de leur population dans sa région.

Section 3 – Fiche de transfert (max 2 à 3 pages)

La cécidomyie du pommier : un dépistage critique pour les vergers en implantation

Daniel Cormier, Franz Vanoosthuyse, Dominique Plouffe, Gaétan Bourgeois, Caroline Provost et Gérald Chouinard

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 05/2014 – 01/2017

FAITS SAILLANTS

Maximum de 20 lignes

La cécidomyie du pommier (CDP), *Dasineura mali* (Kieffer), est un nouvel ennemi du pommier au Québec. Il est présent en Europe, Amérique du Nord, Argentine et Nouvelle-Zélande et affecte la croissance des jeunes plantations de pommiers. Les effets de ce ravageur sur la croissance et les rendements futurs des jeunes pommiers sont peu connus. L'objectif de ce projet était d'évaluer l'impact de la CDP sur les pommiers, suivre ses populations dans trois régions productrices de pommes (Estrie, Laurentides et Montérégie), les modéliser et proposer un seuil d'intervention évolutif. Le suivi des populations au verger de l'IRDA a montré que malgré une forte augmentation de l'abondance de CDP adultes dans les premières années après implantation, les dommages aux pousses ont diminué, passant de 90% en 1^{re} année à près de 50% en 2^e et 3^e année et atteignait 13% en 4^e année d'implantation. La sévérité a suivi la même tendance. Nos résultats suggèrent que la CDP n'affecte ni la croissance du pommier dans ses 4 premières années d'implantation, ni le rendement lors de la première année de récolte, soit en 4^e année d'implantation. Il n'a donc pas été possible d'établir un seuil d'intervention pour ces niveaux de populations. Cependant dans les situations où des niveaux de population seraient plus élevés, le niveau de sévérité pourrait être plus important au point d'affecter la croissance et le rendement des pommiers. Le suivi des populations dans trois régions pomicoles, a montré que la CDP était généralement présente dans les vergers du début mai à la fin septembre. Le nombre de génération s'élevait à trois dans la majorité des vergers dépistés. Une quatrième génération a été observée en Montérégie en 2016. Nos analyses suggèrent que le suivi des populations est critique dans les deux premières années d'implantation et que l'abondance des adultes a été corrélée avec l'apparition des dommages. Le modèle de développement saisonnier des populations généré à partir des données, exprime bien les prévisions de développement au début des captures de la première génération de la CDP, mais perd de la précision à mesure que la saison progresse. Le modèle sera disponible dans CIPRA au printemps 2017.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Maximum de 10 lignes

Les objectifs étaient 1) Évaluer l'impact annuel et cumulatif des infestations de la CDP sur la croissance et le rendement de jeunes pommiers en établissement; 2) Suivre l'abondance des adultes de CDP en lien avec les niveaux d'infestation en plantations commerciales dans trois régions pomicoles et 3) Modéliser les populations d'adultes et proposer un seuil d'intervention évolutif. Les populations d'adultes ainsi que les dommages dus aux larves de CDP, la croissance et le rendement de pommiers ciblés ont été suivis dans des parcelles plantées en 2013 et en 2015, au verger de l'IRDA durant trois ans. Les adultes ainsi que les dommages de CDP ont été suivis dans six vergers commerciaux situés en Estrie, en Montérégie et dans les Laurentides. Ces données ont été mises en relation afin de déterminer le lien entre l'abondance des adultes de CDP, les dommages, la croissance et le rendement des pommiers. Les suivis de populations d'adultes sont utilisés afin de créer un modèle bioclimatique de prévision du développement de la CDP.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Environ une page, y compris tableaux, graphiques ou illustrations en autant que possible, et la section suivante « APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ».

1- Évaluation de l'impact annuel et cumulatif des infestations de la CDP sur la croissance et le rendement de jeunes pommiers en établissement.

Le suivi des populations au verger de l'IRDA a montré que l'abondance de CDP adultes a augmenté rapidement durant les premières années suivant l'implantation (Fig. 1). Bien que le nombre de captures de CDP mâles a augmenté d'année en année, les dommages aux pousses (incidence maximale) passaient de 90% en 1^{re} année à près de 50% en 2^e et 3^e année et atteignaient 13% en 4^e année d'implantation. La sévérité a suivi la même tendance (Figs. 1 A et B).

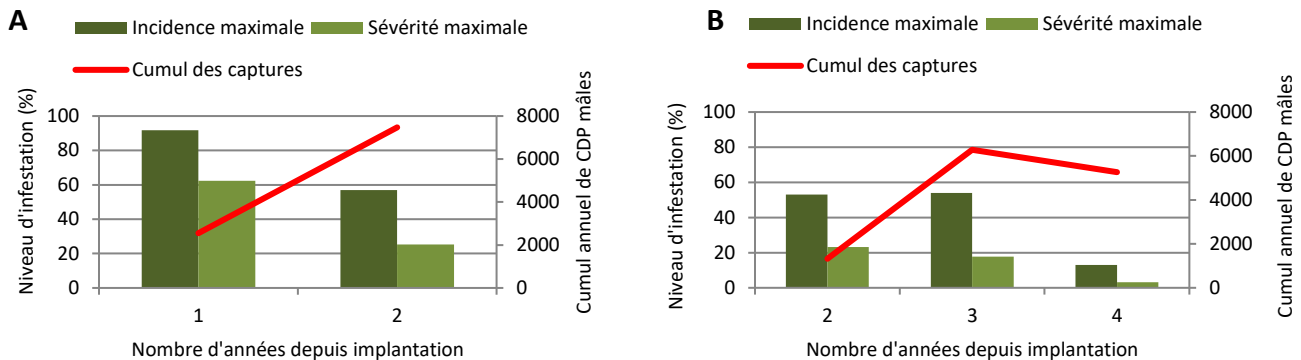


Figure 1. Suivi des populations de CDP mâles et pourcentage d'infestation annuelle dans les plantations 2015 (A) et 2013 (B) de pommiers Cortland au verger de l'IRDA. L'incidence maximale et la sévérité maximale indiquent le nombre de pousses avec symptômes et le nombre de feuilles par pousse avec symptômes, respectivement.

Durant l'année d'implantation (année 1), la CDP affectait plus les arbres en forte croissance (Fig. 2). Cependant, quel que soit l'âge de la plantation que nous avons suivie, le taux de croissance annuel des pommiers n'a pas été influencé par le niveau d'incidence ou de sévérité d'infestation des larves de CDP. De plus, le rendement en première année de production (4^e année après l'implantation) n'a pas été influencé par les infestations de CDP des années précédentes (Fig. 3).

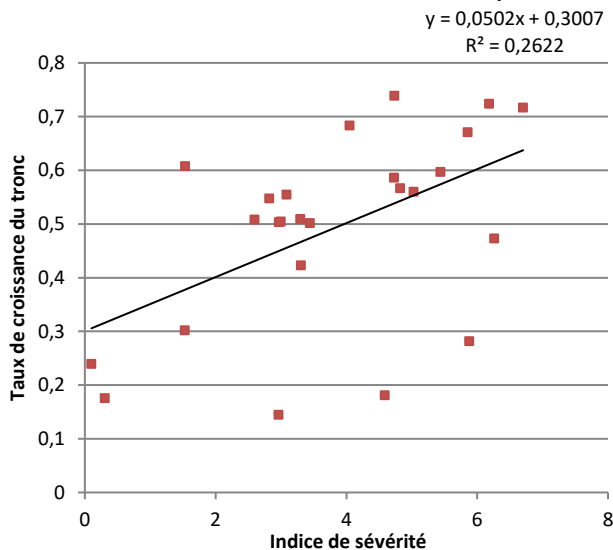


Figure 2. Relation entre le taux de croissance annuelle du tronc et l'indice de sévérité d'infestation de l'année précédente pour la plantation 2015. La corrélation linéaire est significativement différente de 0 ($P = 0,0089$).

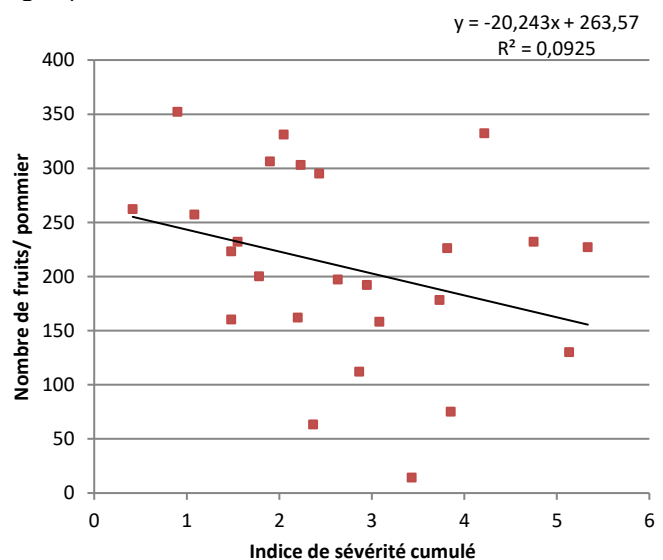


Figure 3. Relation entre le rendement en 2016 (nombre de fruits par pommier) et l'indice de sévérité d'infestation cumulé sur trois ans de croissances (2014-2016) pour la plantation 2013. La corrélation linéaire n'est pas significative ($P = 0,1394$).

2- Suivre l'abondance des adultes de CDP en lien avec les niveaux d'infestation en plantations commerciales dans trois régions pomicoles.

Le nombre de génération de CDP s'élevait à trois dans la majorité des vergers dépistés. La première apparaissait au mois de mai, la deuxième de la mi-juin à la mi-juillet et la troisième de début août à la fin du mois de septembre (Fig. 4). Nous avons observé une quatrième génération en Montérégie autour du 23 août 2016 dans la région la plus chaude de l'étude.

3- Modéliser les populations d'adultes et proposer un seuil d'intervention évolutif

En deuxième année d'implantation, l'abondance des adultes de CDP a été corrélée à 60% avec l'apparition des dommages 14 jours plus tard. Nos analyses suggèrent que le dépistage des populations d'adultes de CDP par un piège Delta Scentry® LP avec une phéromone à CDP, Agralan® (Solida, Qc, Canada) est critique dans les deux premières années d'implantation des pommiers, en verger, et permet de prévoir l'apparition des dommages liés aux larves de CDP. La compilation des données afin de construire le modèle bioclimatique de prévision du développement de CDP a permis de déterminer le nombre de degrés-jours nécessaires à l'insecte pour compléter les 3 générations. Il sera disponible via le logiciel CIPRA au printemps 2017.

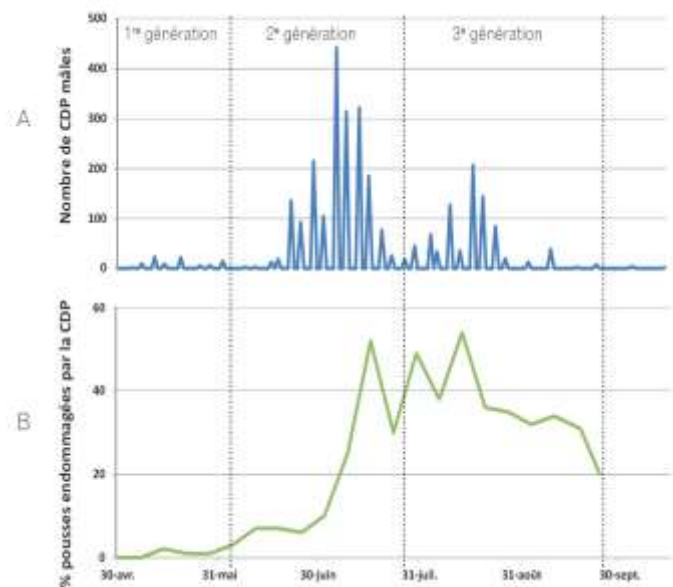


Figure 4. Nombre de CDP mâles capturés (A) et pourcentage de pousses endommagées par la CDP (B).

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

- Le modèle bioclimatique prévisionnel du développement des populations de CDP sera intégré dans le logiciel CIPRA. Le modèle sera accessible aux producteurs et aux conseillers via différentes plateformes telles agrométéo section pomme (<http://www.agrometeo.org/indices/category/pommes>) et celle du réseau-pommier (<http://web2.irda.qc.ca/meteoIRDA/Rimpro/CIPRArapportmodeles.txt>).
- Surveillance du niveau de populations de la CDP durant l'année de plantation et la suivante, particulièrement lors de l'implantation de pommiers âgés d'une année. Dans ce cas, l'incidence et la sévérité risque d'être plus élevées car ces pommiers ont moins de pousses et de feuilles que ceux que nous avons évalués qui étaient âgés de deux ans. Avec des niveaux élevés de CDP en présence d'une plantation de pommiers d'un an, l'infestation peut engendrer la perte du feuillage et affecter la croissance et le rendement des pommiers. Cette situation mériterait d'être évaluée dans un futur projet de recherche car elle représente fort probablement la situation la plus critique en ce qui concerne ce ravageur du feuillage.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Daniel Cormier, Ph. D.
Téléphone : 450-653-7368
Télécopieur : 450-653-1927
Courriel : daniel.cormier@irda.qc.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.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique (joindre en annexe la documentation en appui)

2015. Réunion conjointe de la Société d'entomologie du Québec (SEQ) et de la Société d'entomologie du Canada (SEC). Montréal.

Abundance and Infestation Incidence of Apple Leaf Curling Midge, *Dasineura mali* (Keif.).

Affiche : Turcotte, A., F. Vanoosthuysse, C. Provost, G. Chouinard, D. Plouffe, G. Bourgeois et D. Cormier (Annexe 1)

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (joindre en annexe la documentation en appui)

2015. Journée sur la recherche et l'innovation technologique en pomiculture. Orford.
Population et seuil d'intervention de la cécidomyie du pommier : Premiers résultats.
Conférence : Vanoosthuyse, F. et D. Cormier (Annexe 2)

2015. Journée horticoles et grandes cultures. St-Rémi.
Cécidomyie du pommier : État des connaissances sur ce nouveau ravageur dans les vergers.
Conférence : Vanoosthuyse, F. et D. Cormier (Annexe 3)

2016. Journée sur la recherche et l'innovation technologique en pomiculture. Orford.
Population et seuil d'intervention de la cécidomyie du pommier : ... ça continue.
Conférence : Vanoosthuyse, F. et D. Cormier (Annexe 4)

2016. Journée portes ouvertes du verger de l'IRDA.
La cécidomyie du pommier, *Dasineura mali* (Keif.) : un nouveau ravageur des pommiers au Québec.
Atelier et fiche technique : Vanoosthuyse, F. et D. Cormier (Annexe 5)

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
Des taux d'incidence de 90% et de sévérité de 60% lors de l'année de plantation n'ont pas affecté le développement des pommiers.	Pomiculteurs et conseillers	Aucune nécessité d'appliquer un insecticide contre la cécidomyie du pommier lorsque moins de 90% des pousses sont affectées et que moins de 60% de feuilles d'une pousse soient affectées.	a) Pomiculteurs : conférence aux Journées horticoles de St-Rémi; Conseillers : conférence aux journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique. b) Présenter les résultats de cette recherche aux conseillers pomicoles privés et publiques
Présence de trois générations et parfois quatre, d'adultes de la cécidomyie du pommier capturés du début mai jusqu'à la fin septembre.	Pomiculteurs et conseillers	Dépistage des adultes avec un piège Delta appâté d'une phéromone sexuelle. Installation du piège dès la fin avril.	a) Idem b) Idem
Incorporation des données de captures des adultes de la cécidomyie du pommier dans un modèle bioclimatique prévisionnel.	Pomiculteurs et conseillers	Utilisation du modèle prévisionnel bioclimatique de développement des populations pour prévoir le début de la présence du ravageur et l'abondance de la cécidomyie durant la saison de croissance	a) Idem b) Idem

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Afin d'évaluer l'impact des infestations cumulatives de la cécidomyie du pommier (CDP) sur la croissance et le rendement de jeunes pommiers en établissement et l'abondance des adultes de CDP dans trois régions pomicoles, six producteurs de pommes des régions ciblées ont participé à l'évaluation des deux volets :

- Verger Ferland, en Estrie (2014, 2015 et 2016)
- Les jardins de Pommes, en Estrie (2014, 2015 et 2016)
- Au versant rouge, en Estrie (2014, 2015 et 2016)
- Les Vergers Josée et Jacques, dans les Laurentides (2014, 2015 et 2016)
- Verger Jacques Dubeault, dans les Laurentides (2014)
- Verger Choquette, en Montérégie Est (2015)

Les producteurs ont contribué via l'utilisation de leurs vergers pour réaliser les captures et l'échantillonnage des pousses et en assumant les pertes qui ont pu être occasionnées par les prélèvements de feuilles et de fruits dans les vergers sous étude.

En Estrie et en Montérégie, le volet 2 a été réalisé respectivement grâce à la participation de Madame Émilie Turcotte-Côté du Club agroenvironnemental de l'Estrie et de Monsieur Yvon Morin du Club Pro-Pomme. Madame Caroline Provost, directrice et chercheure au CRAM a supervisé les essais dans le verger situé dans les Laurentides et le projet était sous la responsabilité de Mme Manon Laroche.

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

Introduction

La cécidomyie du pommier (CDP), *Dasineura mali* (Kieffer), est un nouvel ennemi du pommier au Québec. Il est présent en Europe, Amérique du Nord, Argentine et Nouvelle-Zélande et affecte la croissance des jeunes plantations de pommiers (Smith, 2000). Observé pour la première fois au Canada en 1964, cet insecte s'est ensuite répandu dans toutes les provinces productrices de pommes (Nouveau Brunswick, Nouvelle-Écosse, Ontario, Colombie Britannique, Québec) (Eaton et Bent, 1997; Cossentine et al., 2013). Depuis 2006, les populations de ce ravageur émergeant ne cessent d'augmenter dans les vergers des principales régions pomicoles du Québec (Montérégie, Estrie et Laurentides) (Brousseau et al., 2013; Charpentier et Joannin, 2013; Legault et Turcotte-Côté, 2013). Le programme d'appui du MAPAQ à la replantation des vergers en vigueur depuis 2008 a permis de replanter plus de 77 hectares et a relancé les entreprises pomicoles dans leur développement et leur compétitivité. Cependant, la montée rapide de ce nouveau ravageur dans les pépinières et les jeunes plantations nécessite d'évaluer les risques qu'il pose et de développer rapidement une stratégie de lutte pour limiter sa progression. Actuellement, les effets de ce ravageur sur la croissance et les rendements futurs des jeunes pommiers sont peu connus. Il n'existe pas de seuil d'intervention, ce qui oblige les producteurs à diriger, uniquement contre cet insecte, jusqu'à deux applications d'insecticides à large spectre. Les objectifs du projet étaient donc 1) d'évaluer l'impact annuel et cumulatif des infestations de la CDP sur la croissance et le rendement de jeunes pommiers en établissement; 2) de suivre l'abondance des adultes de CDP en lien avec les niveaux d'infestation en plantations commerciales dans trois régions pomicoles et 3) de modéliser les populations d'adultes et proposer un seuil d'intervention évolutif.

Volet 1 - Évaluation de l'impact annuel et cumulatif des infestations de la CDP sur la croissance et le rendement

1.1 Matériel et méthode

1.1.1 Parcelles

Deux parcelles du verger de l'IRDA de 100 Cortland nains, dans un secteur identifié en 2013 comme ayant une population de cécidomyies jugée préoccupantes par le conseiller pomicole.

- 1) parcelle implantée en 2013 suivie durant 3 ans (2014, 2015 et 2016);
- 2) parcelle implantée en 2015 suivie durant 2 ans (2015 et 2016).

Afin de s'assurer d'avoir un éventail de différents niveaux d'infestation causé par la CDP, trois sous-parcelles ont été créées dans chaque parcelle :

- Sous-parcelle sans traitements contre la CDP (suivi de 15 arbres dans cette sous-parcelle);
- Sous parcelle à un traitement de Movento® (spirotétramate, dose de 585_ml/ha) au stade calice (suivi de 15 arbres dans cette sous-parcelle);
- Sous-parcelle à trois traitements de Movento® (spirotétramate, dose de 585_ml/ha) aux stades bouton rose, calice et fin juillet (suivi de 10 arbres dans cette sous-parcelle)

1.1.2 Pommiers : Pour chaque parcelle, les pommiers suivis ont été sélectionnés sur la base du diamètre du tronc à 30 cm du sol, mesuré juste avant le débourrement de la première année d'étude afin d'uniformiser les unités expérimentales. Les pommiers sélectionnés avaient un diamètre du tronc relativement identique. La mise à fruit a été contrôlée par le retrait des fleurs en 2014 et 2015 pour la parcelle implantée en 2013 et en 2015 et 2016 pour la parcelle implantée en 2015. Pour la parcelle implantée en 2013, un éclaircissage manuel a été effectué en 2016 afin de contrôler la charge de la première récolte.

1.1.3 Évaluation des infestations

Le vol des adultes mâles a été suivi de façon hebdomadaire à l'aide de pièges Delta appâtés avec une phéromone à CDP (Distribution Solida). Les pièges ont été placés dans chaque sous-parcelle sans

traitement.

L'incidence (nombre de pousses infestées pour un total de 10 pousses par arbre) et la sévérité (nombre de feuilles infestées sur les six plus jeunes feuilles d'une pousse pour un total de 10 pousses par arbre) des infestations de CDP ont été suivies de façon hebdomadaire sur 25 pommiers par parcelle; 10 pommiers par sous-parcelle sans traitement, 10 pommiers par sous parcelle à un traitement et 5 pommes par sous-parcelle à trois traitements.

1.1.4 Évaluation de la croissance

Mesure du diamètre du tronc à 30 cm du sol à chaque automne pour les 40 pommiers sélectionnés. En 2014, 2015 et 2016 pour la parcelle implantée en 2013 et en en 2015 et 2016 pour la parcelle implantée en 2015. Comparaison avec la mesure prise en début de projet.

1.1.5 Évaluation du rendement

La charge en fruits a été évaluée en troisième année de projet sur les 40 pommiers sélectionnés de la parcelle implantée en 2013 (donnée non prise sur la parcelle implantée en 2015 car trop jeune).

1.2 Résultats et discussions

1.2.1 Évaluation des infestations

Le vol des CDP mâles s'est réparti sur trois générations en 2014 (plantation 2013) et en 2015 (plantations 2013 et 2015) (Figures 3 à 7). La première apparaît au mois de mai (G1), la deuxième de la mi-juin à la mi-juillet (G2) et la troisième de début août à la fin du moi de septembre (G3).

En 2016, le vol des CDP mâles s'est distribué sur quatre générations (plantations 2013 et 2015) (Figures 5 et 7). La première apparaît au mois de mai, la deuxième de la mi-juin à la mi-juillet, la troisième de fin juillet à la mi-août et la quatrième de la fin août au début du mois d'octobre (G4).

Dans la plantation 2013, le cumul des captures de CDP mâles a atteint 1322 individus en 2014, 6282 individus en 2015 et 5268 individus en 2016. L'incidence d'infestation maximale était de 0,53 (G2) en 2014, 0,54 (G2) en 2015 et 0,13 (G4) en 2016. La sévérité maximale était de 0,23 (G3) en 2014, 0,18 (G2) en 2015 et 0,03 (G4) en 2016 (Figures 3 à 5).

Dans la plantation de 2015, le cumul des captures de CDP mâles a atteint 2548 individus en 2015 et 7472 individus en 2016. L'incidence maximale était de 0,92 (G3) en 2015 et 0,57 (G2) en 2016. La sévérité maximale était de 0,58 (G3) en 2015 et 0,25 (G3) en 2016 (Figures 6 et 7).

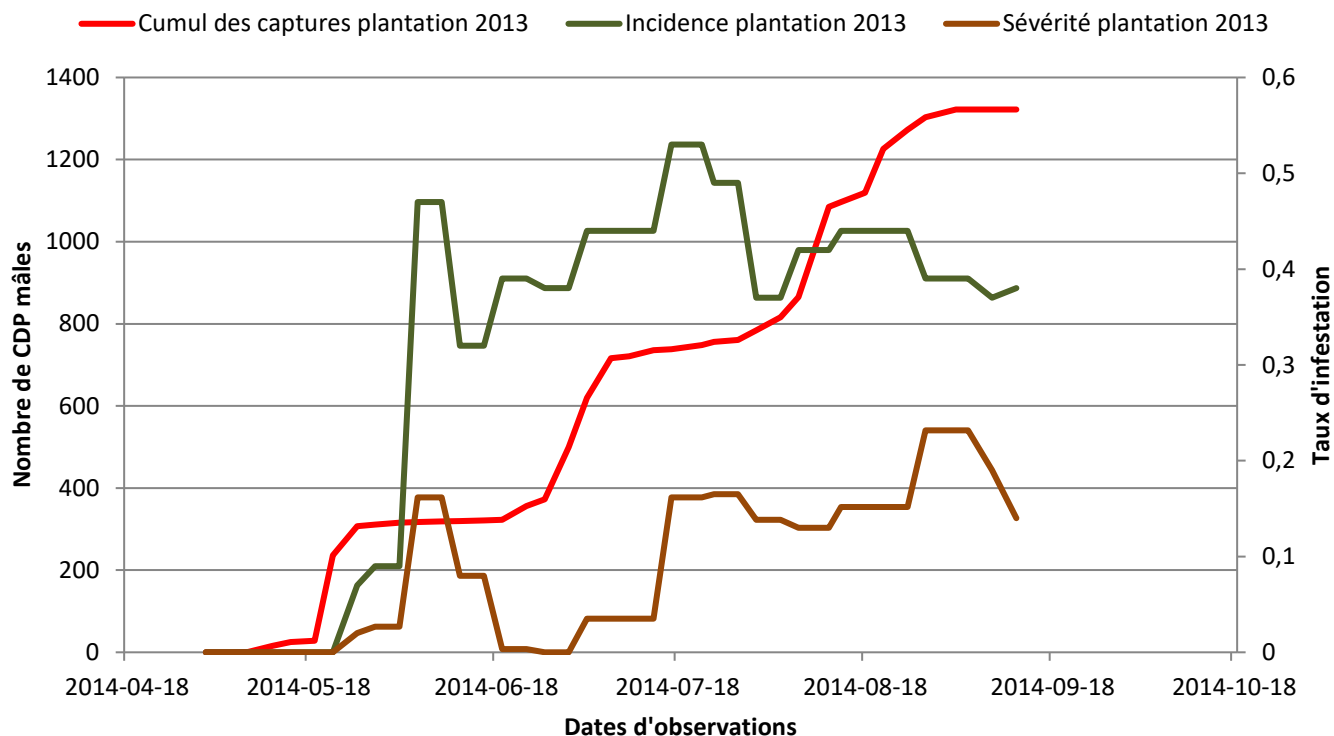


Figure 3. Évolution en 2014 des infestations de CDP dans la plantation de 2013. Le cumul des captures est exprimé en nombre de CDP mâles, l'incidence est exprimée en taux de pousses infestées par les larves de CDP et la sévérité est exprimée en taux de feuilles infestées.

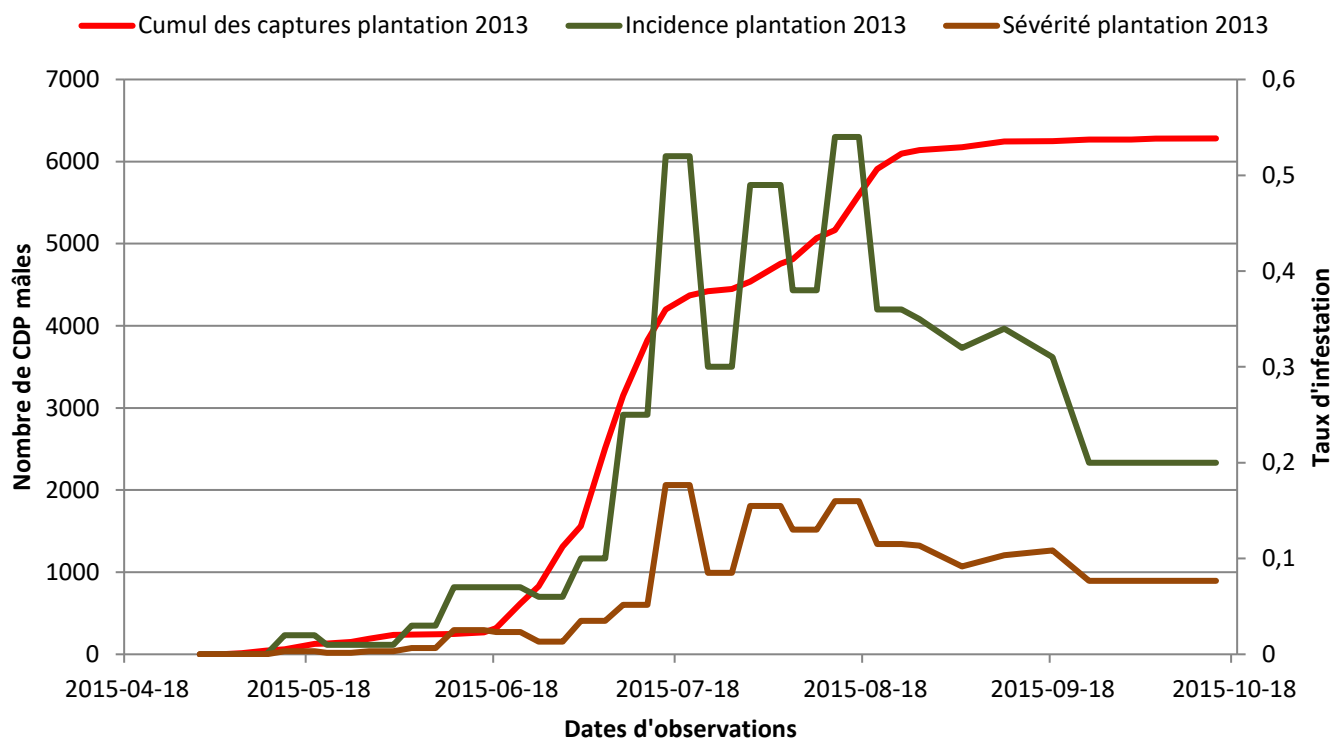


Figure 4. Évolution en 2015 des infestations de CDP dans la plantation de 2013. Le cumul des captures est exprimé en nombre de CDP mâles, l'incidence est exprimée en taux de pousses infestées par les larves de CDP et la sévérité est exprimée en taux de feuilles infestées.

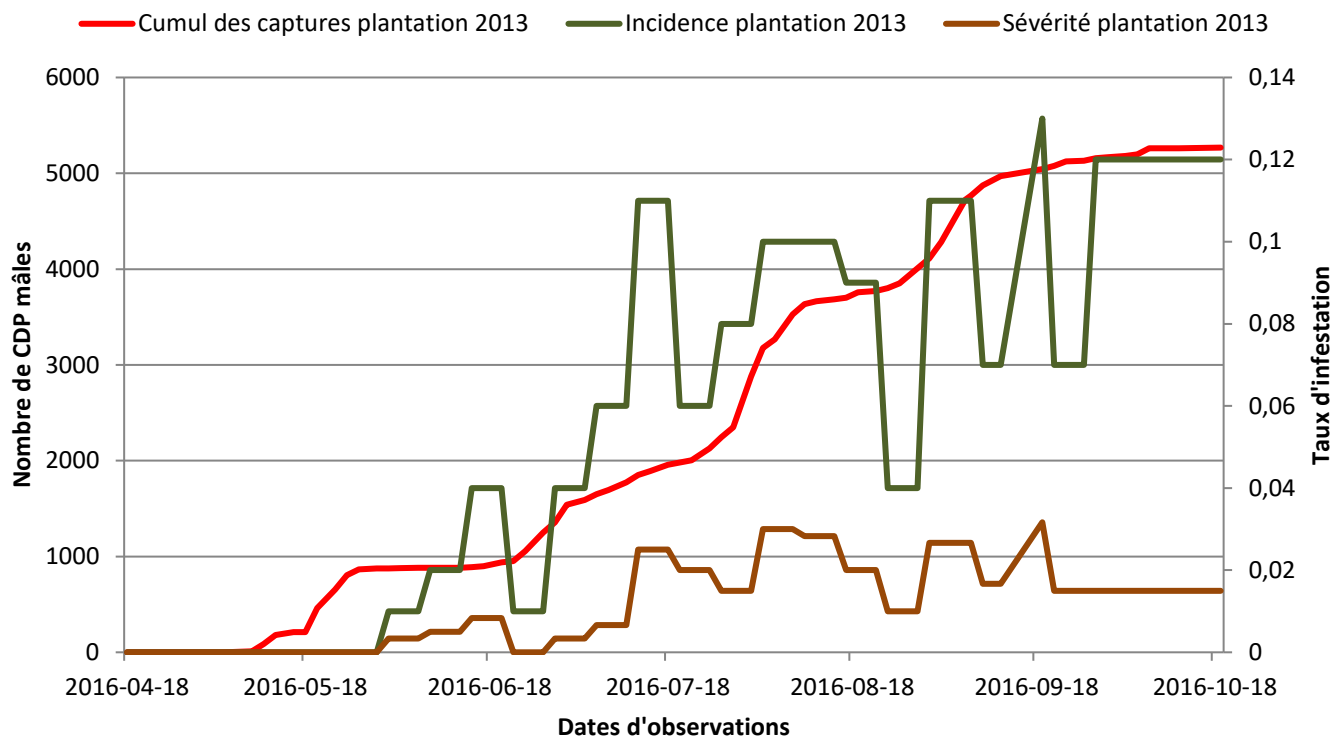


Figure 5. Évolution en 2016 des infestations de CDP dans la plantation de 2013. Le cumul des captures est exprimé en nombre de CDP mâles, l'incidence est exprimée en taux de pousses infestées par les larves de CDP et la sévérité est exprimée en taux de feuilles infestées.

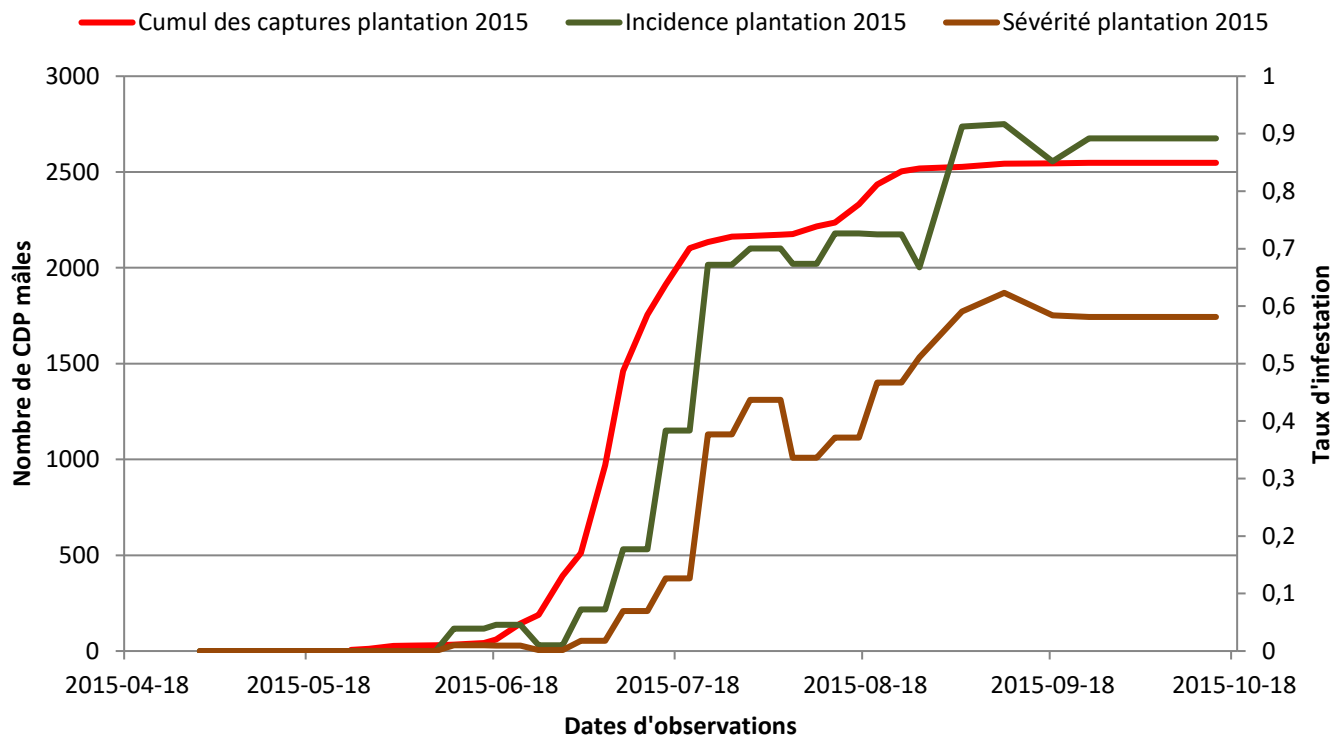


Figure 6. Évolution en 2015 des infestations de CDP dans la plantation de 2015. Le cumul des captures est exprimé en nombre de CDP mâles, l'incidence est exprimée en taux de pousses infestées par les larves de CDP et la sévérité est exprimée en taux de feuilles infestées.

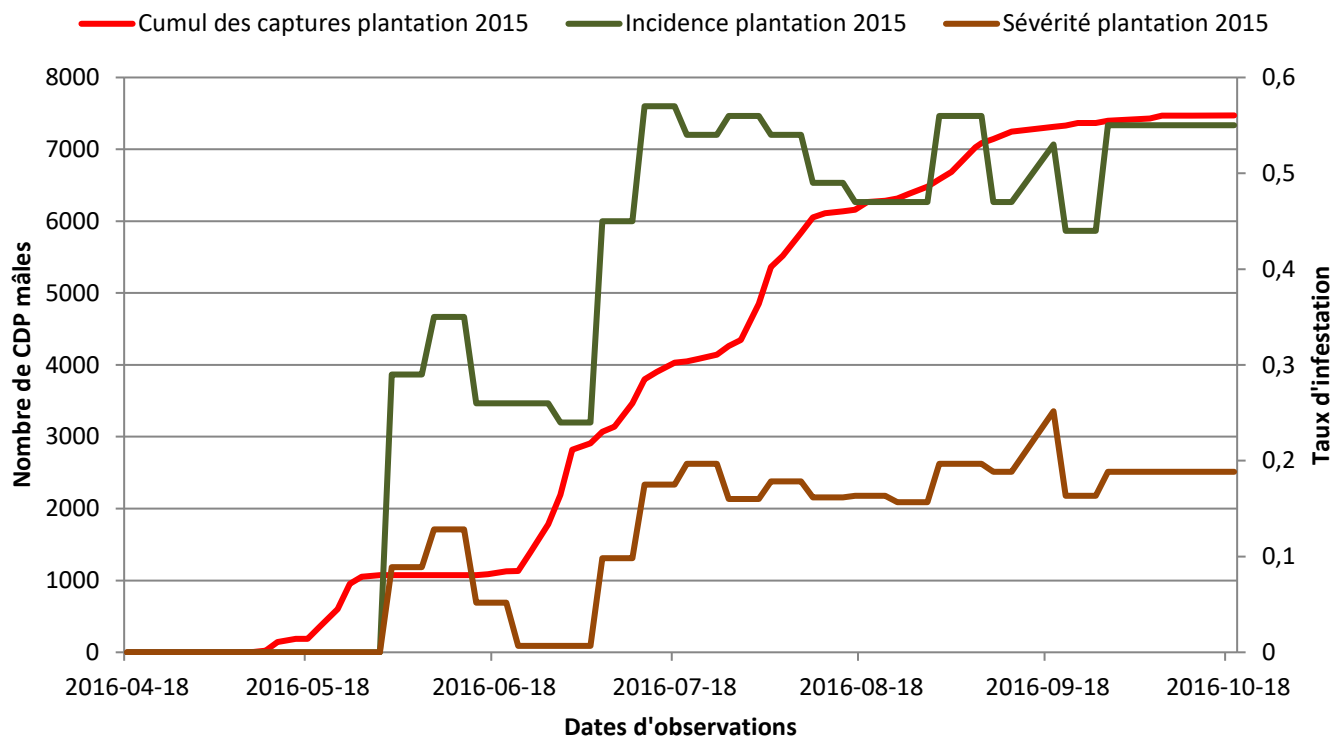


Figure 7. Évolution en 2016 des infestations de CDP dans la plantation de 2015. Le cumul des captures est exprimé en nombre de CDP mâles, l'incidence est exprimée en taux de pousses infestées et la sévérité est exprimée en taux de feuilles infestées par les larves de CDP.

1.2.2 Évaluation de la croissance

Quelque soit l'année de croissance considérée, dans la plantation 2013, il n'y a pas eu de relation linéaire entre le taux de croissance du tronc et l'indice de sévérité d'infestation des larves de CDP (année de croissance 2015, $P = 0,2226$ et année de croissance 2016, $P = 0,7368$) (Figure 8).

Dans la plantation 2015, il existe une relation linéaire positive entre le taux de croissance du tronc en 2016 et l'indice de sévérité d'infestation des larves de CDP de 2015 ($P = 0,0089$) (Figure 9).

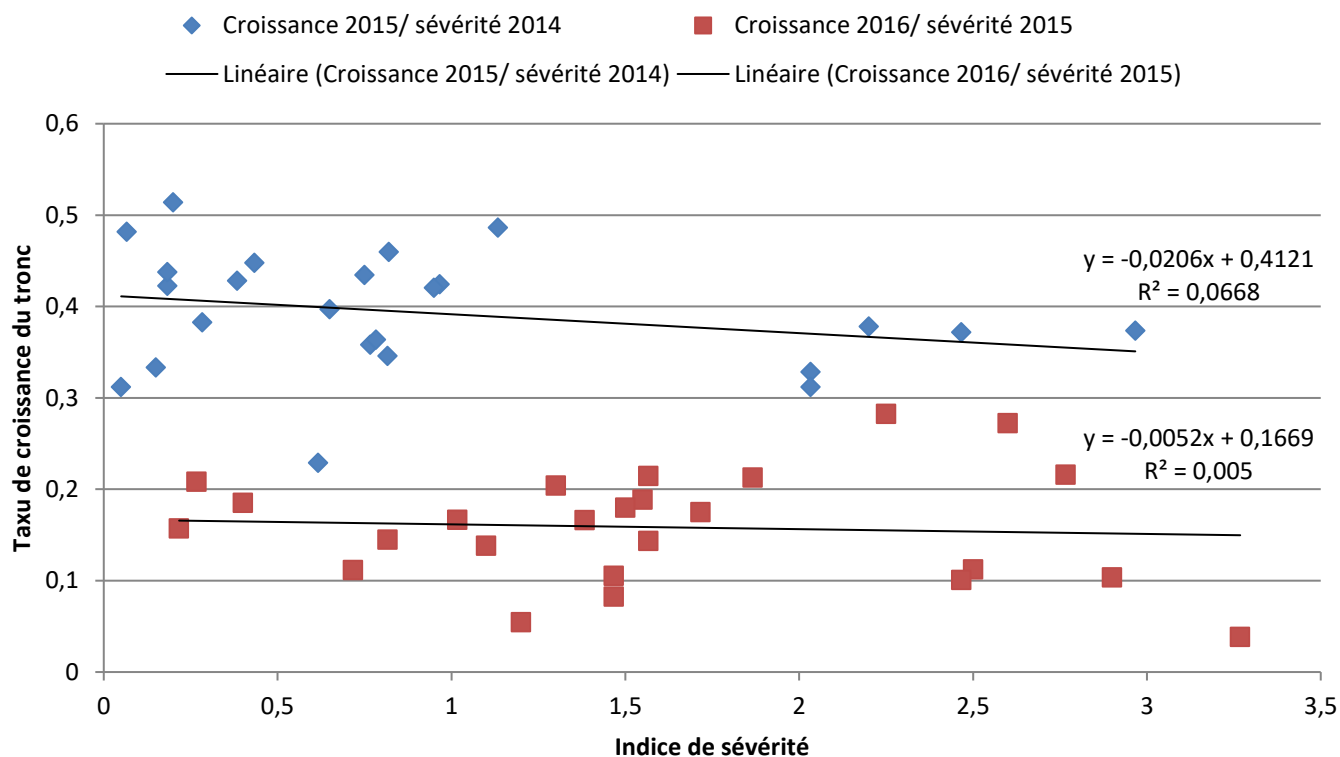


Figure 8. Relation entre le taux de croissance annuelle du tronc et l'indice de sévérité d'infestation de l'année précédente pour la plantation 2013. Le taux de croissance représente la croissance annuelle du diamètre du tronc et l'indice de sévérité représente la somme annuelle du taux hebdomadaire de feuilles infestées par les larves de CDP. Aucune corrélation linéaire n'est significative ($P > 0,05$).

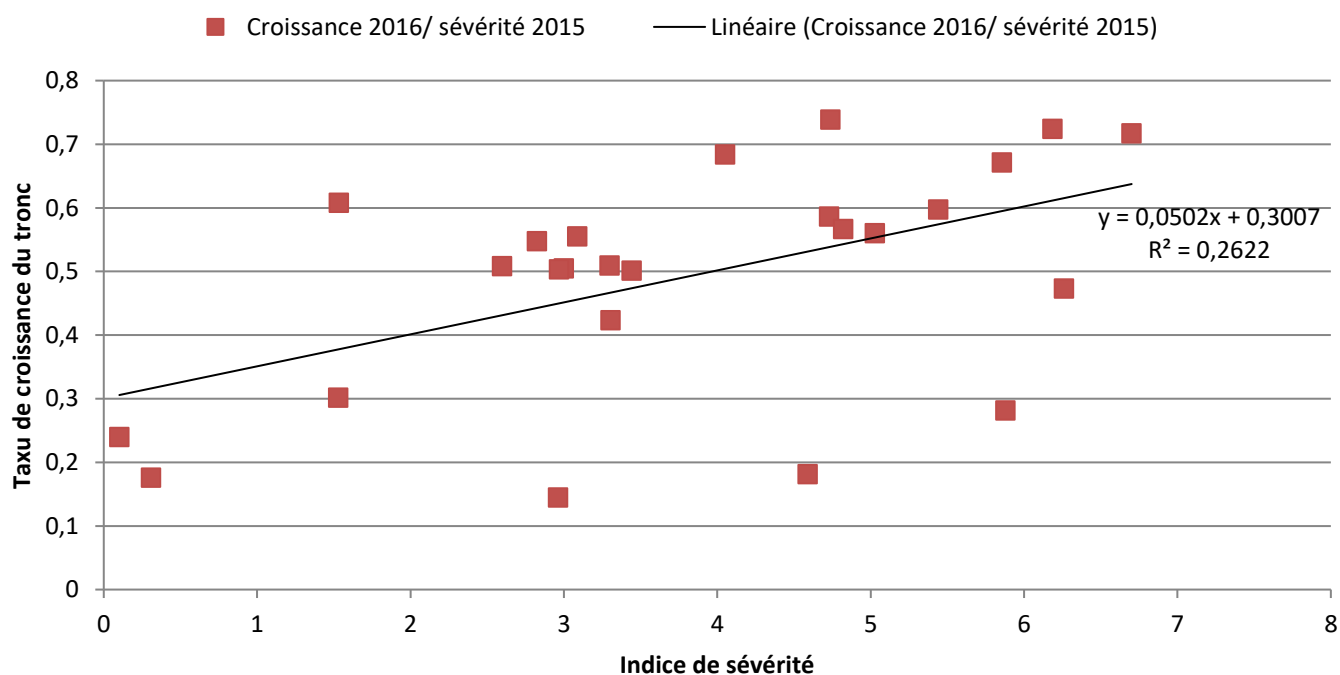


Figure 9. Relation entre le taux de croissance annuelle du tronc et l'indice de sévérité d'infestation de l'année précédente pour la plantation 2015. Le taux de croissance représente la croissance annuelle du diamètre du tronc et l'indice de sévérité représente la somme annuelle du taux hebdomadaire de feuilles infestées par les larves de CDP. La corrélation linéaire est significativement différente de 0 ($P = 0,0089$).

1.2.3 Évaluation du rendement

Pour la plantation 2013, il n'y a pas de relation linéaire entre la charge en fruit et l'indice de sévérité d'infestation cumulée pour les trois années précédents la récolte (2014 à 2016, $P = 0,1394$) (Figure 10).

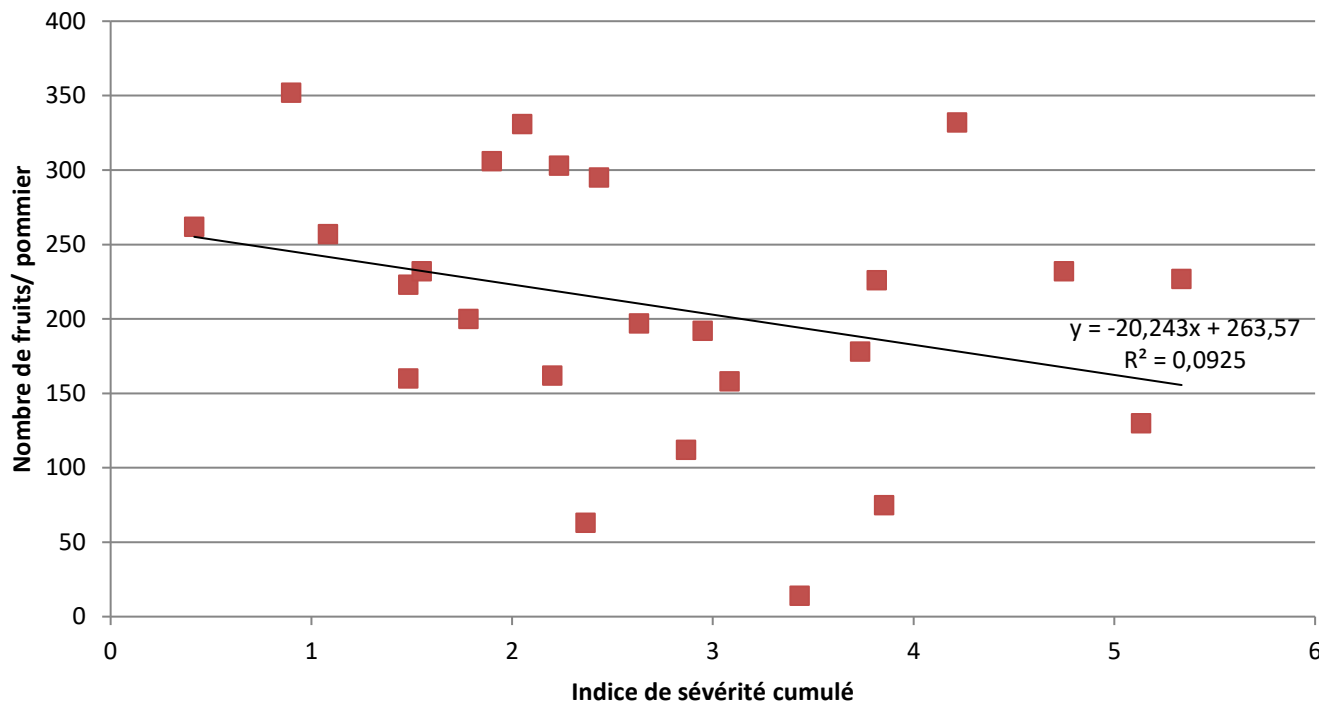


Figure 10. Relation entre le rendement (Nombre de fruits/ pommier) en 2016 et l'indice de sévérité d'infestation cumulé sur trois ans de croissances (2014 à 2016) pour la plantation 2013. La corrélation linéaire n'est pas significative ($P = 0,1394$).

Volet 2 – Suivi de l'abondance des adultes de CDP en lien avec les niveaux d'infestations dans les plantations commerciales

2.1 Matériel et méthode

2.1.1 Parcelles

Secteurs identifiés en 2013 comme ayant une population de cécidomyies jugée préoccupante par les conseillers pomicoles dépistant ces vergers (Tableau 1).

Tableau 1. Vergers commerciaux de pommiers où le suivi des populations de cécidomyies du pommier (adultes et dommages) a été réalisé durant l'étude (2014 à 2016)

Région	Nom du verger	Propriétaire	Abréviation	Année de plantation	Cultivar
Estrie	Veger Ferland	M. Ferland	Estrie 1	50% 1982 et 50% replanté en 2000	Jersey Mac
Estrie	Les jardins de Pommes	M. Quirion	Estrie 2	1999	Cortland
Estrie	Au versant rouge	M. Mercier	Estrie 3	1982	Cortland
Montérégie	Verger du Parc du Mont-St-Bruno	SEPAQ/IRDA	Montérégie	2013	Cortland

Laurentides	Les vergers Josée et Jacques	M. Viau	Laurentides 1	1991	Redcort
Laurentides	Les vergers Josée et Jacques	M. Viau	Laurentides 2	1996	Spartan

2.1.2 Évaluation des infestations

Le vol des adultes mâles a été suivi de façon hebdomadaire à l'aide de pièges Delta appâtés avec une phéromone à CDP (Distribution Solida).

L'incidence (nombre de pousses infestées pour un total de 10 pousses par arbre) et la sévérité (nombre de feuilles infestées par pousse pour un total de 10 pousses par arbre) des infestations de CDP ont été suivies de façon mensuelle sur 15 pommiers situés autour des pièges à phéromone.

2.2 Résultats et discussion

2.2.1 Vol des adultes mâles de CDP

Les populations d'adultes variaient énormément entre les différentes régions, entre les différents vergers et entre les différentes années d'observation (Figures 11 à 13). Dans les vergers de l'Estrie et des Laurentides, le nombre de générations a été de trois pour chaque année d'observation (2014 à 2016). Dans le verger de Montérégie, le nombre de génération est monté à quatre en 2016.

En 2014 les niveaux de populations les plus élevés ont été observés dans le verger Estrie 3 (10911 mâles) et le verger Laurentides 2 (10550 mâles) (Figure 11).

En 2015 les niveaux de populations les plus élevés ont été observés dans les deux vergers des Laurentides (respectivement 15737 et 17785 mâles). Le niveau de population du verger Estrie 3 a atteint 11004 mâles (Figure 12).

En 2016 le niveau de population le plus élevé a été observé dans le verger Estrie 2 (46320 mâles). Le niveau de population de ce verger a été 7 fois plus élevé que l'année précédente et 2,5 fois plus élevé que celui du verger Laurentides 2 (18500 mâles) pour la même année d'observation.

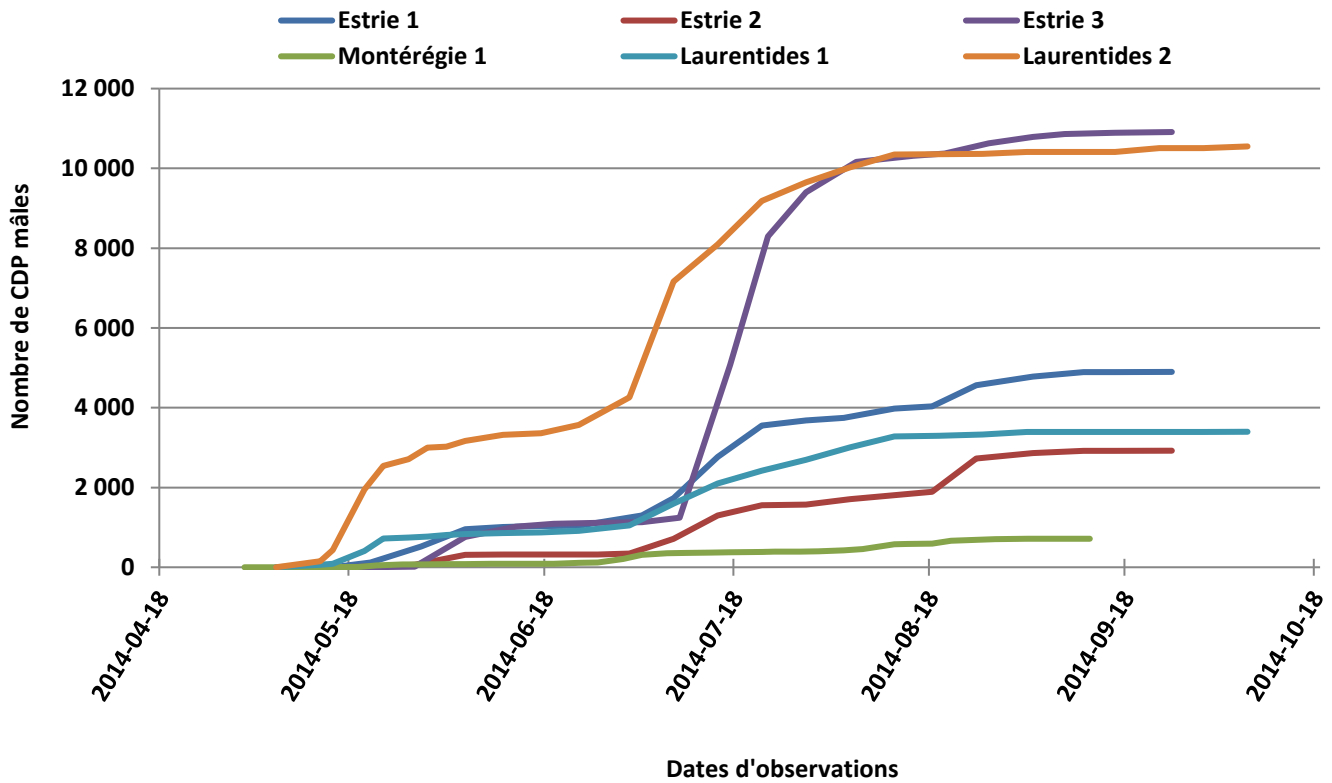


Figure 11. Cumul des captures de CDP mâles dans les pièges à phéromone sexuelle pour les vergers de l'Estrie, la Montérégie et les Laurentides en 2014.

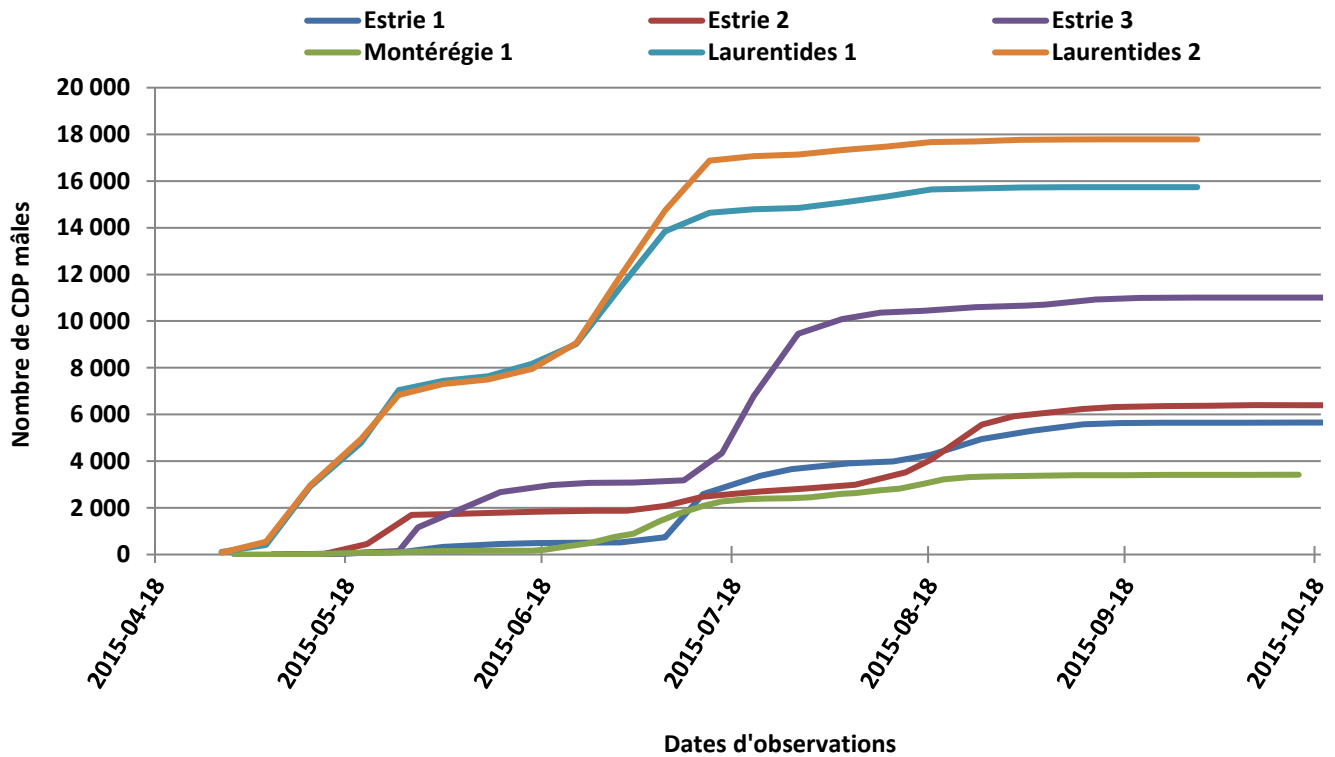


Figure 12. Cumul des captures de CDP mâles dans les pièges à phéromone sexuelle pour les vergers de l'Estrie, la Montérégie et les Laurentides en 2015.

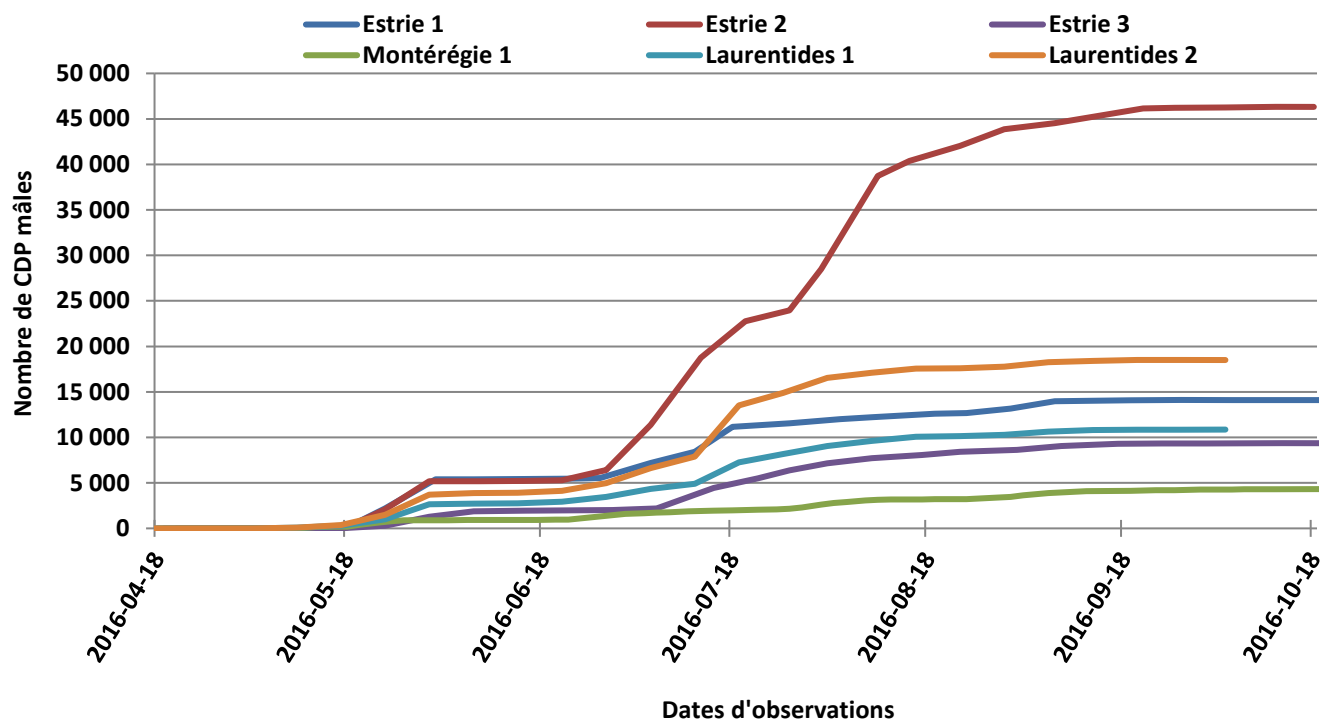


Figure 13. Cumul des captures de CDP mâles dans les pièges à phéromone sexuelle pour les vergers de l'Estrie, la Montérégie et les Laurentides en 2016.

2.2.2 Infestations de larves de CDP

En 2014 l'incidence d'infestation la plus élevée a été observée dans le verger Laurentides 2 (taux de 0,69 en G3) (Figure 14).

En 2015 l'incidence d'infestation la plus élevée a été observée dans le verger Estrie 1 (taux de 0,73 en G3) (Figure 15).

En 2016 l'incidence d'infestation la plus élevée a été observée dans le verger Laurentides 2 (taux de 0,76 en G3) (Figure 16).

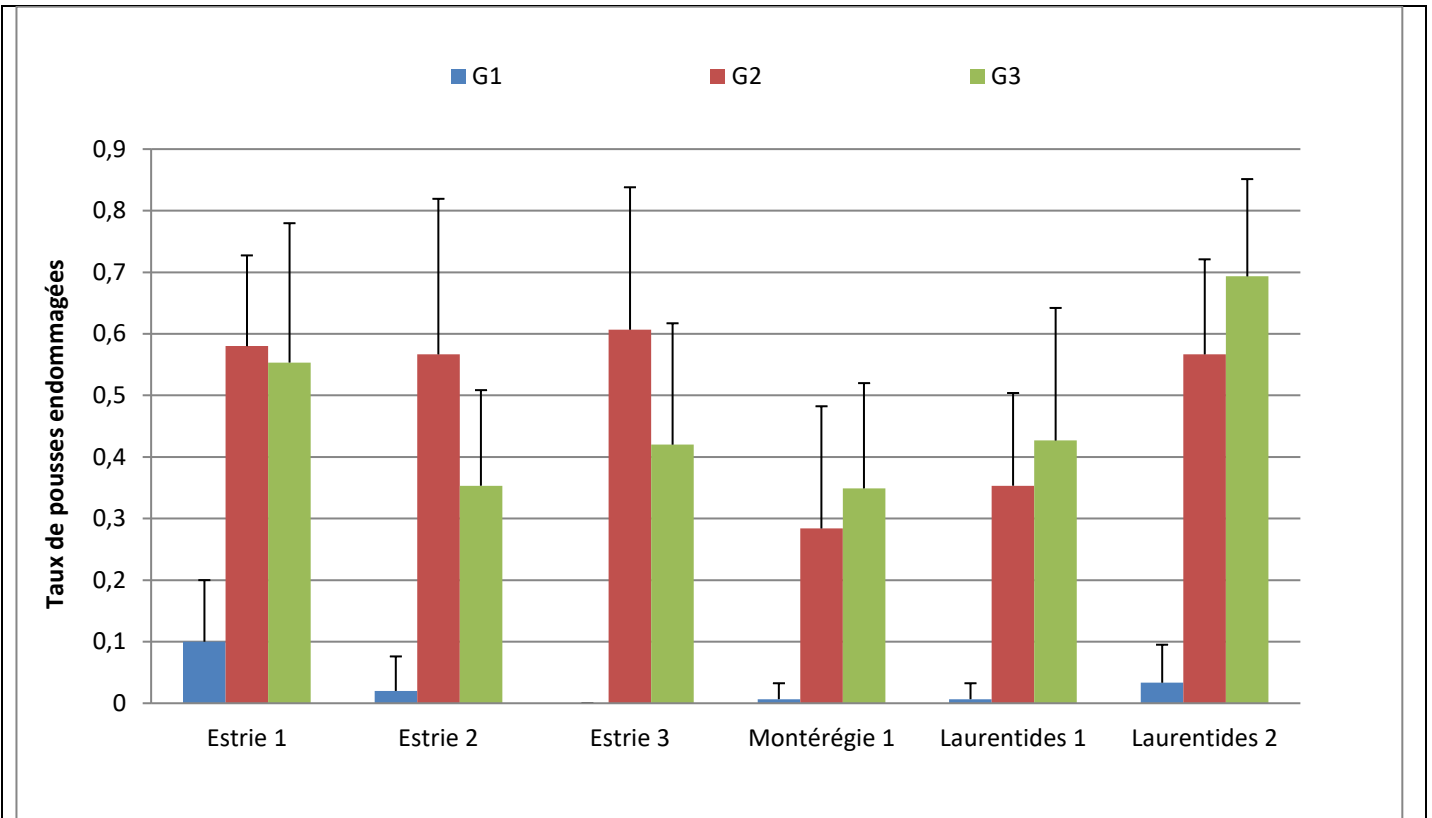


Figure 14. Évolution de l'incidence des infestations de larves de CDP dans les vergers suivis en 2014 pour chaque génération (G1, G2 et G3).

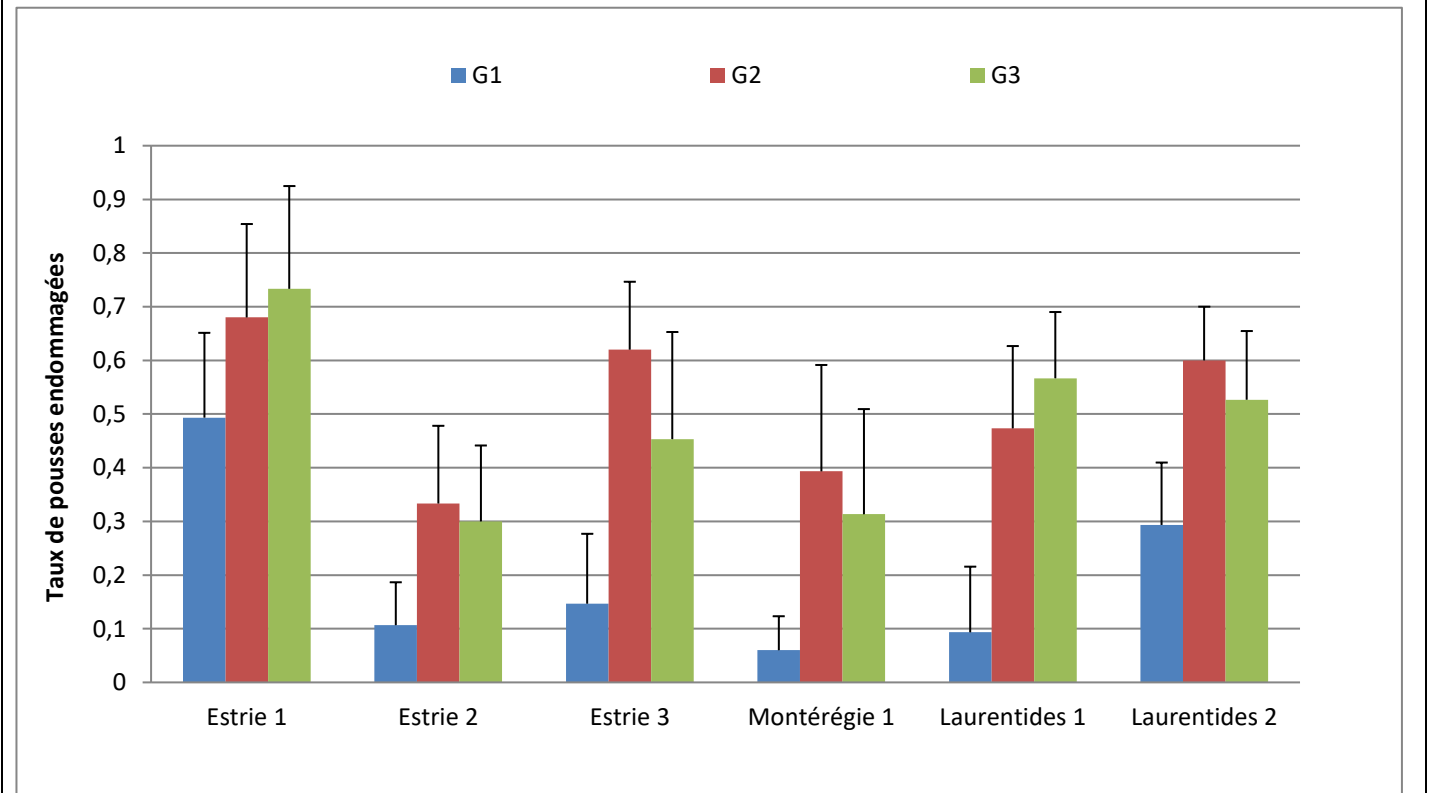


Figure 15. Évolution de l'incidence des infestations de larves de CDP dans les vergers suivis en 2015 pour chaque génération (G1, G2 et G3).

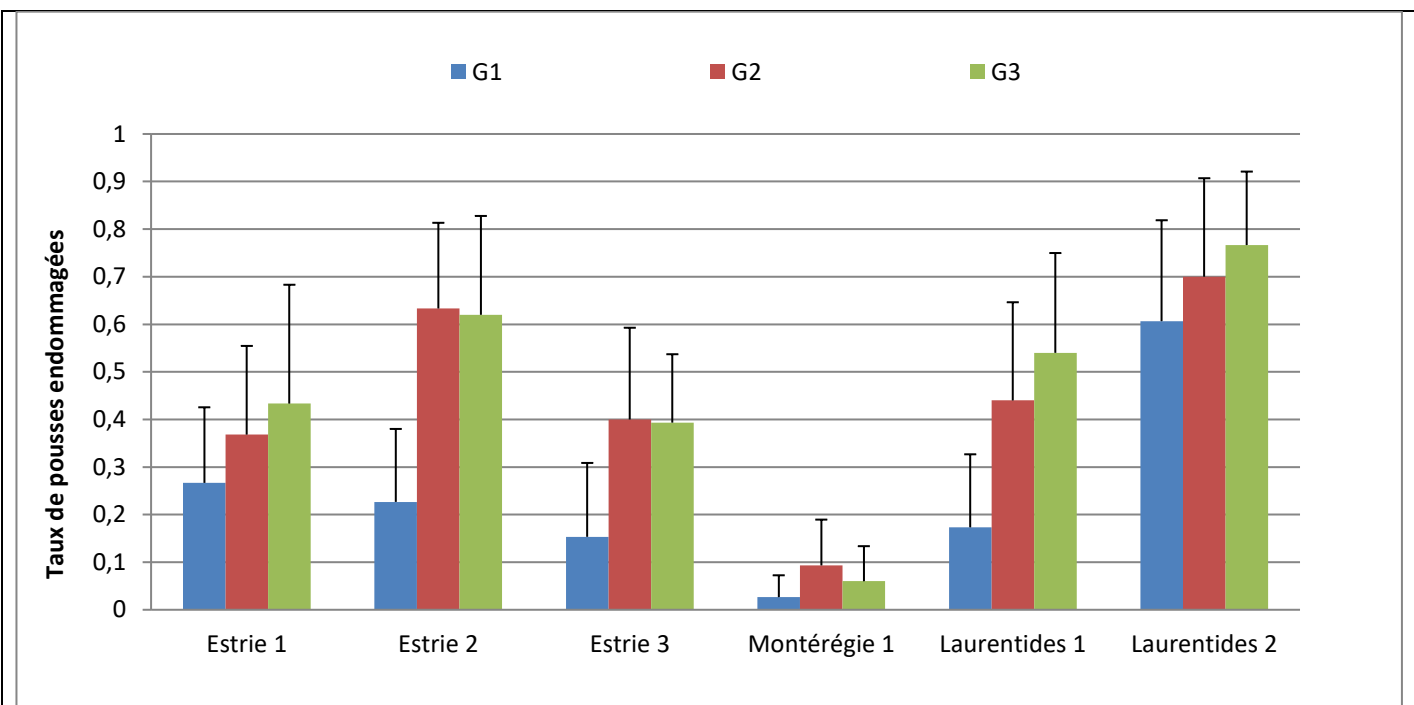


Figure 16. Évolution de l'incidence des infestations de larves de CDP dans les vergers suivis en 2016 pour chaque génération (G1, G2 et G3).

Volet 3 – Modélisation des populations de CDP et seuil d'intervention évolutif

3.1 Matériel et méthode

Modélisation : Les données recueillies au cours des trois saisons (2014 à 2016) sur les sites expérimentaux du volet 2 ont été utilisées pour élaborer le modèle bioclimatique basé sur les degrés-jours (DJ). Les données météorologiques utilisées étaient celles des stations météorologiques d'Environnement Canada et du Réseau-Pommier, disponibles par l'intermédiaire de Solutions Mesonet.

L'approche fondée sur les cumuls thermiques a été privilégiée dans un premier temps et sera éventuellement enrichie par les données de pluviométrie afin de lier l'émergence des insectes avec la présence de la pluie.

Seuil d'intervention : En dernière année, un lien a été établi entre les captures d'adultes dans les pièges, et la sévérité d'infestation (dommages sur feuilles) en fonction de l'âge de la plantation.

3.2 Résultats et discussion

3.2.1 Modélisation :

Pour le modèle DJ, la température de base de développement de la CDP a été fixée à 9°C suite à une revue de littérature sur le sujet et sur l'observation en chambre de croissance. La méthode de calcul utilisée est sinus simple (Baskerville Emin) et la date de début des calculs est le 1^{er} mars. En utilisant le logiciel DJPheno, les seuils *apparition*, *pic de population* et *fin de population*, soit 5, 50 et 95 %, ont pu être calculés pour chacune des trois générations. Les résultats obtenus et les statistiques comparatives sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2. Nombre de degrés-jours nécessaires pour atteindre les seuils de 5, 50 et 95 % de captures de CDP pour les trois générations et statistiques comparatives. DJ : degrés-jours; RMSE : écart moyen quadratique; EF : efficacité; N : nombre de jeux de données; N tot : nombre total de jeux de données

Seuil	DJ	RMSE	EF	N	N tot
5% G1	93	6.73	-0.12	25	226
50% G1	159	5.86	-0.26	26	
95% G1	242	5.91	0.15	26	
5% G2	441	5.71	0.29	26	
50% G2	599	7.65	0.21	26	
95% G2	794	10.72	0.30	26	
5% G3	932	11.68	-0.06	19	
50% G3	1078	11.28	0.23	26	
95% G3	1251	13.81	-0.09	26	

Les prévisions du modèle sont meilleures pour la G1 et les 2 premiers seuils de la G2, alors que l'ampleur de la différence, représentée par la valeur du RMSE, est plus grande pour la G3. Le modèle exprime donc assez bien les prévisions de développement en début d'apparition de la CDP, mais perd de sa précision à mesure que la saison progresse. Le fait que les larves de CDP nécessitent une certaine humidité pour compléter leur développement sera pris en compte dans le développement futur d'un module permettant l'utilisation des données de pluviométrie. Ce module devrait améliorer les prédictions.

3.2.2 Relation entre les captures de CDP adultes et les dommages sur pommier :

En deuxième année d'implantation (en 2016 pour plantation 2015), l'abondance des adultes de CDP a été corrélée à 60% avec l'apparition des dommages 14 jours plus tard (Fig. 17).

En troisième année d'implantation (en 2015 pour plantation 2013, l'abondance des adultes de CDP a été corrélée à 48% avec l'apparition des dommages 14 jours plus tard (Fig. 18).

En quatrième année d'implantation (en 2016 pour plantation 2013), l'abondance des adultes de CDP a été corrélée à 33% avec l'apparition des dommages 14 jours plus tard (Fig. 19).

Nos analyses suggèrent que le dépistage des populations d'adultes de CDP par un piège Delta Scentry® LP avec une phéromone à CDP, Agralan® (Solida, Qc, Canada) est critique dans les deux premières années d'implantation des pommiers, en verger, et permet de prévoir l'apparition des dommages liés aux larves de CDP.

Bien que l'on puisse établir une relation entre les captures de CDP adultes et les dommages sur pommier, il n'a pas été possible d'établir un seuil d'intervention pour ces niveaux de populations (Cf. paragraphes 1.2.2 et 1.2.3).

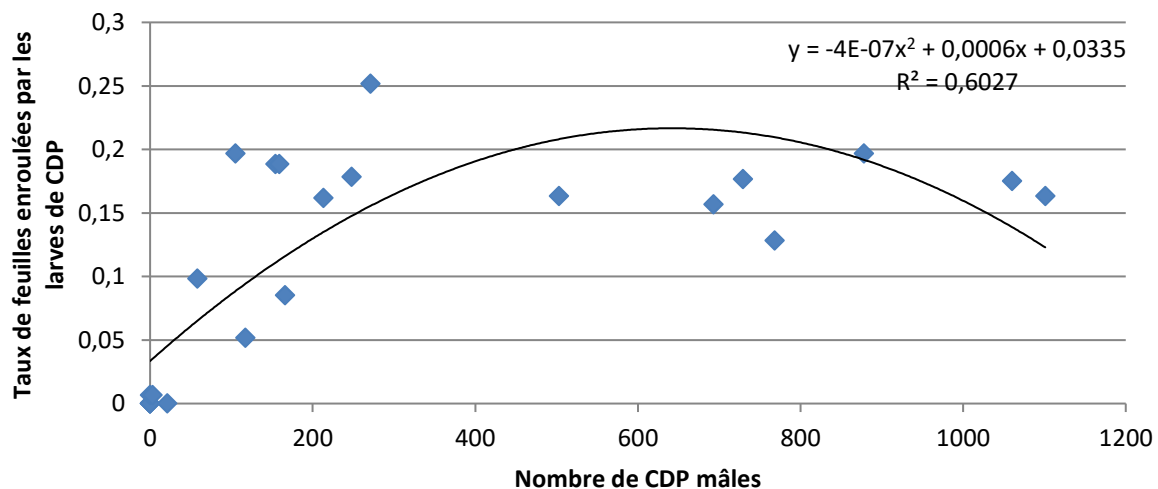


Figure 17. Relation entre les captures de CDP mâles et la sévérité d'infestation 14 jours plus tard dans une plantation de deux ans (plantation 2015 en 2016). La relation binomiale est significative ($P < 0,0001$).

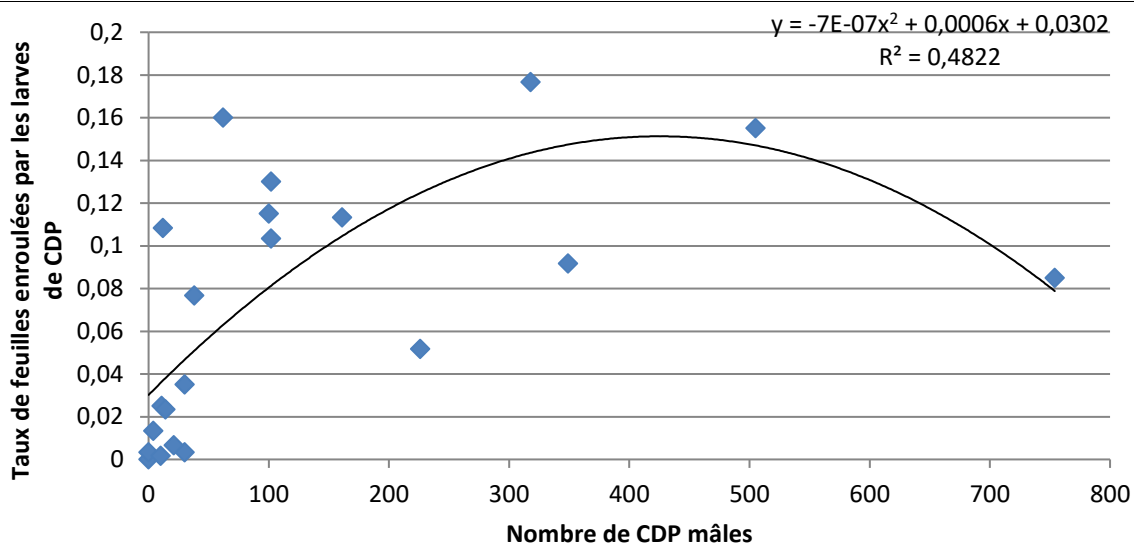


Figure 18. Relation entre les captures de CDP mâles et la sévérité d'infestation 14 jours plus tard dans la plantation de trois ans (plantation 2013 en 2015). La relation binomiale est significative ($P = 0,0027$).

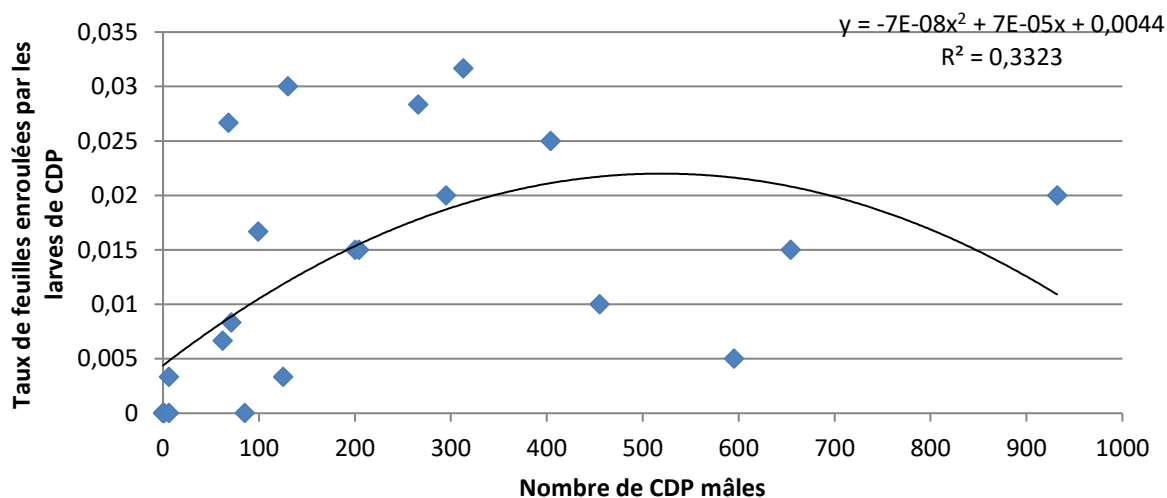


Figure 19. Relation entre les captures de CDP mâles et la sévérité d'infestation 14 jours plus tard dans la plantation de quatre ans (plantation 2013 en 2016). La relation binomiale est significative ($P = 0,0176$).

Références

- Brousseau, S., N. Gagné, S. Beauchamp, Y. Morin, G. Tremblay, D. Venneman et K. Bergerron. 2013. Bilan de saison 2013 – Montérégie Est. Agriréseau – Le Réseau-pommier du Québec. 8p. <http://www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier/documents/Bilan%20de%20saison%202013-%20Mont%20A9r%20A9gie-Est.pdf>
- Charpentier, G et R. Joannin. Bilan de la saison 2013 sur la région de Deux-Montagnes Agriréseau – Le Réseau-pommier du Québec. 6p. <http://www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier/documents/Bilan%20de%20la%20saison%202013%20R%20A9jon%20de%20Deux-Montagnes.pdf>
- Cossentine, J., S. Blatt, P. Mason, J. Franklin, A. Brauner, M. Appleby, K. Grigg-McGuffin, H. Fraser et T. Garipey. 2013. A difficult and direct biological control decision is required. Réunion conjointe annuelle des Sociétés d'entomologie du Canada et de l'Ontario.
- Eaton, B. R. et E. Bent. 1997. Detection and distribution of Apple leaf midge, *Dasineura mali*, in Nova Scotia. Canadian Field-Naturalist 111(4): 575-579.
- Legault G. et É. Turcotte-Côté. Bilan de la saison pomicole 2013 – Région de l'Estrie. Agriréseau - Le Réseau-pommier du Québec. 5p.

<http://www.agrireseau.qc.ca/reseapommier/documents/Bilan%20de%20saison%202013%20-%20R%C3%A9gion%20de%20l'Estrie.pdf>

Smith, J. T. 2000. Aspects of the ecology and management of apple leafcurling midge (*Dasineura mali*) (Diptera: Cecidomyiidae) on the Waimea plains, Nelson, New Zealand. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirement for the Degree of Doctor of Philosophy, Lincoln University, New Zealand. 207p.