

Pôle agro-scientifique canadien pour l'horticulture 3



Mise à jour de l'industrie

Rapport final - 2018 - 2023

Titre de l'activité :

Développement de stratégies de gestion régionales et d'outils de prise de décision pour la lutte contre le doryphore de la pomme de terre

Nom du chercheur principal :

Chandra Moffat et Ian Scott, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Noms des collaborateurs et des institutions :

Cam Donly, AAC ; Jessica Vickruck, AAC ; Jean-Philippe Parent, AAC ; Pier Morin, U Moncton ; Sheldon Hann, AAC ; Richard Hardin, AAC ; Sebastian Ibarra, Province de l'Î.-P.-É. ; Lorraine MacKinnon, Province de l'Î.-P.-É. ; Ryan Barrett, PEI Potato Board ; Newton Yorinori, Cavendish Farms ; Yves Leclerc, McCain Foods Canada ; Mathuresh Singh, Agricultural Certification Services Inc. Marie-Pascale Beaudoin, MAPAQ ; Pierre Lafontaine, CIEL ; Jean-Philippe Légaré, MAPAQ ; Dennis Van Dyk, MAAARO ; Tracy Shinnars-Carnelley, Peak of the Market ; Scott Meers, Shelley Barkley, gouvernement de l'Alberta.

Objectifs de l'activité (conformément au plan de travail approuvé) :

Objectifs de l'activité (conformément au plan de travail approuvé) :

OBJECTIFS : Notre objectif global était de réduire les pertes économiques subies par la pomme de terre dans les régions de culture canadiennes à cause du doryphore de la pomme de terre (doryphore). Plus précisément, nous voulions déterminer la sensibilité locale des populations de doryphores à plusieurs classes d'insecticides grâce à un réseau national de surveillance de la résistance, améliorer la gestion de la résistance, mieux caractériser la base moléculaire du développement de la résistance et mettre au point de nouveaux outils de vulgarisation pour améliorer les pratiques de gestion. Pour ce faire, nous avons divisé les résultats attendus en trois objectifs, comme suit :

1. Déterminer la sensibilité des populations de doryphores de la pomme de terre à plusieurs classes d'insecticides dans différentes régions de culture de la pomme de terre au Canada ;
2. Développer un outil interactif de cartographie en ligne permettant aux producteurs d'accéder aux résultats des enquêtes de sensibilité afin d'éclairer la prise de décision locale en vue d'une sélection optimale des insecticides ;
3. Identifier les signatures moléculaires de la résistance aux insecticides qui peuvent être utilisées pour surveiller l'apparition et la propagation de la résistance dans les populations régionales de doryphores et identifier de nouvelles cibles pour la lutte contre les ravageurs.

Progrès et résultats de la recherche (utiliser un langage simple, ne pas dépasser 1 000 mots) :

L'une des principales forces de ce projet a été l'établissement continu de relations entre l'équipe de projet d'AAC et nos partenaires de projet, impliqués dans la vulgarisation et la production de pommes de terre à travers le Canada. Entre 2018 et 2023, nous avons rencontré virtuellement nos partenaires au Manitoba, au Québec, en Ontario et à l'Île-du-Prince-Édouard à plusieurs reprises, et nous avons fait des présentations lors de réunions de producteurs au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Ontario et à l'Île-du-Prince-Édouard. Nous avons également travaillé avec un certain nombre de médias qui touchent les producteurs et les associations de producteurs, tels que SpudSmart, Tuber Talk, The Western Producer, Fresh Thinking Magazine, The Grower et Top Crop, afin d'assurer l'échange de connaissances concernant nos

plans de recherche, de susciter un engagement supplémentaire dans l'exécution et l'adaptation de nos projets, et de communiquer les résultats de ces derniers. Nous sommes restés attentifs aux priorités changeantes des producteurs dans chaque région et, au cours des trois dernières années du projet, nous avons ajusté la composition des insecticides examinés pour nous assurer que nous fournissions les résultats les plus pertinents aux producteurs que nous servons.

Objectif 1. Déterminer la sensibilité des populations de doryphores de la pomme de terre à plusieurs classes d'insecticides dans différentes régions de culture de la pomme de terre au Canada.

Au total, de 2018 à 2023, nous avons évalué la sensibilité de 139 populations de doryphores de la pomme de terre (doryphores) prélevées en Alberta, au Manitoba, en Ontario, au Québec et à l'Île-du-Prince-Édouard, à dix insecticides de quatre classes différentes, dont les néonicotinoïdes (ACTARA® 240SC, 21,6 % de thiaméthoxame, TITAN®, 48 % de clothianidine), les diamides anthraniliques (VERIMARK®, 18,7% cyantraniliprole ; CORAGEN®, 18,4% chlorantraniliprole ; EXIREL®, 10,2% cyantraniliprole, HARVANTA®50SL, 5% cyclaniliprole, VAYEGO 200SC, 20% tétraniliprole), abamectines (AGRI-MEK® SC, 8,4 % d'abamectine) et les spinosynes (ENTRUST SC, 22,5 % de spinosad, DELEGATE WG, 25 % de spinetoram), ont été testés aux centres de recherche et de développement de London et de Fredericton (LRDC et FRDC). Toutes les populations ont été testées au même stade larvaire avec la concentration LC90 déterminée précédemment en utilisant une souche de doryphore de laboratoire qui n'avait jamais été exposée à des insecticides au LRDC.

Nos évaluations ont montré que la résistance aux insecticides examinés dans notre étude variait à la fois au sein des provinces et entre elles (Scott et al., 2023). Plus d'un quart (27,3 % ou 38 sur 139) des populations testées ont montré une résistance à au moins un insecticide (19 au Manitoba, 8 en Ontario, 7 au Québec, 3 au Nouveau-Brunswick et 1 à l'Île-du-Prince-Édouard), à l'exception de l'Alberta où aucune résistance n'a été détectée. Au total, près de 60 % (59,7 % ou 83 sur 139) des populations présentaient une sensibilité réduite (1 dans l'AB, 11 dans le MB, 16 dans l'ON, 24 dans le QC, 8 dans le NB et 21 dans l'Î.-P.-É.). Seules 18 populations (12,9 %) étaient sensibles à tous les insecticides, la majorité d'entre elles se trouvant en Alberta (5 sur 6) et à l'Île-du-Prince-Édouard (7 sur 29). Les données relatives aux spinosynes sont résumées dans Scott et al. 2023, *Regional differences in susceptibility to spinosyn insecticides registered for Colorado potato beetle management in Canada*, disponible en libre accès à l'[adresse](https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105459) <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105459>.

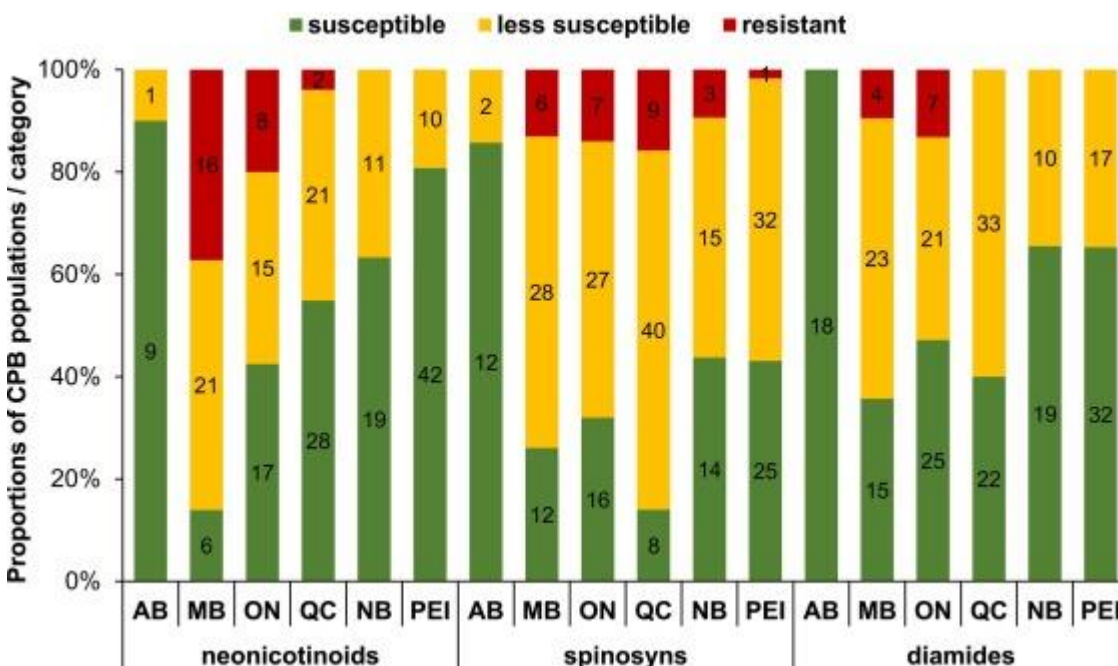


Figure 1 : Le pourcentage de chaque population déterminée comme étant sensible (barres vertes), moins sensible (barres jaunes) ou résistante (barres rouges) à 3 classes d'insecticides dans les populations de doryphores collectées en Alberta (AB), au Manitoba (MB), en Ontario (ON), au Québec (QC), au Nouveau-Brunswick (NB) et à l'Île-du-Prince-Édouard (IPE) entre 2018 et 2022 ; adapté de Scott et al. 2023, *Regional differences in susceptibility to spinosyn insecticides registered for Colorado potato beetle management in Canada* (*Différences régionales dans la sensibilité aux insecticides spinosyn homologués pour la lutte contre le doryphore de la pomme de terre au Canada*).

Objectif 2 : développer un outil interactif de cartographie en ligne permettant aux producteurs d'accéder aux résultats des enquêtes de sensibilité afin d'éclairer la prise de décision locale en vue d'une sélection optimale des insecticides. Au cours du projet, nous avons travaillé à l'intégration de nos ensembles de données sur la résistance dans une base de données cartographiques en ligne et un outil de projection cartographique en collaboration avec l'équipe d'agrogéomatique d'AAC. Nous avons fourni une version préliminaire de cet outil lors du webinaire SpudSmart 2022. La finalisation de l'outil de cartographie en ligne nécessite l'anonymisation des ensembles de données afin de garantir la confidentialité des lieux d'échantillonnage avant l'accès libre à l'outil de cartographie en mettant en œuvre une plage de visibilité pour l'ensemble de données et en généralisant l'ensemble de données à une zone géographique plus large telle que les comtés/districts/écorégions. L'application de cartographie en ligne permettra aux producteurs et à l'industrie d'accéder aux résultats détaillés de l'étude de sensibilité et de les obtenir sous une forme accessible et facile à naviguer. Une fois l'outil finalisé, nous prévoyons d'organiser une séance d'information à l'intention des producteurs et de l'industrie afin de présenter l'outil de cartographie et de co-développer le produit final pour maximiser l'adoption par les utilisateurs.

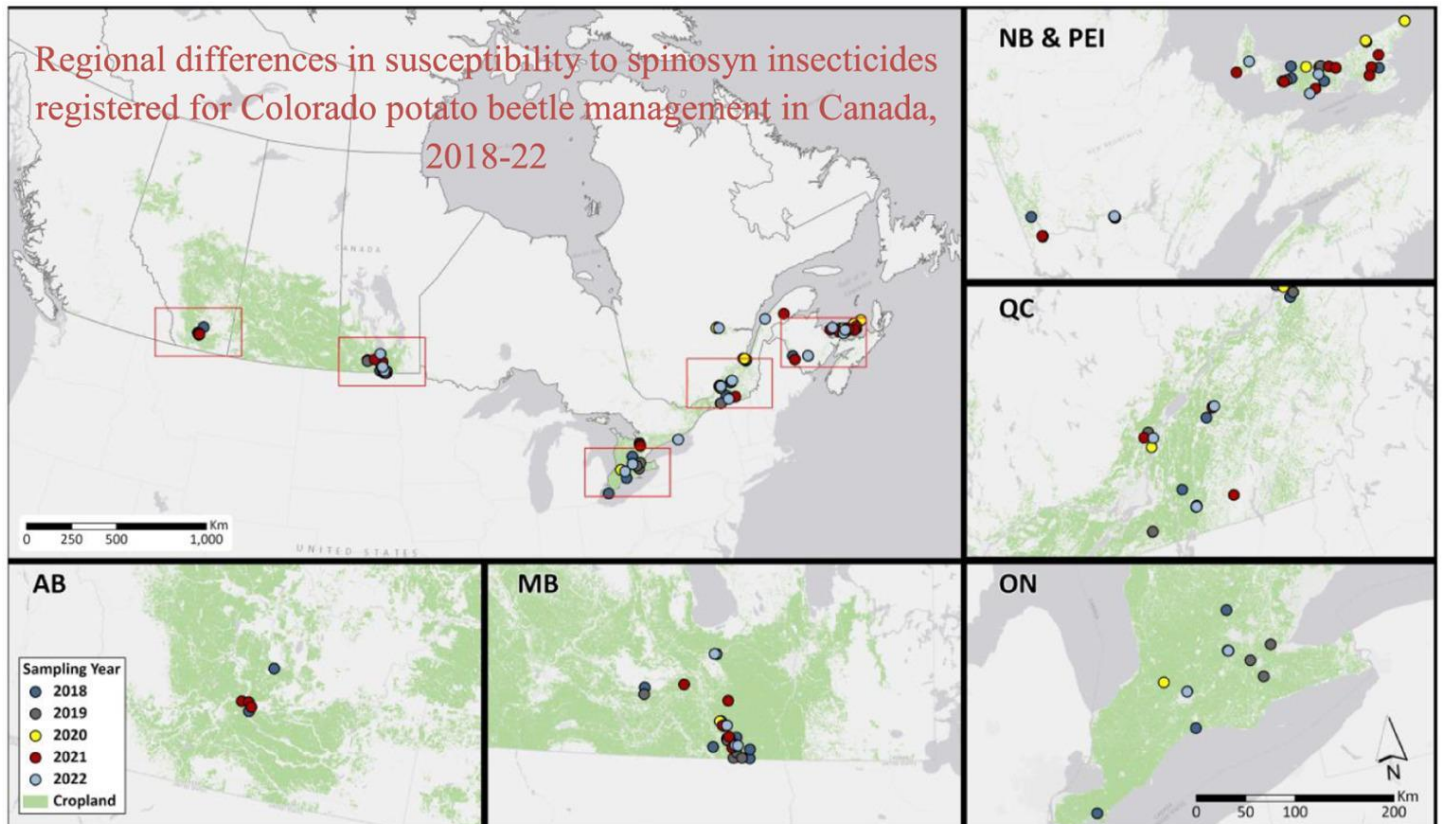


Figure 2 : Visualisation des cartes produites par année et de la sensibilité à certains insecticides (c.-à-d. les spinosynes) qui seront consultables lors de la publication de l'outil de cartographie. Adapté de Scott et al. 2023, *Regional differences in susceptibility to spinosyn insecticides registered for Colorado potato beetle management in Canada*.

Objectif 3 : Identifier les signatures moléculaires de la résistance aux insecticides qui peuvent être utilisées pour surveiller l'apparition et la propagation de la résistance dans les populations régionales de doryphores et identifier de nouvelles cibles pour la lutte contre les ravageurs.

Des progrès substantiels ont été réalisés pour générer de nouvelles connaissances sur les signatures moléculaires potentielles de la résistance aux insecticides chez le doryphore de la pomme de terre. Un certain nombre de nouvelles cibles génétiques ont été identifiées chez le doryphore de la pomme de terre, avec un potentiel supplémentaire de développement d'outils de lutte antiparasitaire basés sur l'interférence ARN si l'équipe du projet identifie des opportunités de financement supplémentaires. Plusieurs gènes candidats potentiellement impliqués dans la résistance aux insecticides diamide et spinosyn ont été identifiés dans des échantillons obtenus par prospection. Au cours des dernières années, nous avons concentré nos efforts sur la détermination des niveaux relatifs d'ARNm des sept gènes cibles identifiés, sur le développement d'outils pour les tests d'interférence ARN afin de montrer les effets des gènes cibles sur la résistance, sur les essais biologiques visant à déterminer les doses létales de l'insecticide Entrust dans une population du Québec résistante à Entrust, et sur les tests d'interférence ARN sur la population de coléoptères du Québec résistante à Entrust.

Les tests d'interférence ARN (ARNi) sur les coléoptères exposés à l'insecticide Entrust ont été étudiés. Des coléoptères résistants ont été nourris avec de l'ARNdb spécifique pour les deux gènes les plus surexprimés dans cette population résistante, et l'expression des gènes a été analysée pour démontrer que les gènes étaient réduits au silence. Les coléoptères traités ont ensuite reçu une dose d'insecticide. La mortalité des insectes exposés à l'insecticide a été mesurée et comparée à des témoins traités à l'improviste afin d'évaluer la contribution des gènes testés à la résistance à l'insecticide. L'inhibition de chaque gène a entraîné une augmentation mesurable, mais statistiquement non significative, de la mortalité aux insecticides Entrust et Delegate. Ensuite, l'inhibition des deux gènes à la fois a été testée et, dans ce cas, une augmentation significative de la mortalité a été observée avec le traitement Entrust, mais pas avec le traitement Delegate. Des expériences similaires ont été menées en utilisant une population résistante à l'insecticide Coragen et des ARNdb pour les trois gènes les plus surexprimés dans la population résistante, mais aucun effet sur la mortalité résultant de l'exposition à l'insecticide n'a été observé.

En résumé, deux gènes identifiés comme étant surexprimés dans une population de doryphores du Québec résistante à Entrust se sont révélés, à l'aide de l'interférence ARN, contribuer de manière significative à la résistance à la toxicité de l'insecticide Entrust dans cette population de doryphores. Ces gènes pourraient constituer la base d'une signature moléculaire potentielle pour la résistance aux insecticides spinosynes. Étant donné que les effets de la double désactivation des gènes sur la mortalité produite par l'exposition à Entrust étaient additifs, les résultats fournissent la preuve d'une résistance multigénique à Entrust dans cette population.

La caractérisation des signatures moléculaires relatives aux petits ARN non codants et associées à la résistance aux insecticides chez les doryphores est en cours. Au cours de l'année écoulée, l'identification des miARN différentiellement exprimés a notamment été réalisée à l'aide d'un séquençage à haut débit chez des doryphores présentant une sensibilité ou une résistance à l'insecticide Titan (clothianidine). L'optimisation et l'élimination par ARNdb de transcrits associés à la synthèse ou à la fonction de petits ARN non codants, tels que Ago2, ont été réalisées avec succès chez les doryphores et l'évaluation de l'impact d'une telle modulation sur la réponse à l'insecticide est envisagée. Parallèlement, la mesure de plusieurs transcrits clés codant pour des protéines associées à la réponse aux insecticides, comme le cytochrome P450s, a été effectuée dans plusieurs populations de doryphores présentant une résistance confirmée aux insecticides, notamment Entrust (spinosad) et Verimark (cyantraniliprole), pour n'en citer que quelques-uns. Cette approche a révélé de nombreux transcrits dont l'expression variait chez les insectes résistants aux insecticides, ce qui justifie une exploration approfondie de l'expression du cytochrome P450s en réponse à diverses classes d'insecticides.

Message(s) clé(s) :

La ou les déclaration(s) clé(s) du projet mettant en évidence les avantages pour l'industrie.

Ce projet a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur les schémas régionaux de résistance aux insecticides chez le doryphore de la pomme de terre, le ravageur le plus important de la pomme de terre sur le plan économique. Une résistance substantielle avait déjà été détectée chez cet insecte aux insecticides néonicotinoïdes dans certaines régions d'Amérique du Nord, et une résistance croissante au Canada avait déjà été démontrée. Dans le cadre de ce projet, nous avons pu évaluer la résistance à dix insecticides au cours du projet. Nos données ont montré que les niveaux de résistance les plus élevés se trouvent dans la production biologique de pommes de terre, aux insecticides spinosynes, mais que les spinosynes restent généralement efficaces malgré le développement de la résistance. Au niveau régional, c'est au Manitoba que la résistance aux néonicotinoïdes est la plus élevée, avec près de 40 % des populations échantillonnées présentant une résistance à ce groupe et, au total, près de 85 % présentant une sensibilité réduite ou une résistance. Les coléoptères de l'Ontario ont montré la deuxième plus grande résistance aux néonicotinoïdes, avec près de 60 % des coléoptères montrant une sensibilité ou une résistance réduite. Pour les spinosynes, des pourcentages élevés de sensibilité réduite ont été détectés au Manitoba et en Ontario, mais c'est au Québec qu'ils sont les plus élevés (86 %). La résistance ou la sensibilité réduite aux diamides a montré des tendances similaires au Manitoba, en Ontario et au Québec, avec une sensibilité plus élevée dans les Maritimes et une sensibilité totale en Alberta.

Des preuves de résistance croisée ont été trouvées parmi les spinosynes et les insecticides conventionnels testés. Les producteurs sont encouragés à continuer à alterner les groupes chimiques chaque fois que cela est possible afin d'éviter le développement d'une résistance à un groupe d'insecticides et le potentiel de développement d'une résistance croisée à d'autres groupes chimiques.

Cette étude a permis d'acquérir de nouvelles connaissances substantielles sur la base moléculaire de la résistance, en particulier aux spinosynes, et d'identifier plusieurs cibles génétiques candidates pour le développement de méthodes de lutte par interférence ARN. Les travaux futurs sur le développement de méthodes de contrôle par ARNi constituent un domaine d'investigation actif et prometteur pour étendre la protection fournie par les produits chimiques actuels.

Avantage global pour l'industrie :

Développer le(s) message(s) clé(s) et fournir tous les détails pertinents pour l'agriculteur sous une forme facile à assimiler et à comparer.

Ce projet a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur les schémas régionaux de résistance aux insecticides chez l'insecte ravageur de la pomme de terre le plus dévastateur sur le plan économique, le doryphore de la pomme de terre. En évaluant près de 140 populations de doryphores collectées sur cinq ans dans cinq régions du Canada, nous avons constaté que la sensibilité réduite et le développement de la résistance aux insecticides sont les plus élevés pour les insecticides organiques spinosyn dans toutes les régions, même parmi les populations où les produits à base de néonicotinoïdes ou de diamides sont plus couramment utilisés. Des niveaux élevés de sensibilité réduite sont également observés pour les néonicotinoïdes et des niveaux croissants de sensibilité réduite pour les diamides. Les études de diagnostic moléculaire réalisées dans le cadre de notre projet ont permis d'identifier un certain nombre de nouveaux gènes candidats à considérer comme des cibles pour les outils de lutte antiparasitaire basés sur l'ARNi. Une résistance croisée a été trouvée dans certaines populations et la gestion de la résistance devrait continuer à donner la priorité à la rotation entre les classes d'insecticides et entre les années afin d'étendre la longévité de toutes les classes d'insecticides pour la lutte contre le doryphore de la pomme de terre. Ces données seront consultables dans une base de données cartographique interactive en ligne, en phase finale de développement, pour que les producteurs, les spécialistes de la vulgarisation et les autres parties prenantes puissent accéder aux résultats pertinents au niveau régional pour chaque produit évalué.