

## Résistance aux pesticides chez le doryphore de la pomme de terre : validation de tests génétiques pour la détection



Figure 1. Doryphore de la pomme de terre adulte

Le doryphore de la pomme de terre (DPT ; Figure 1) s'alimente sur les plants de pomme de terre entraînant leur défoliation et une perte de rendement pouvant atteindre 80 % dans les champs les plus impactés. Le moyen de lutte le plus répandu actuellement contre ce ravageur est l'utilisation d'insecticides de synthèse. Sachant que le DPT a déjà montré une résistance à 57 matières actives, il compte parmi les 10 insectes les plus résistants au monde et il devient difficile de contrôler ses populations. Dans l'optique de rationaliser l'utilisation d'insecticides contre ce ravageur et limiter l'accentuation de la résistance au Québec, le présent projet (2022-2025) proposait d'établir des protocoles de bioessais permettant d'évaluer la résistance aux insecticides de populations québécoises, pour ensuite déterminer l'origine moléculaire de ces résistances et *in fine* transférer un outil de détection fiable au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ.

### Objectifs spécifiques

1. Détermination des concentrations discriminantes à 90 % (DC90) de neuf insecticides d'une population sensible de DPT.
2. Échantillonner des populations sauvages de DPT et évaluer leur résistance aux insecticides par bioessais.
3. Identifier des gènes associés à la résistance et valider l'effet de leur blocage sur le phénomène de résistance.

### Méthodologie

**Obj. 1.** Les DC90 ont été déterminées par bioessais sur des individus issus d'un élevage sensible. Des disques foliaires ont été trempés dans différentes dilutions d'insecticides (Figure 2.1), les larves de stade 2 (L2) ont été placées sur les disques (Figure 2.2) pour évaluer la mortalité (Figure 2.3).

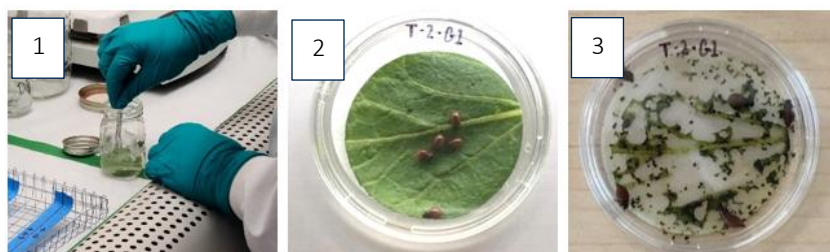


Figure 2. Exposition des larves de stade 2 à des insecticides – IRDA®

**Obj. 2.** Des larves L2 de 14 populations sauvages ont été exposées à la DC90 de chaque insecticide. La mortalité obtenue a été comparée à celle de la population sensible afin de caractériser leur résistance.

**Obj. 3.** L'amplification des gènes potentiellement associés à la résistance (cytochromes P450s (CYP)) via RT-qPCR a été effectuée à partir de larves résistantes. Par la suite, une synthèse d'ARN interférant (ARNi) des gènes surexprimés et l'ingestion de cet ARNi chez de nouvelles larves connues résistantes a été effectuée pour vérifier l'effet de l'inactivation de ce gène sur la mortalité à la suite de l'exposition à un insecticide respectif.

## Résultats

**Obj. 1.** Neuf DC90 (ppm \_ parties par million) et leur délai d'application ont été déterminés grâce à la modélisation de courbes doses-réponses suite à un minimum de 12 répétitions d'exposition à des intervalles de dilutions pour chaque insecticide sur la population sensible (Tableau 1).

Famille et groupe chimique	Nom commercial	Matière active (%)	DC90 (ppm)	Délai (h)
Pyréthriinoïdes (3A)	Matador®	Lambda-cyhalothrin (12 %)	0,06 [0,05-0,08]	48
Néonicotinoïdes (4A)	Actara®	Thiaméthoxame (21,6 %)	0,82 [0,61-1,03]	48
Néonicotinoïdes (4A)	Titan®	Clothianidine (48 %)	1,51 [0,86-2,15]	48
Buténolides (4D)	Sivanto <sup>MD</sup> Prime	Flupyradifurone (20 %)	17,71 [13,45-21,96]	72
Spinosynes (5)	Delegate <sup>TM</sup>	Spinétoram (25 %)	0,06 [0,04-0,09]	48
Spinosynes (5)	Entrust <sup>TM</sup>	Spinosad (22,5 %)	0,21 [0,14-0,28]	48
Diamides (28)	Coragen®	Chlorantraniliprole (18,4 %)	0,98 [0,36-1,60]	48
Diamides (28)	Vayego®	Tétraniliprole (20 %)	1,01 [0,13-1,90]	48
Diamides (28)	Verimark®	Cyantraniliprole (18,7 %)	0,10 [0,08-0,12]	72

Tableau 1. Insecticides testés avec la famille et le groupe chimique, le nom commercial le pourcentage de matière active, la DC90 (avec intervalle de confiance à 95%) déterminée pour la population sensible avec le délai d'observation post-exposition.

**Obj. 2.** Le profil de résistance de 14 populations sauvages exposées à neuf insecticides pendant trois ans a été déterminé. Parmi ces 129 profils, 47 résistances, 80 tolérances et deux sensibilités (fermes en régie biologique) ont été établis. Dans nos populations québécoises, la résistance a été plus importante à la suite d'une exposition à des néonicotinoïdes/buténolides (groupe chimique 4) et des pyréthriinoïdes/pyréthrines (3), par rapport aux spinosynes (5) et aux diamides (28) (Figure 3).

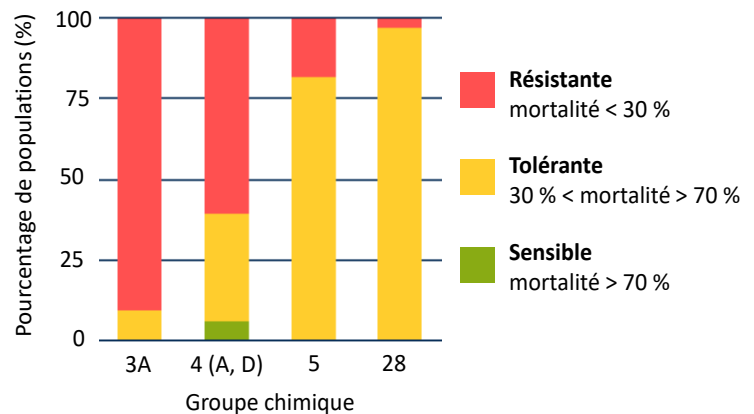
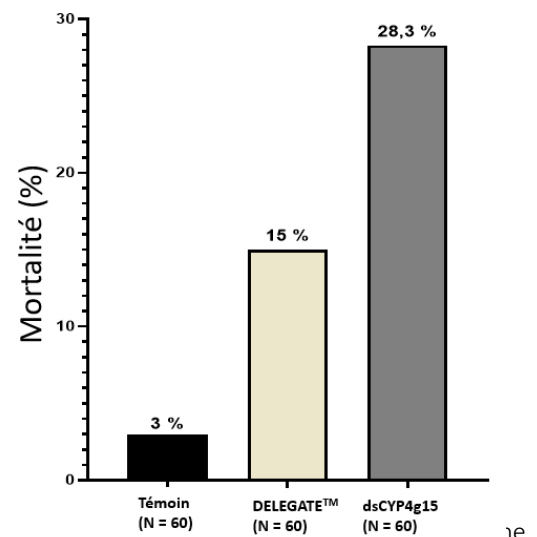


Figure 3. Pourcentage de populations résistantes, tolérantes et sensibles selon les groupes chimiques.

**Obj. 3.** Une surexpression des gènes *CYP4g15* (DELEGATE<sup>TM</sup>), *CYP6a23* (ACTARA® et TITAN®), *CYP9e2* (ENTRUST<sup>TM</sup>) et *CYP6d4* (Verimark®) a été trouvée.

Une validation de l'implication de ces gènes, via la méthode d'ingestion d'ARNi pour inactiver ces cibles, a démontré un effet notable sur le retour d'une sensibilité chez une population identifiée comme résistante (Figure 4).

- Une interaction polygénique a été confirmée pour le phénomène de résistance : action simultanée d'autres cytochromes P450 ou enzymes de détoxification (GSTs) (Højland et al., 2017).
- Une approche combinant ARNi multi-ciblage pourrait être une stratégie envisageable pour réduire la résistance aux insecticides (Kapanoglu et al., 2024).



ingestion d'ARNi (dsCYP4g15) + DELEGATE<sup>TM</sup> comparée à des larves exposées uniquement au DELEGATE<sup>TM</sup> et à des larves témoins.

## Conclusion

Le projet a permis de déceler un phénomène de résistance du DPT aux insecticides inquiétant dans la province. En colligeant les principaux résultats avec les informations obtenues lors des enquêtes auprès des producteurs (voir rapport complet pour les détails), deux pistes de réflexion semblent être à considérer :

- Améliorer la rotation des groupes chimiques lors d'interventions phytosanitaires et la rotation de cultures pour limiter la dispersion des populations résistantes.
- Exercer une vérification plus stricte de l'efficacité des applications d'insecticides pour soulever les potentiels soupçons de résistance au champ.

## Impacts et retombées du projet

Environ 600 fermes productrices de pommes de terre peuvent bénéficier des avancées acquises durant ce projet advenant une disponibilité du service de diagnostic pour la résistance du DPT par le LEPD. De plus, les producteurs des autres cultures de solanacées (tomate, aubergine, etc.) pourraient bénéficier de ce service. Le projet a permis de mettre de l'avant la problématique réelle et complexe du phénomène de résistance dans notre province et d'en informer les acteurs concernés, notamment en l'emphase sur l'importance de la rotation des produits chimiques et surtout des cultures pour prévenir l'émergence d'une résistance. Une meilleure connaissance du phénomène de résistance permettra aux entreprises d'ajuster leur gestion du DPT tout en optimisant les coûts directs liés à la gestion et le gain d'un point de vue environnemental et de santé publique.

## Références

Højland, D. H., et Kristensen, M. (2017). Analysis of differentially expressed genes related to resistance in spinosad-and neonicotinoid-resistant *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). Strains. PloS one, 12(1), e0170935.

Kaplanoglu, E., et al. (2024). Role of CYP9E2 and a long non-coding RNA gene in resistance to a spinosad insecticide in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Plos one, 19(5), e0304037

### Partenaires financiers

**Agriculture, Pêcheries  
et Alimentation**

**Québec**



**PRIME-  
VERT**  
UN PAS DE PLUS.  
POUR VOUS.  
POUR VOTRE COLLECTIVITÉ.

### Partenaires de réalisation



**UNIVERSITÉ DE MONCTON**  
CAMPUS DE MONCTON

**GROUPE  
PLEINE TERRE** | CULTIVER LE SAVOIR-FAIRE  
AGRONOMIE • ENVIRONNEMENT

### Une réalisation de

Célia Bordier, chercheure  
Élisabeth Menard, professionnelle de recherche  
Kim Ostiguy, technicienne de laboratoire  
Enock Omakele, technicien de laboratoire  
Mick Wu, biostatisticien

### Collaborateurs

Pier Morin, Université de Moncton  
Yves Auger, Marie-Pascale Beaudoin, Karl-José Aristide  
Eyebiyi, Mélissa Gagnon, MAPAQ  
Isabelle Dubé, Sophie Guimont, Nadia Surdek, Pleine Terre

### Des questions?

450 653-7368 p. 631  
celia.bordier@irda.qc.ca