

Doryphore : Résistance aux insecticides et méthodes de lutte alternatives

Célia BORDIER, Ph.D.

Chercheure en
entomologie

irda

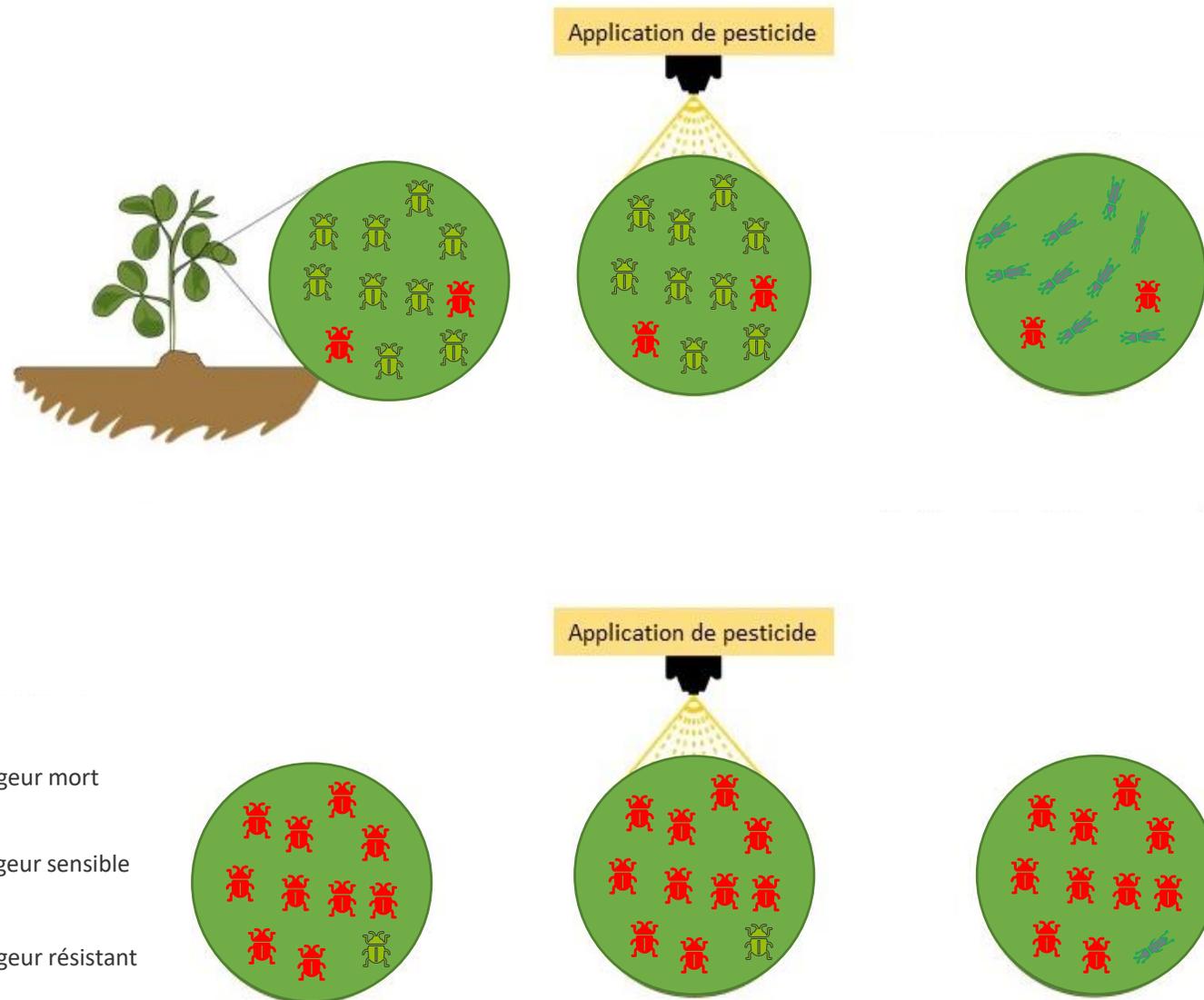


Qu'est ce que la **résistance** aux pesticides ?

Les **populations** n'ayant **jamais** été **exposées** aux pesticides sont totalement **sensibles**

Changement génétique dans un organisme en réponse à une sélection induite par des pesticides

-  Ravageur mort
-  Ravageur sensible
-  Ravageur résistant



La **résistance** = une réalité chez les insectes

Facteurs opérationnels

- ✂ Généralisation et sur-utilisation répétée des pesticides
- ✂ Sur ou sous dosage par rapport à l'étiquette
- ✂ Couverture inappropriée
- ✂ Temps d'application impropre
- ✂ Emploi d'une seule classe de produit chimique
- ✂ Emploi de composés très rémanents
- ✂ Emploi de produits à large spectre
- ✂ Méthodes de lutttes alternatives peu utilisées



Résistance dans le monde

Résistance aux nouvelles classes d'insecticides :
formamidines, cyclodiènes, carbamates, pyréthroïdes
et organophosphorés (IRAC)



La **résistance** des insectes au Québec



Enquête sur la résistance des ennemis des cultures aux pesticides

Rémy Fortin, agronome consultant
2012

Collaboration :

Danielle Bernier, agronome-malherbologiste, MAPAQ
Denise Bachand, chargée de projets, CRAAQ

Cultivons l'avenir, une initiative fédérale-provinciale-territoriale



Canada



Québec



REVUE DE LITTÉRATURE

LA RÉSISTANCE DES INSECTES ET ACARIENS AUX PRODUITS ANTIPARASITAIRES POUR LES ESPÈCES AGRICOLES PRÉSENTES AU QUÉBEC

Franz Vanoosthuyse, M.Sc.
Annabelle Firlie, Ph.D.
Élisabeth Ménard, D.E.S.S., env.
Alessandro Dieni, M.Sc.
Audrey Charbonneau, B. Env.
Daniel Cormier, Ph.D.

Institut de recherche et de développement en
agroenvironnement (IRDA)

Juillet 2018

LA RÉSISTANCE DES INSECTES ET ACARIENS AUX PRODUITS ANTIPARASITAIRES POUR LES ESPÈCES AGRICOLES PRÉSENTES AU QUÉBEC
JUILLET 2018



©Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection

Doryphore de la pomme de terre et **résistance**

Résistant à 56 matières actives à travers le monde

Facteurs favorisant sa résistance :

- ⌘ Court cycle de vie
- ⌘ Abondance élevée du ravageur
- ⌘ Descendance nombreuse
- ⌘ Plusieurs plantes hôtes

Comment fait-il ?

1. Détoxification
2. Réduction de la pénétration des insecticides
3. Augmentation de l'excrétion
4. Modification du comportement

(Alyokhin et al., 2008)



Leptinotarsa decemlineata

Évaluation de la **résistance** par bio-essais

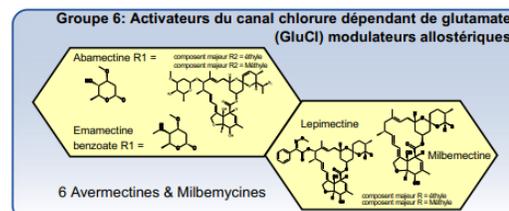
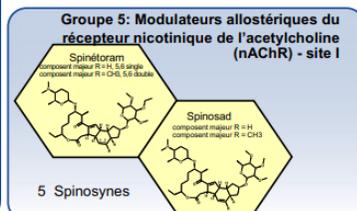
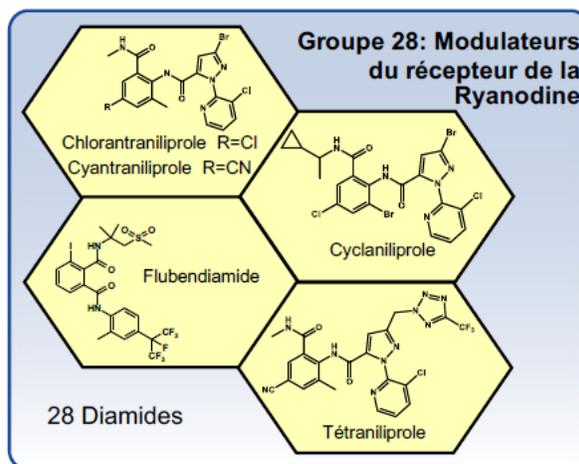
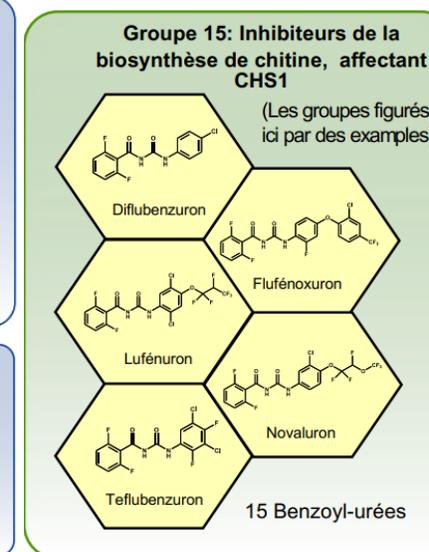
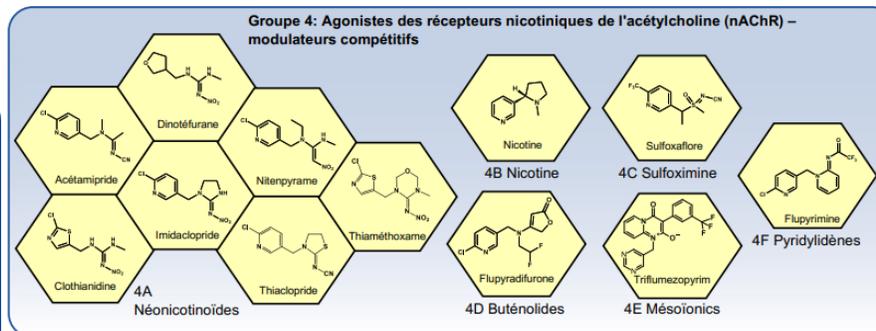
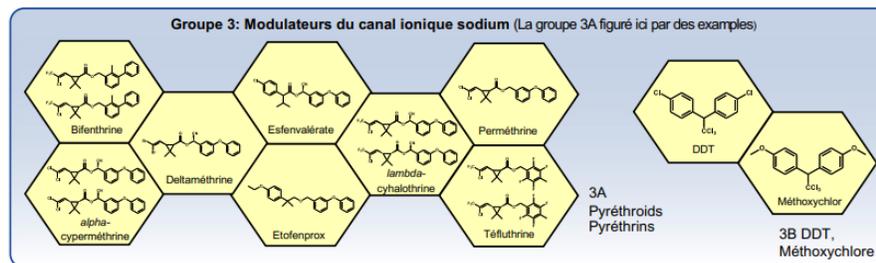
- Permet une étude à grande échelle
- Basée sur l'estimation de la survie
- Importance de faire les tests sur une population sensible
- Points de vigilance à prendre en compte dans l'établissement du protocole
 - Choix des pesticides → homologués et utilisés au Québec
 - Mode d'exposition → disque foliaire
 - Exposition au bon stade de développement → stade L2



Choix des pesticides

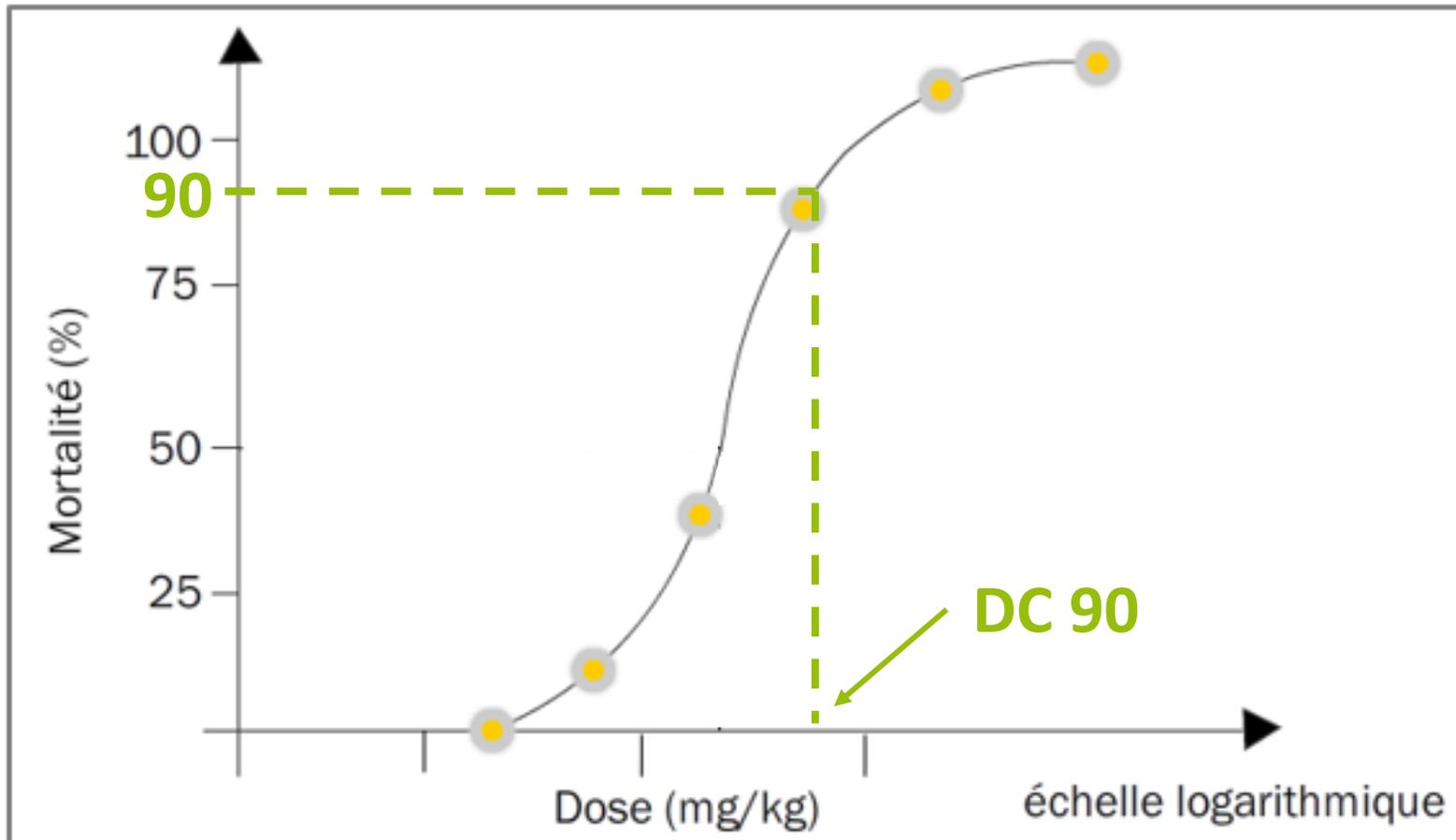
- ☞ Actara
- ☞ Cormoran
- ☞ Cruiser maxx
- ☞ Matador
- ☞ Minecto Pro
- ☞ Vayego

- ☞ Coragen
- ☞ Delegate
- ☞ Entrust
- ☞ Sivanto prime
- ☞ Titan
- ☞ Verimark



Évaluation de la résistance

DC90 : Dose discriminante entraînant une mortalité de 90 % de la population sensible



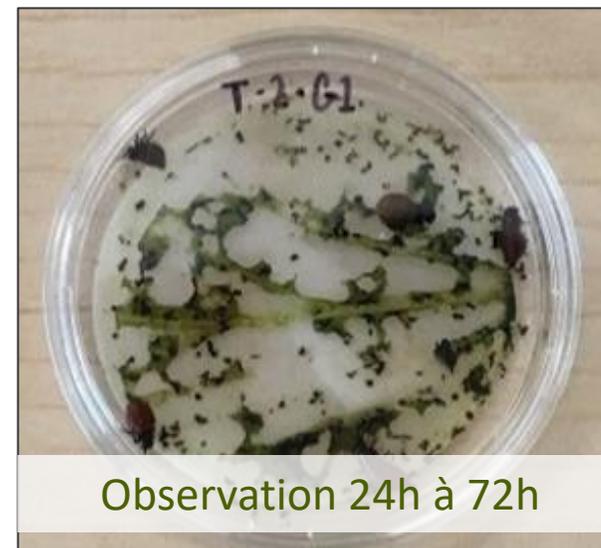
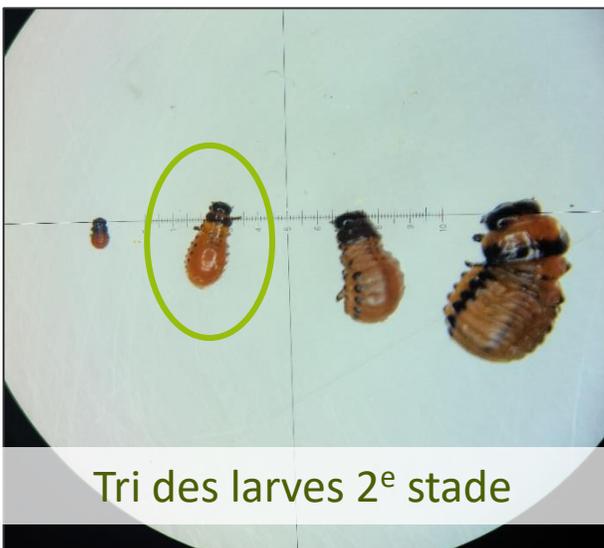
Test des populations sauvages

Population **résistante**
mortalité < 30 %

Population **tolérante**
30 % < mortalité < 70 %

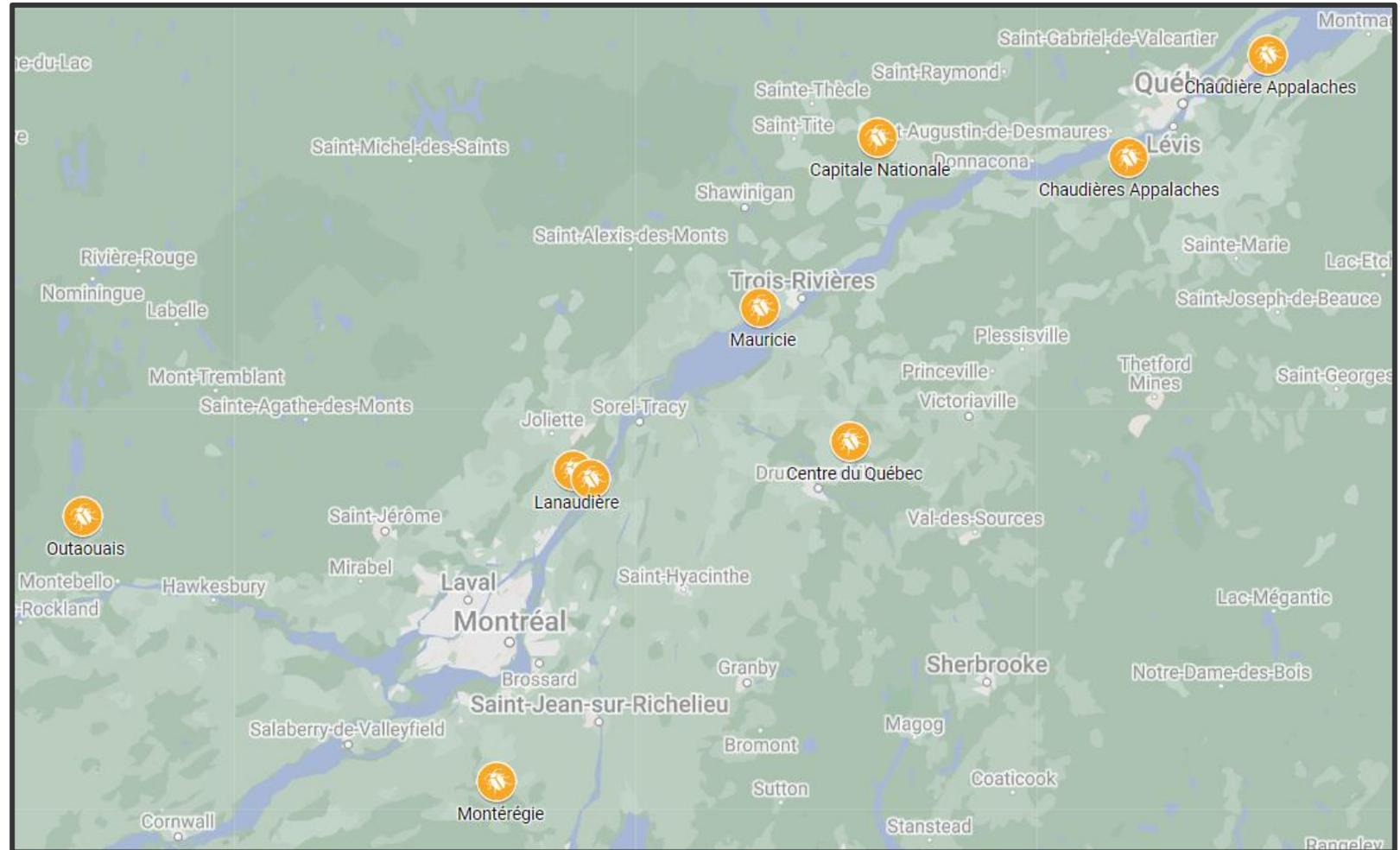
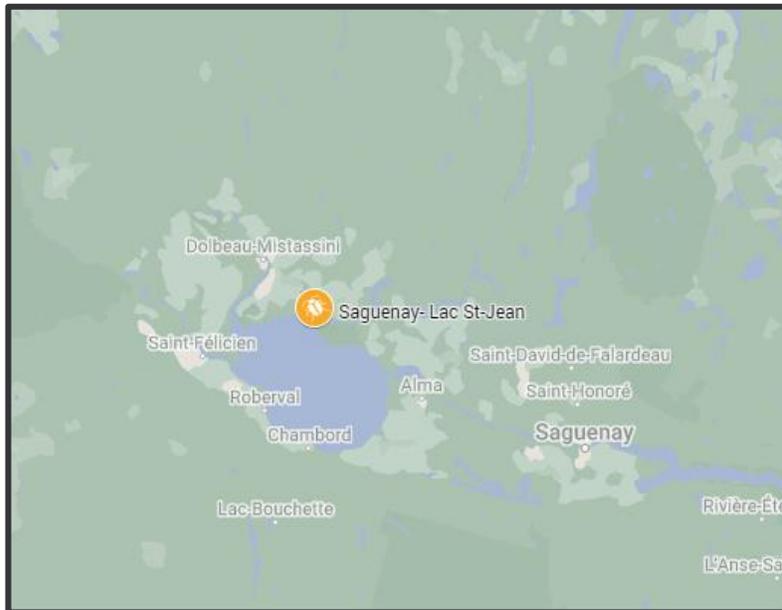
Population **sensible**
mortalité > 70 %

Protocole en images



Origine des populations sauvages

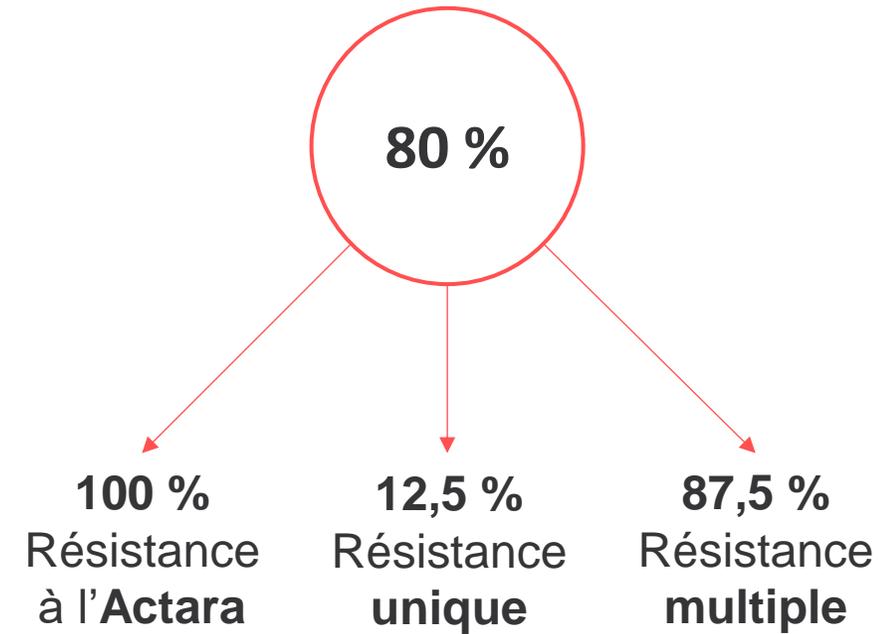
10 sites
8 régions administratives
6 conseillers MAPAQ et clubs



Populations sauvages résistantes

Population **résistante** si mortalité < 30 %

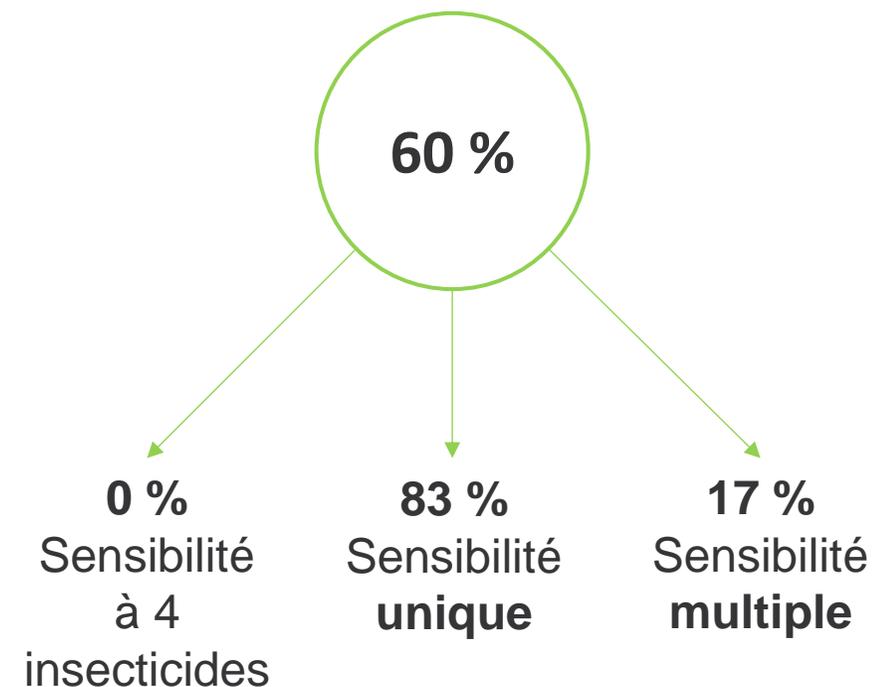
		Actara	Cormoran	Cruiser maxx	Matador	Minecto Pro	Vayego
	DC 90	0,82	0,98	1,42	0,06	0,10	1,01
Population	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						



Populations sauvages sensibles

Population **sensible** si mortalité > 70 %

		Actara	Cormoran	Cruiser maxx	Matador	Minecto Pro	Vayego
	DC 90	0,82	0,98	1,42	0,06	0,10	1,01
Population	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						



Populations sauvages : vue d'ensemble

Population **résistante** si mortalité < 30 %

Population **tolérante** si 30 % < mortalité < 70 %

Population **sensible** si mortalité > 70 %

		Actara	Cormoran	Cruiser maxx	Matador	Minecto Pro	Vayego
	DC 90	0,82	0,98	1,42	0,06	0,10	1,01
Population	1	résistante	résistante	résistante	résistante	tolérante	tolérante
	2	résistante	tolérante	résistante	résistante	tolérante	sensible
	3	résistante	tolérante	résistante	résistante	tolérante	tolérante
	4	résistante	résistante	tolérante	résistante	sensible	sensible
	5	résistante	tolérante	résistante	tolérante	tolérante	sensible
	6	résistante	tolérante	résistante	tolérante	tolérante	tolérante
	7	résistante	tolérante	tolérante	résistante	tolérante	tolérante
	8	résistante	tolérante	tolérante	tolérante	tolérante	sensible
	9	tolérante	tolérante	tolérante	tolérante	sensible	tolérante
	10	tolérante	tolérante	tolérante	tolérante	sensible	tolérante

Toutes les populations présentent une tolérance en comparaison à la souche sensible

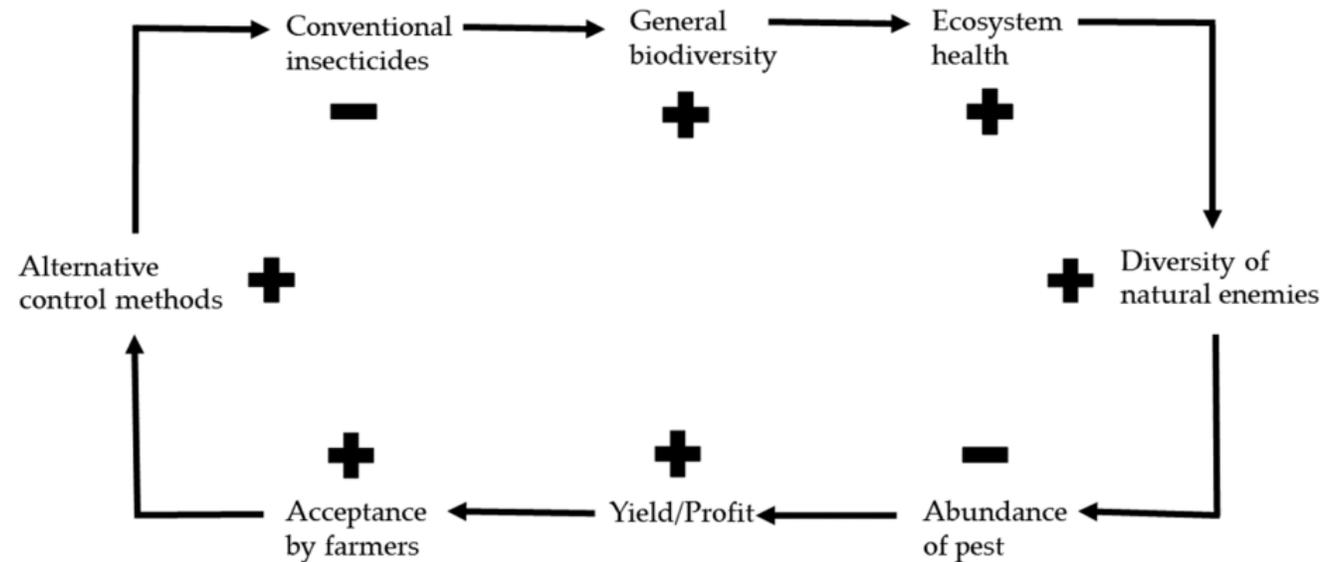
Conclusion de la 1^{ère} année

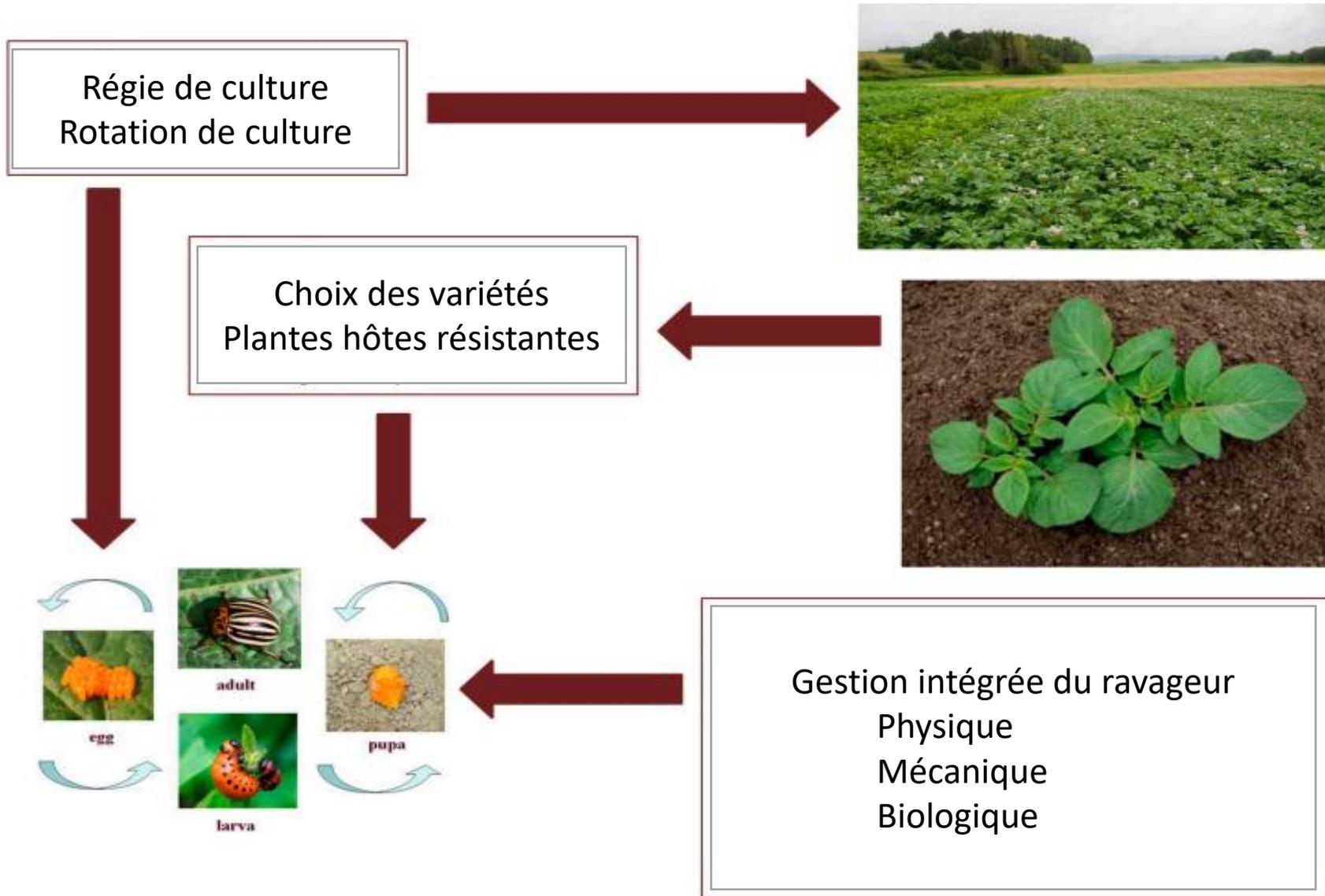
- ✂ Résistance observée à des concentrations variables de pesticide
- ✂ Aucune sensibilité observée chez 4 populations → Problème de gestion à anticiper
- ✂ Présence de résistance dans 7 des régions couvertes par l'étude de 2022
- ✂ Certaines populations sauvages ne se prêtent pas à l'élevage en laboratoire (3x)

LA SUITE, ...



Méthodes alternatives pour une lutte intégrée





- ⌘ Bonne régie de cultures
- ⌘ Combinaison de techniques de lutte

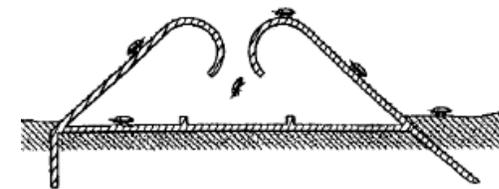
🐛 Évaluation de la pression en ravageur

Observations directes au champ

Piège fosse

Piège lumineux basé sur le comportement photo tactique du doryphore¹

Imagerie ultra haute résolution par drones²



🐛 **Seuils économiques** pour 50 plants entraînant le déclenchement d'un traitement³ :

25 adultes

200 stades L1-L2

75 stades L3-L4

10 % de defoliation

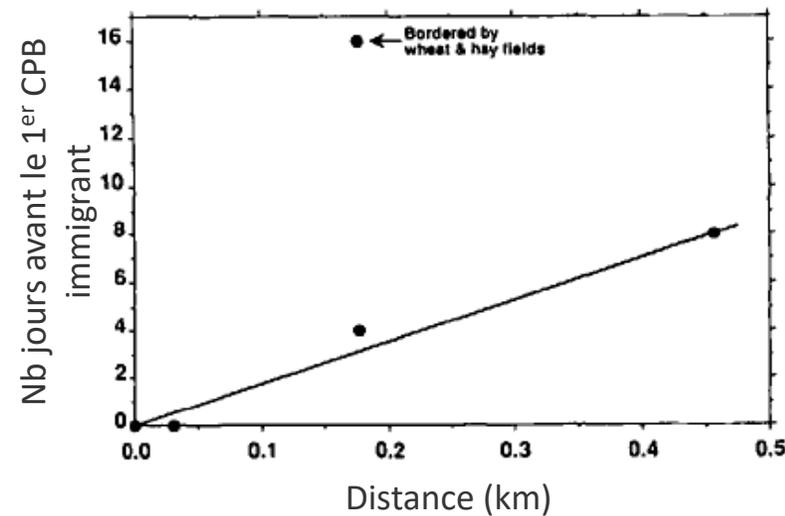
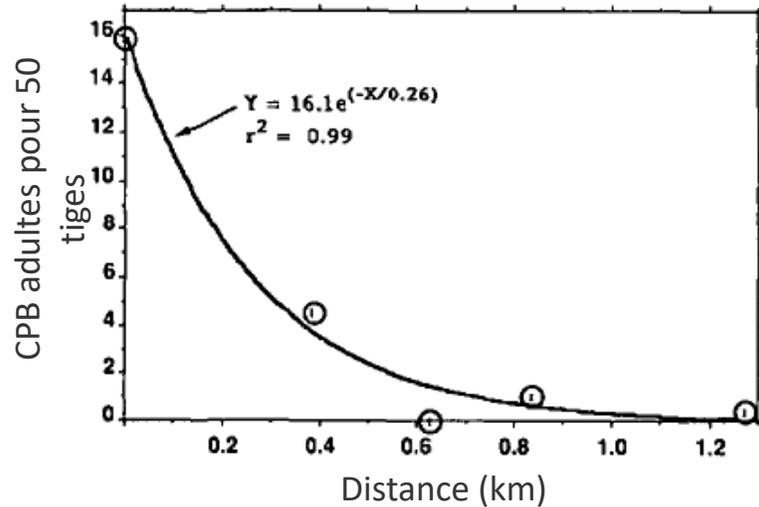


🐛 Considérer les **conditions environnementales** avant la mise en place d'un traitement



Rotation des cultures

- ⌘ Le doryphore hiverne dans le champ d'origine ou en bordure
- ⌘ Rotation des cultures = solution très prometteuse
- ⌘ Varier les cultures dans un champ donné, d'une année sur l'autre et sur plusieurs années

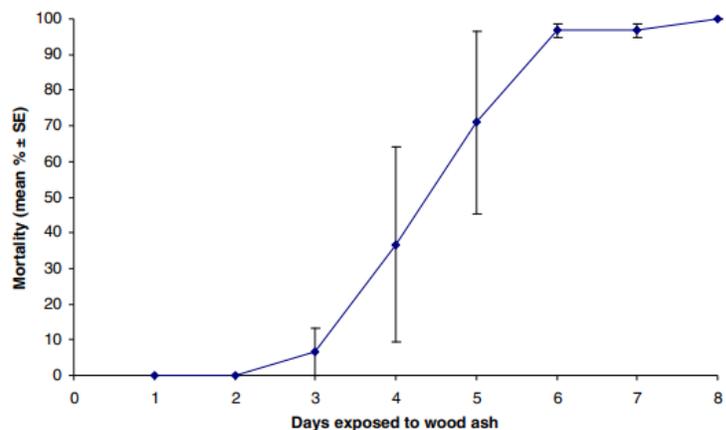


50 % doryphores en moins dès 200 m

8 jours avant 1^{er} adulte à 450 m

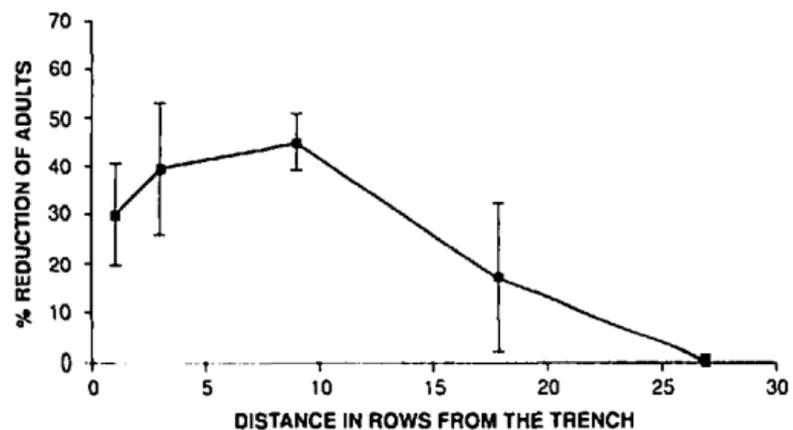
Diminution de la pression du doryphore si le champ est bien isolé

CENDRE DE BOIS¹



- ☼ **100 % de mortalité** à tous les stades
- ☼ **Réduit alimentation et activité** des individus
- ☼ Agit comme une **barrière physique** autour des plants
- ☼ Efficacité réduite par répétition
- ☼ Impacts négatifs en environnements humides

FILET EXCLUSION EN BORDURE²



- ☼ Tissu synthétique avec angle $> 46^\circ$
- ☼ **Population adulte hivernante réduite de 47 à 49 %**
- ☼ **Population estivale réduite de 40 à 90 %**

1 Boiteau et al., 2012 // American Journal of Potato Research

2 Boiteau et al., 1994 // Journal of Economic Entomology

BROSSE-ROULEAU¹

⌘ **Chute** des larves :

Stades **L1-L2 = 62 %**

Stades **L3-L4 = 70 %**

⌘ **Ajustement** des **brûleurs** pour un compromis entre mortalité des doryphores et dommage sur plant

⌘ Adapté pour des plants de 20 à 25 cm

⌘ Risque de compaction du sol

AIR CHAUD²

⌘ Réaction de **thanatose**

⌘ **Chute** de **65 %** des **adultes**

⌘ Combiner avec le brulage au propane



Figure 1. Prototype de brosse-rouleau développé par M. Denis Giroux du RLIB.

1 Abel et al., 2019 // Rapport final de projet

2 Moyer et al., 1992 // American potato journal



Densité du ravageur ↘ 62 %¹
Défoliation ↘ 86 %²
Rendement ↗ 65 %¹

Perillus bioculatus



Troisième stade larvaire plus efficace pour lutter contre tous les stades immatures⁴

Chrysoperla carnae



Mortalité des œufs³ :
1^{ère} génération 37,8 %
2^{ème} génération 58,1 %

Coleomegilla maculata



Impact les masses d'œufs⁵ :
Parasite 71-91 %
Tue 67-91 %

Edovum puttleri

☼ **Possibilité d'une lutte en combinant plusieurs ennemis ou en association avec un traitement Bt**

☼ **Points critiques :**

Lâchers massifs

Qualité des prédateurs commerciaux

Habitats favorables à l'établissement des prédateurs comme les pailis

Plantes transgéniques

☼ **Modification d'un gène** permettant la résistance aux attaques et aux dommages¹

☼ **Impacts sur le doryphore²** :

Mortalité de 20 à 80 %

Métamorphose interrompue

Poids corporel inférieur

Zone nécrotique autour d'une masse d'œufs avec désintégration en bordure et chute

☼ **Cultivars³** : Agria, Pasinler, Marfona, Granola et Caspar

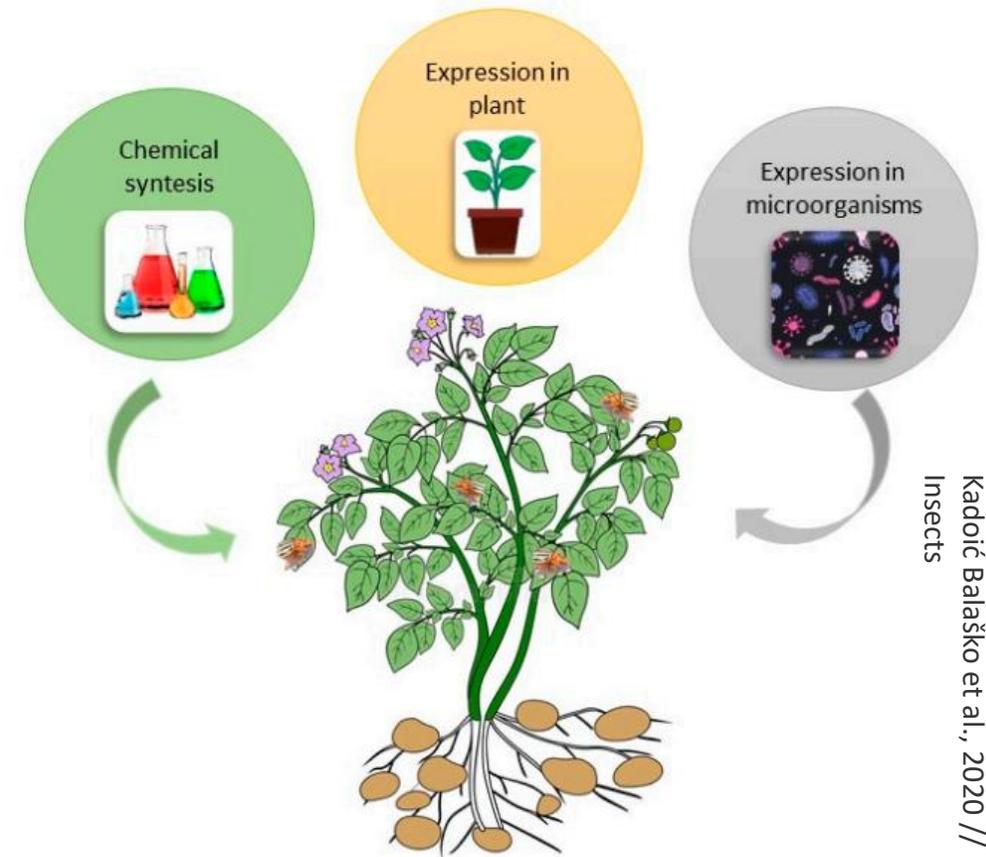
☼ **Difficultés** pour étendre la technique :

Manque d'acceptation sociale

Méthode longue (15^{aine} d'années)

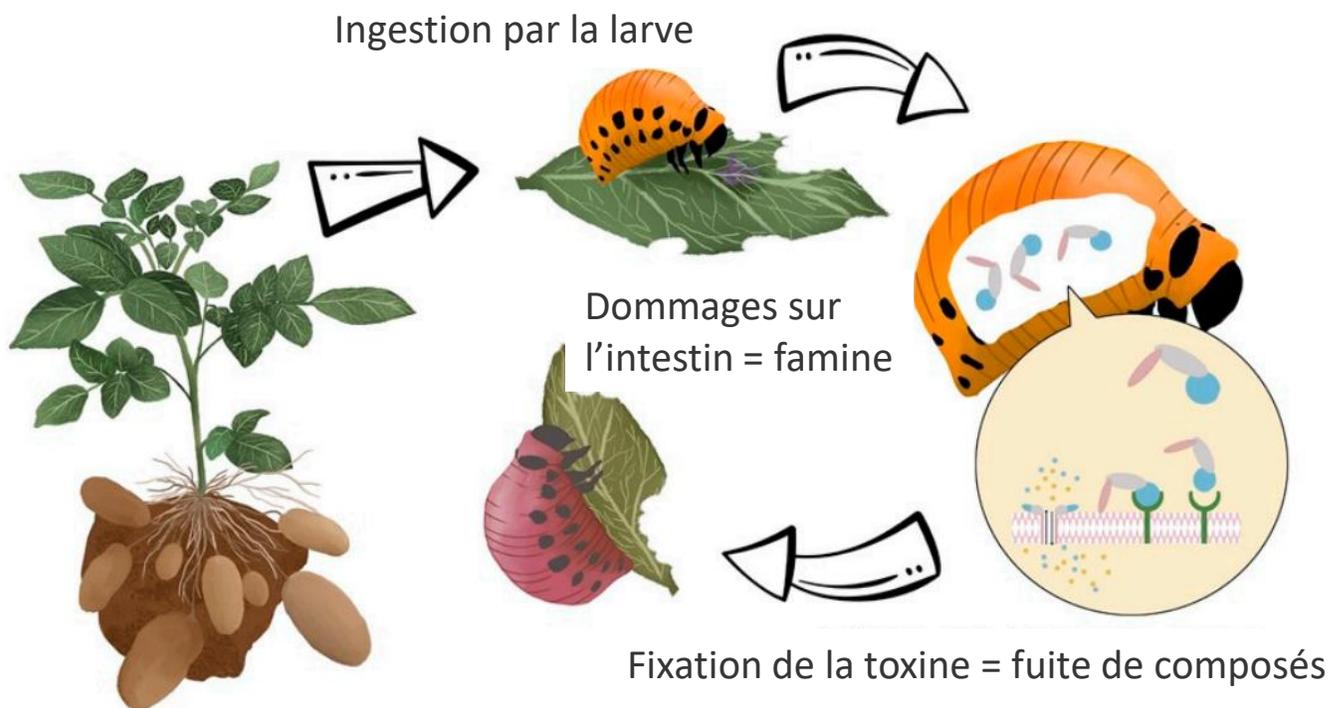
Développement de résistance

Complicque la rotation de culture



Kadoić Balaško et al., 2020 //

SCHÉMATISATION DU MODE D'ACTION DU BT¹



✂ *Bacillus thuringiensis* = bactérie

✂ Insecticide microbien

✂ Avantages :

Non toxique pour l'humain

Non toxique pour la faune non cible

✂ Points critiques :

Molécule photosensible = dégradation rapide²

Risque de développement de résistance³

1 Kadoić Balaško et al., 2020 // Trends in Plant Science

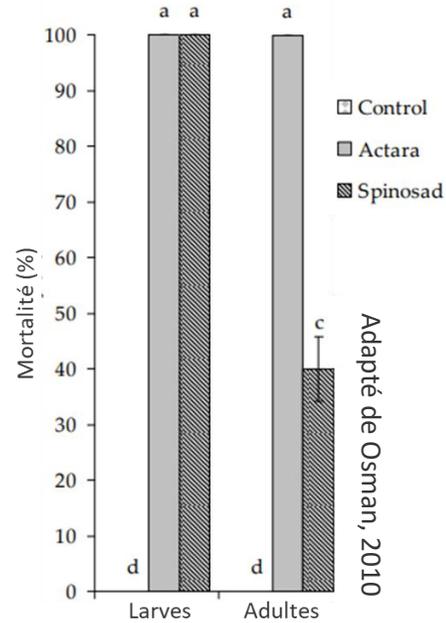
2 Sexson et al. 2005 // Journal of Economic Entomology

3 Whalon and Wingerd, 2003 // Arch. Insect Biochem. Physiol. Publ. Collab. Entomol. Soc. Am.

Biopesticides



Principe actif
Spinosad



- ☞ Effet moindre sur les adultes¹
- ☞ Produit persistant en conditions de terrain¹
- ☞ Synergie avec Bt et pyréthrine²

1 Osman, 2010 // Plant Protection Science
2 Barčić et al., 2006 // Journal of Pest Science



Principe actif
Sels de potassium d'acide gras
Pyréthrines



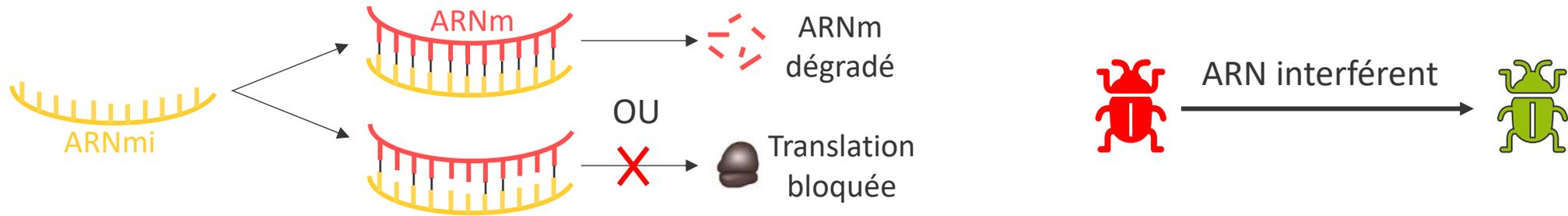
Principe actif
Beauveria bassiana



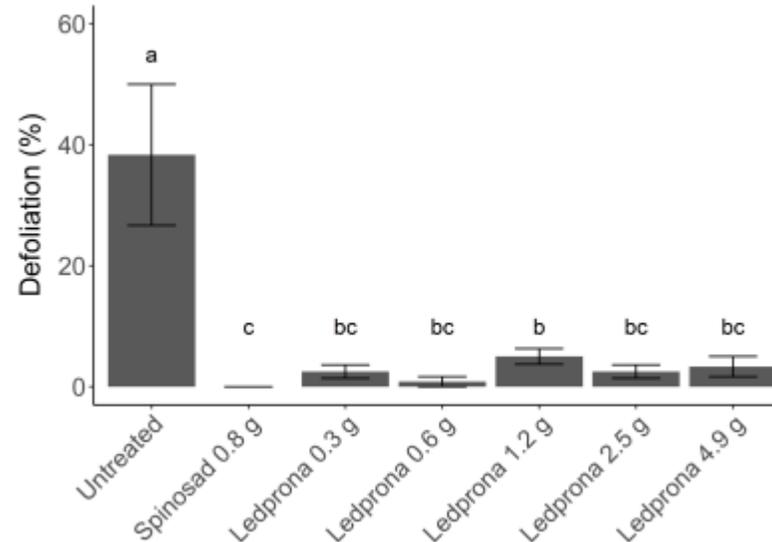
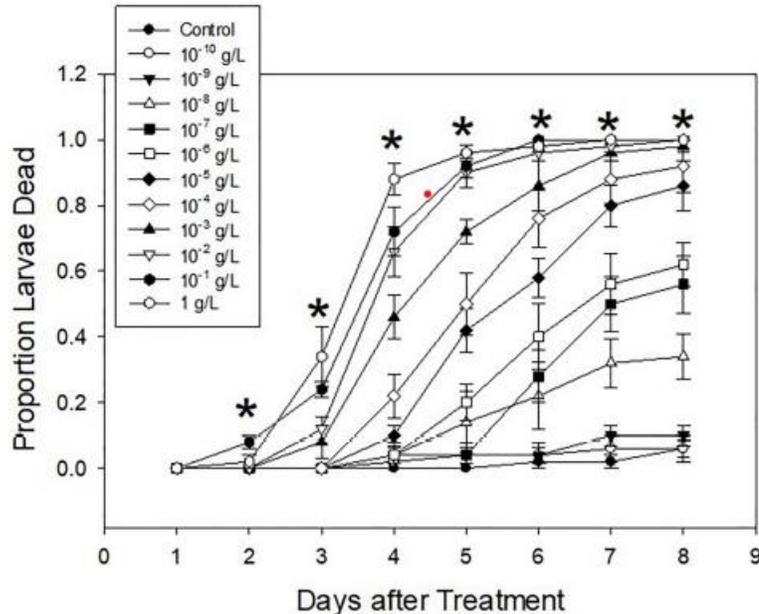
- ☞ Insecticide microbien
- ☞ Efficacité variable³
- ☞ Synergie avec Bt⁴

3 Wright and Ramos, 2002 // Biocontrol Science and Technology
4 Wright and Ramos, 2005 // Journal of Invertebrate Pathology

Biopesticide nouvelle génération à base d'ARN double brin avec un nouveau mode



Ledprona biopesticide double brin pulvérisable visant PSMB5 (protéasome éliminant les protéines endommagées et empêchant l'accumulation d'agrégats de protéines)



Larvicide à forte dose
Défoliation significativement réduite

Performance similaire au Spinosad

Remerciements

Conseillers agronomes : Karl-José Aristide Eyebiyi, Yves Auger, Marie-Pascale Beaudoin, Isabelle Dubé, Jacques Gagnon, Melissa Gagnon, Joëlle Ouellet et Nadia Surdek

LEDP MAPAQ : Jean Philippe Légaré



AAC : Cam Donly, Chandra Moffat, Ian Scott et Jessica Vickruck

Université de Moncton : Pier Morin



Agriculture and
Agri-Food Canada

Les producteurs ayant participé au projet

IRDA : Elisabeth Ménard, Kim Ostiguy et Mick Wu



Stagiaires : Hugo Fabre, Capucine Fouraux, Yanick Sageau, Marie Saliou et Rémy Taysse

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 2 du programme Prime-Vert.

Merci de votre écoute

