

# Doryphore : Résistance aux insecticides et méthodes de lutte alternatives

---

Célia BORDIER, Ph.D.

Chercheure en  
entomologie



irda

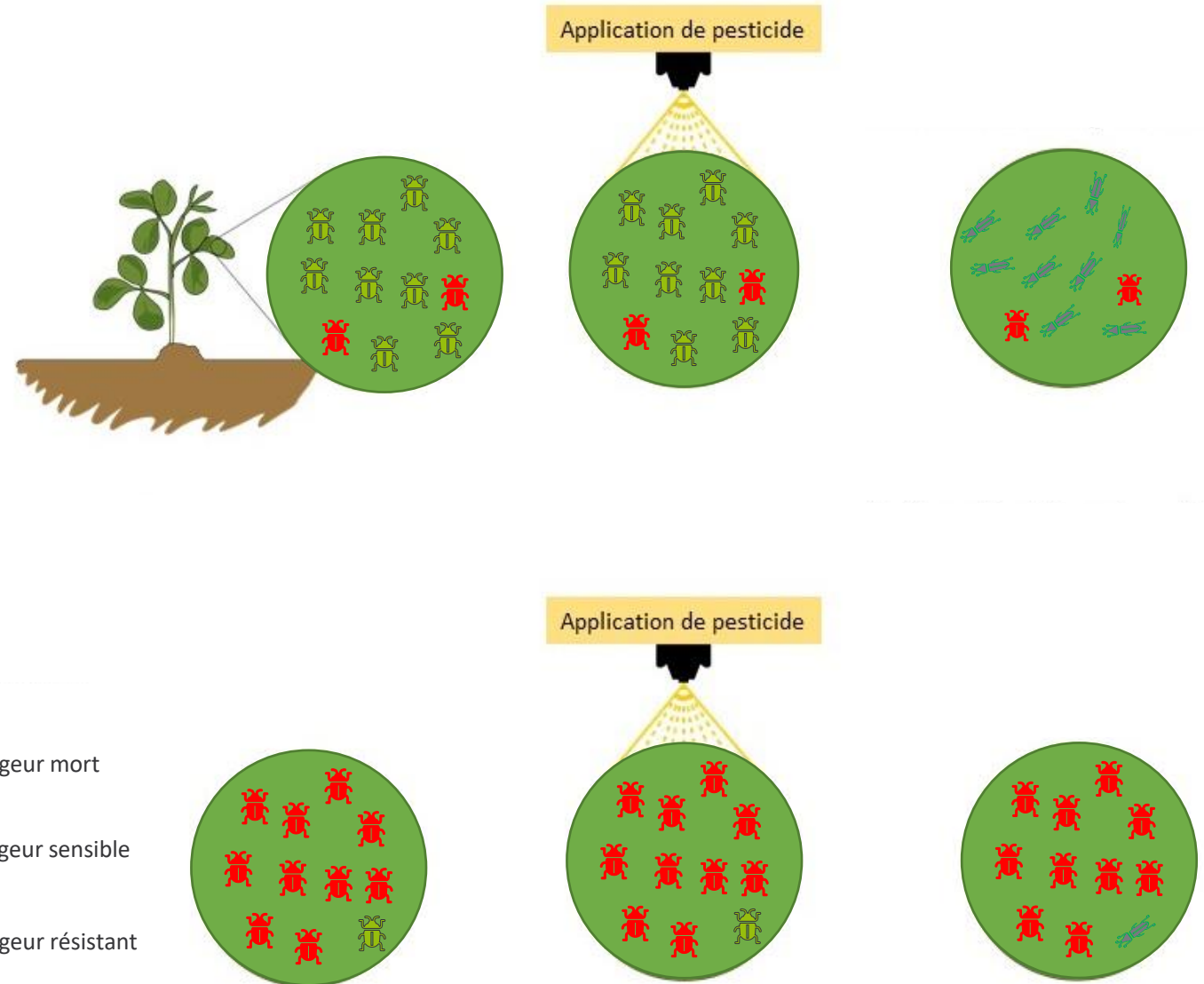


# Qu'est ce que la **résistance** aux pesticides ?

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

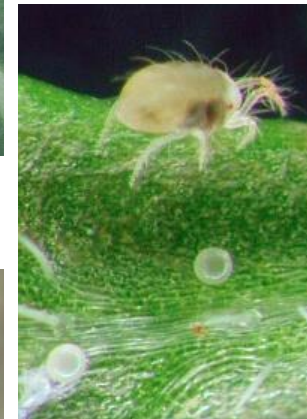
## Facteurs opérationnels

- ✚ 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 luttés 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

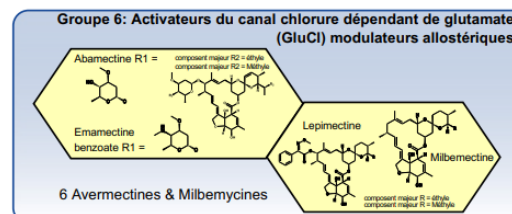
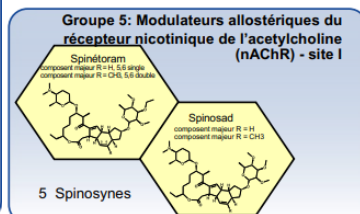
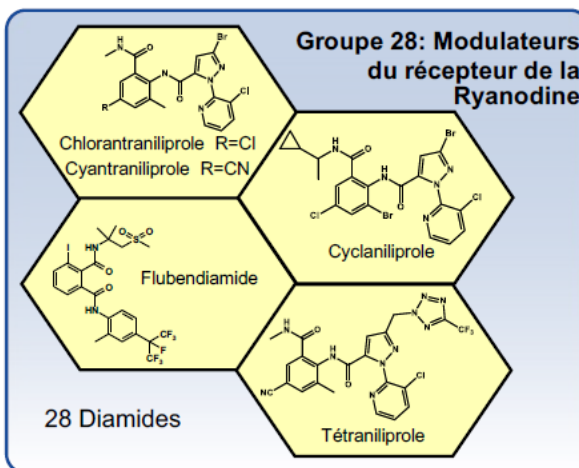
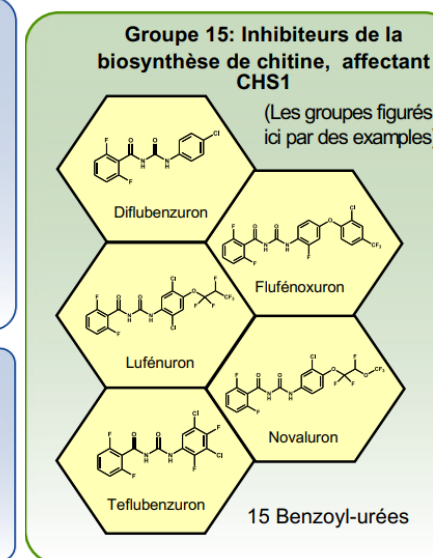
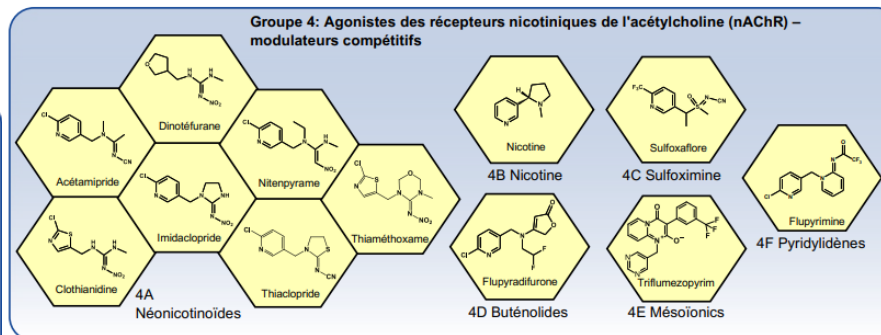
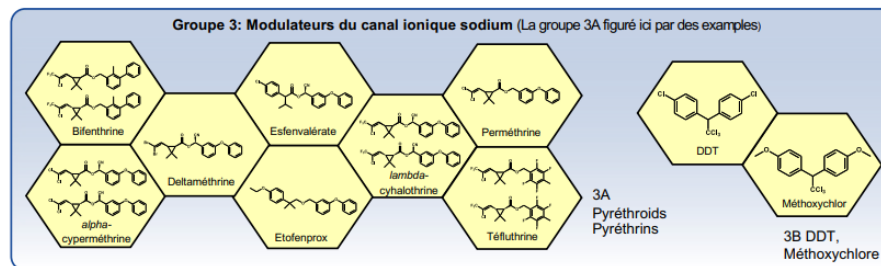
- Permet une étude à grande échelle
- Basée sur l'estimation de la survie
- Importance de faire les tests sur une population sensible
- Points de vigilance à prendre en compte dans l'établissement du protocole
  - Choix des pesticides → homologués et utilisés au Québec
  - Mode d'exposition → disque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



# Choix des pesticides

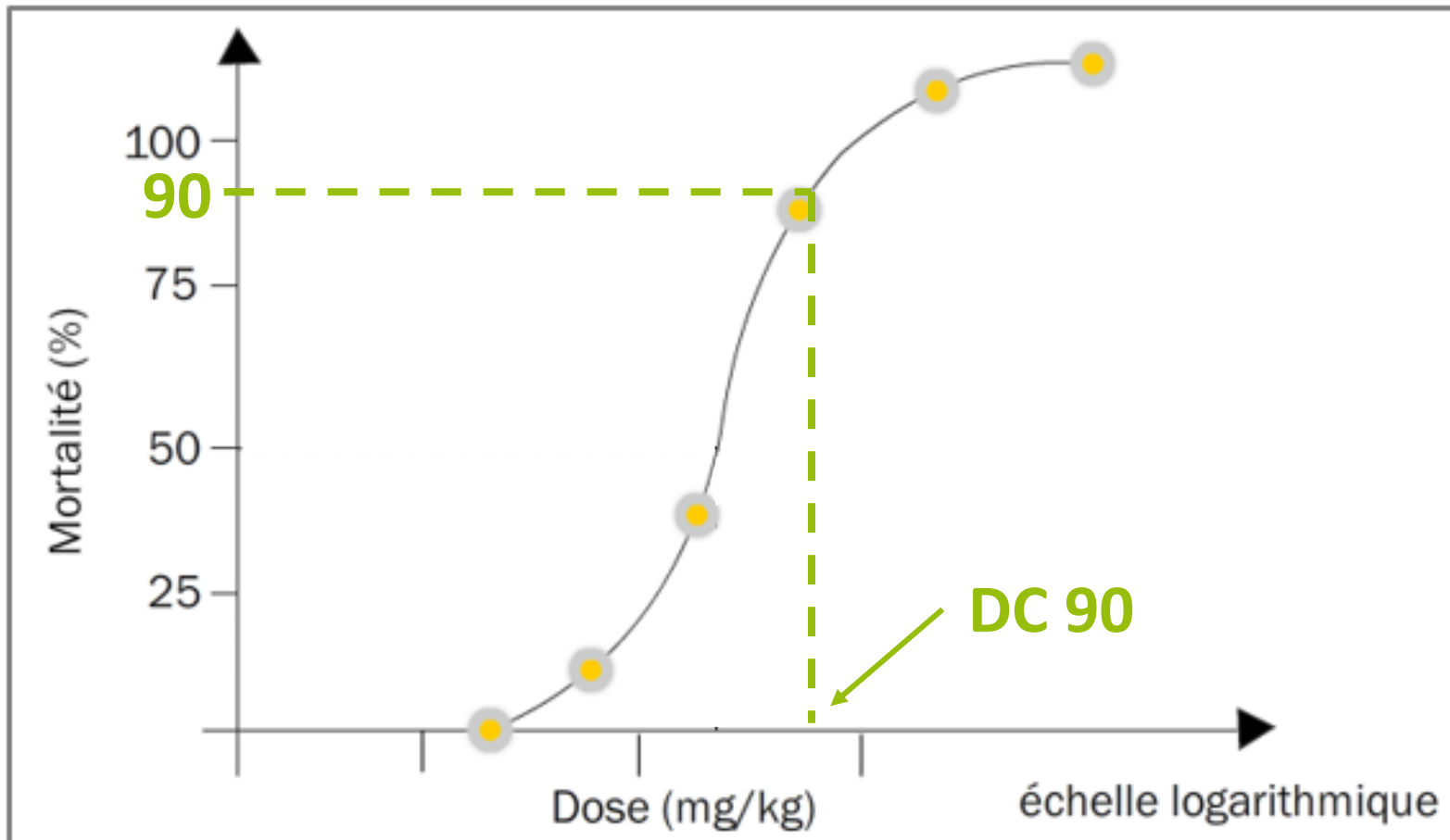
- ☞ Actara
- ☞ Cormoran
- ☞ Cruiser maxx
- ☞ Matador
- ☞ Minecto Pro
- ☞ Vayego

- ☞ 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

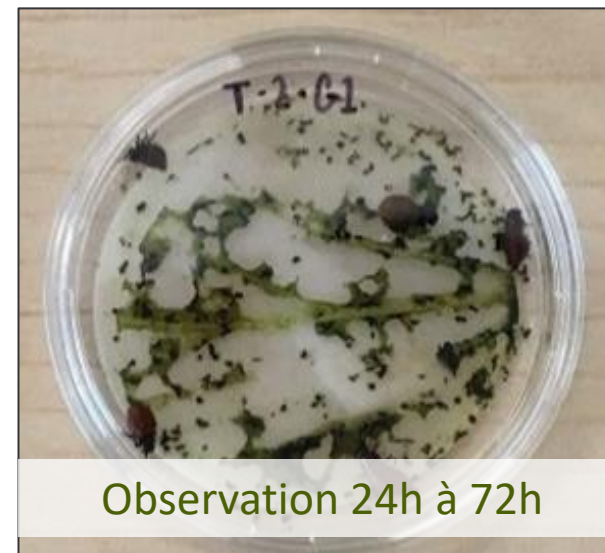
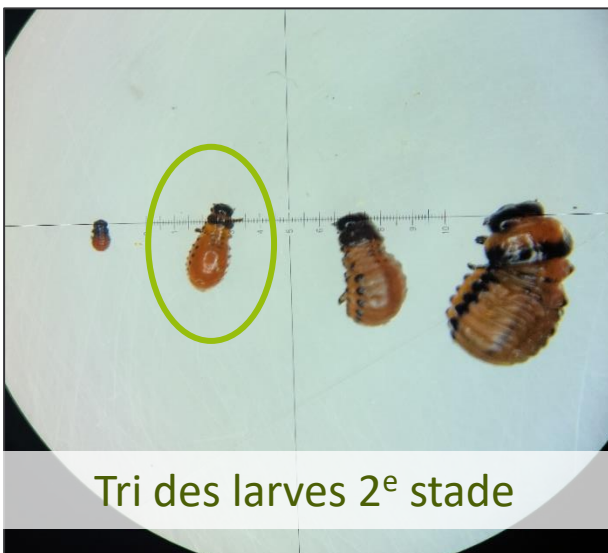
Population **résistante**  
mortalité < 30 %

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

Population **sensible**  
mortalité > 70 %



# Protocole en images

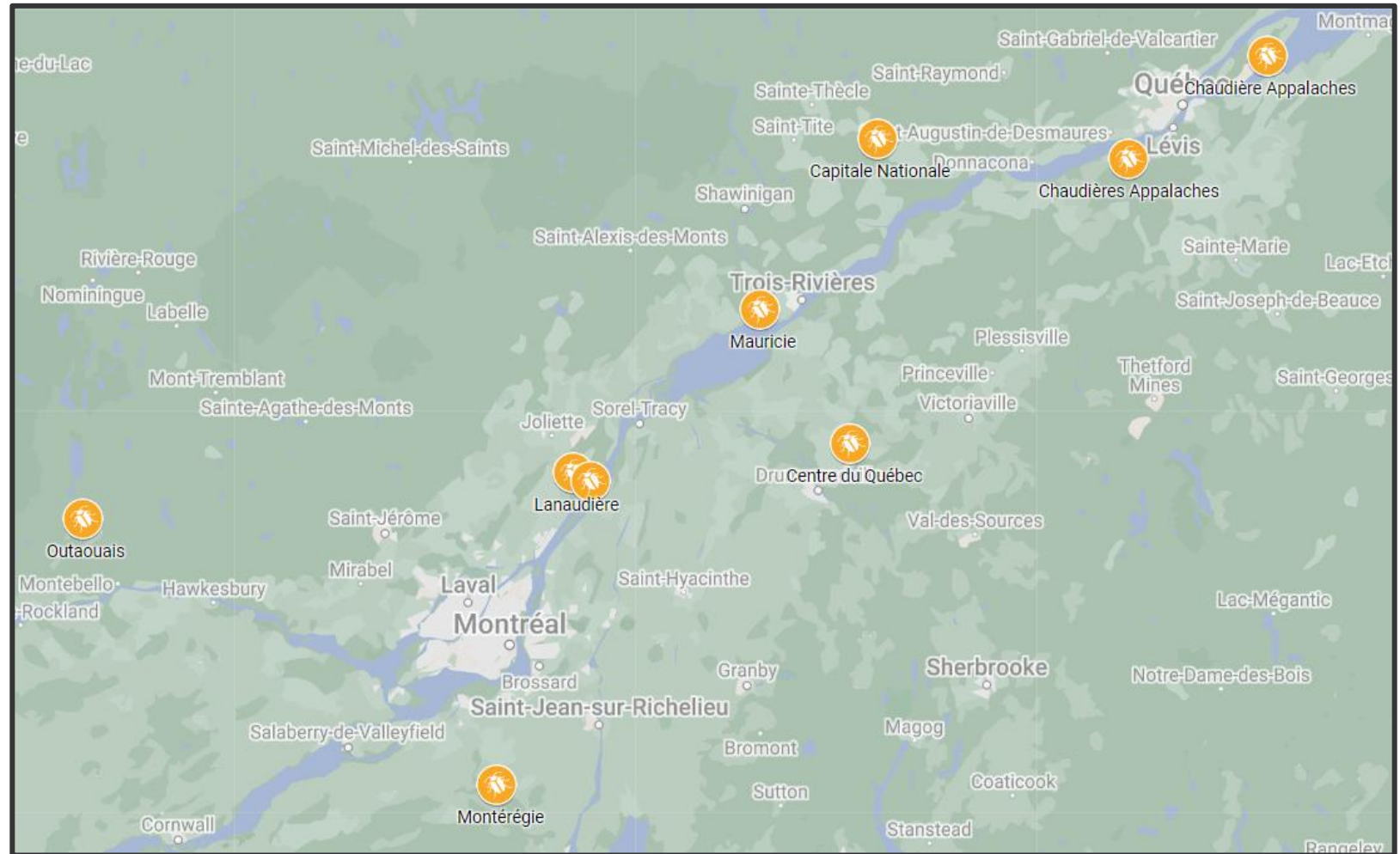
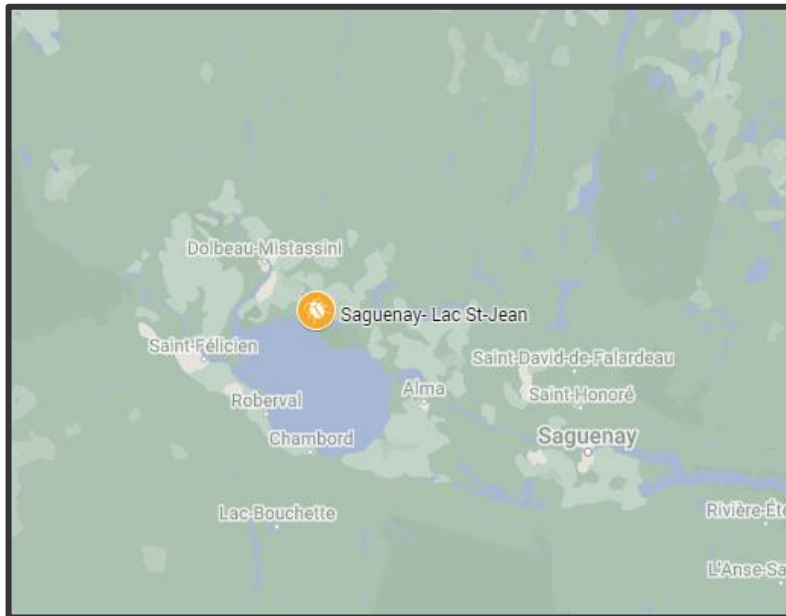


# Origine des populations sauvages

10 sites

8 régions administratives

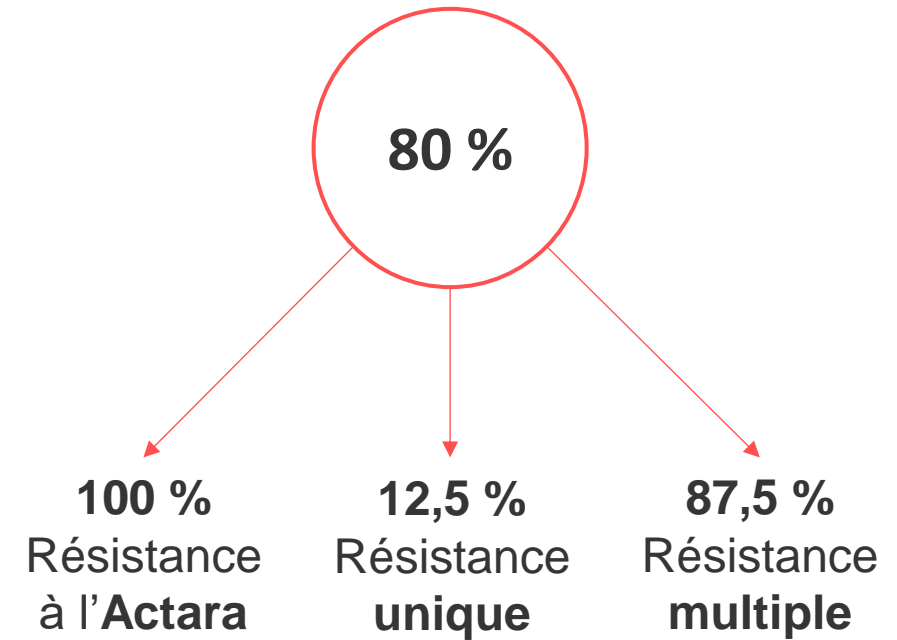
6 conseillers MAPAQ et clubs



# Populations sauvages résistantes

Population **résistante** si mortalité < 30 %

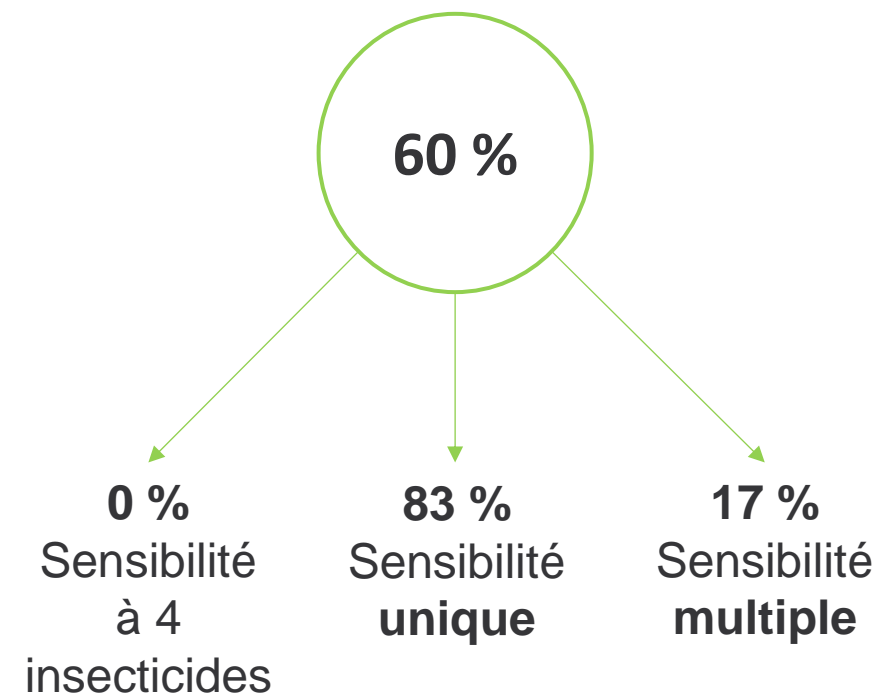
		Actara	Cormoran	Cruiser maxx	Matador	Minecto Pro	Vayego
	DC 90	0,82	0,98	1,42	0,06	0,10	1,01
Population	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						



# 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	Red	Red	Red	Red		
	2	Red		Red	Red		Green
	3	Red		Red	Red		
	4	Red	Red		Red	Green	Green
	5	Red		Red			Green
	6	Red		Red			
	7	Red			Red		
	8	Red					Green
	9					Green	
	10					Green	



# 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



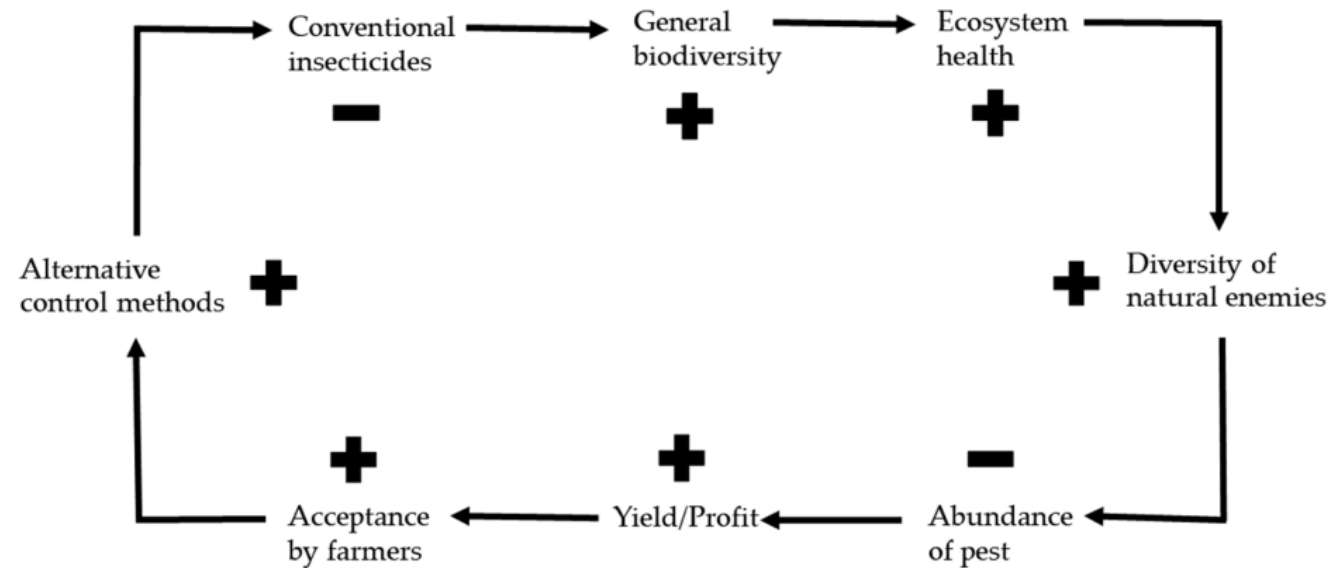
# Conclusion de la 1<sup>ère</sup> année

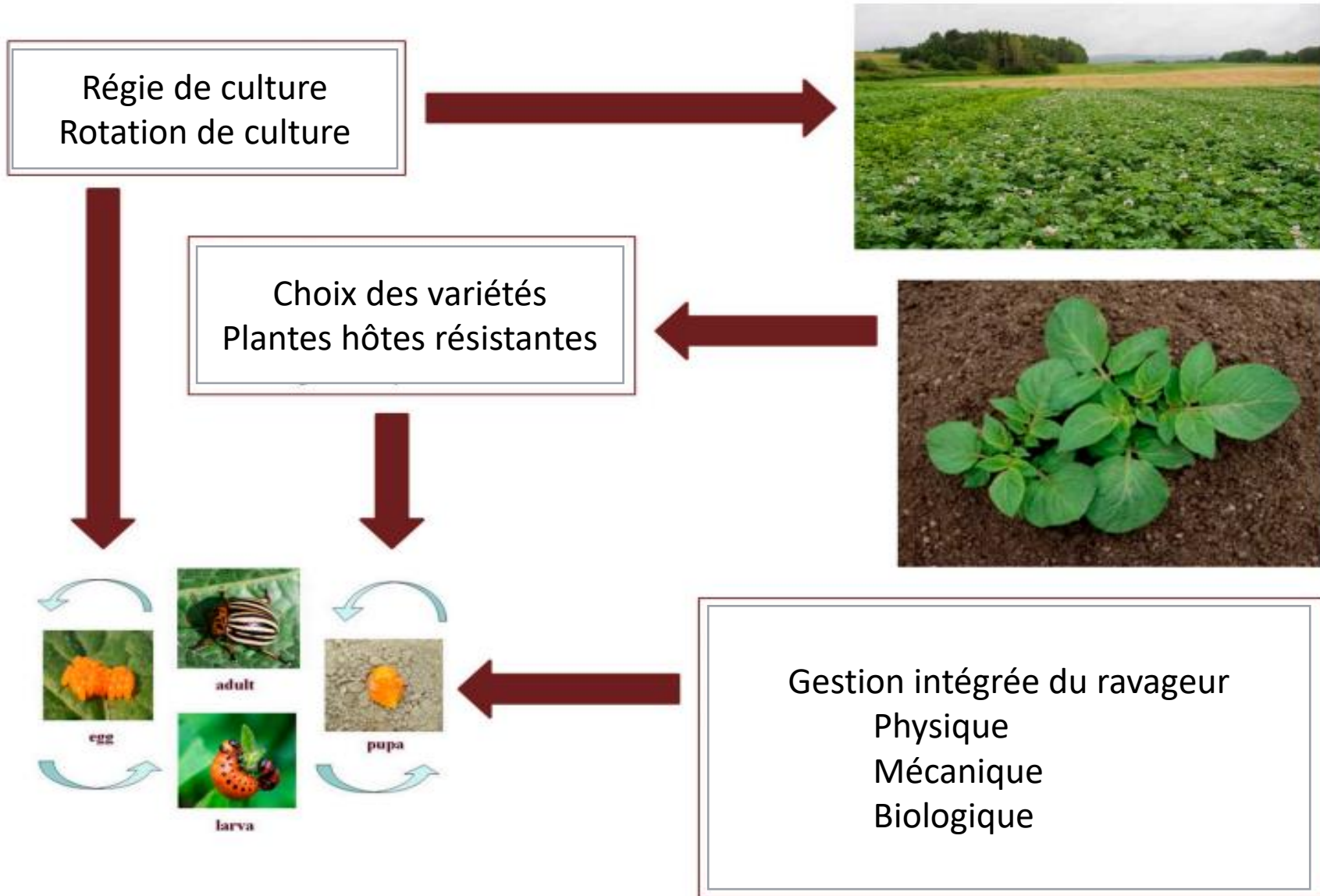
- ✂ Résistance observée à des concentrations variables de pesticide
- ✂ Aucune sensibilité observée chez 4 populations → Problème de gestion à anticiper
- ✂ Présence de résistance dans 7 des régions couvertes par l'étude de 2022
- ✂ Certaines populations sauvages ne se prêtent pas à l'élevage en laboratoire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

**LA SUITE, ...**



# Méthodes alternatives pour une lutte intégrée





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

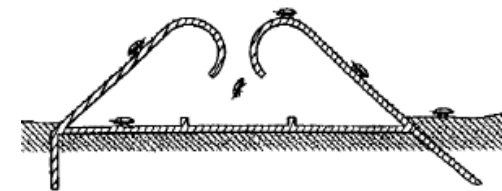
## 🐛 Évaluation de la pression en ravageur

Observations directes au champ

Piège fosse

Piège lumineux basé sur le comportement photo tactique du doryphore<sup>1</sup>

Imagerie ultra haute résolution par drones<sup>2</sup>



## 🐛 **Seuils économiques** pour 50 plants entraînant le déclenchement d'un traitement<sup>3</sup> :

25 adultes

200 stades L1-L2

75 stades L3-L4

10 % de defoliation

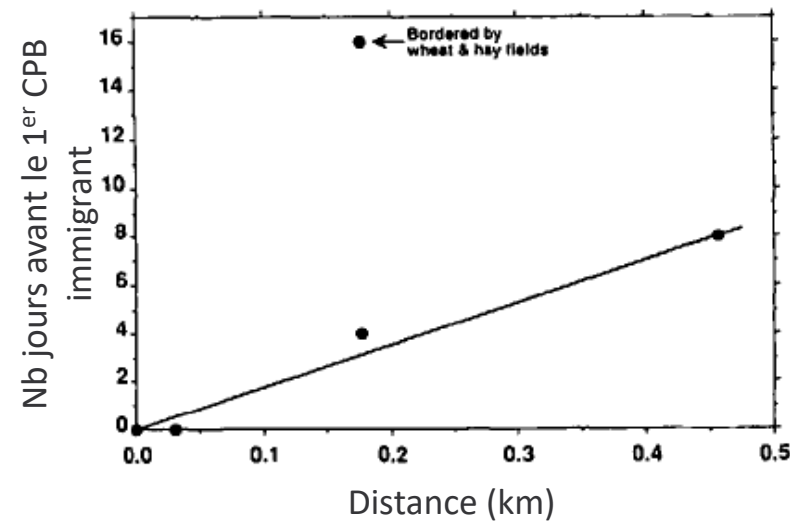
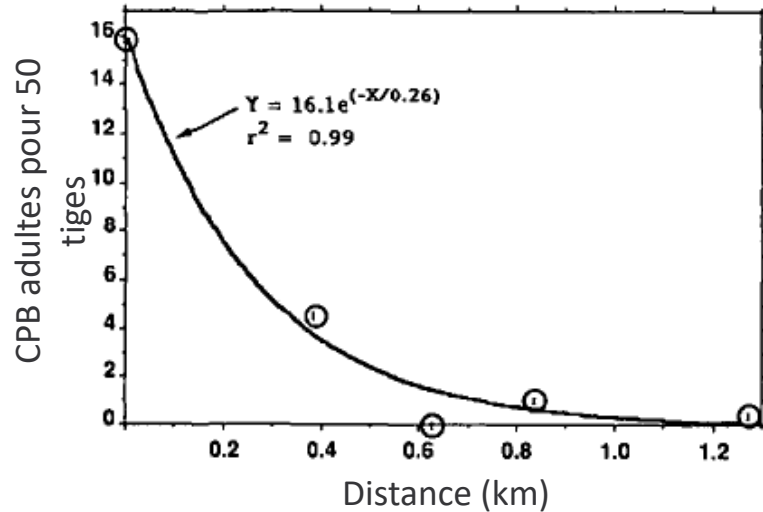


## 🐛 Considérer les **conditions environnementales** avant la mise en place d'un traitement



# 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



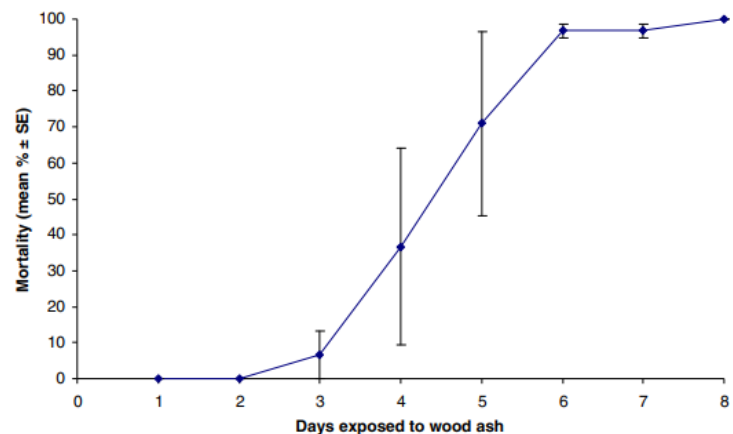
**50 % doryphores en moins dès 200 m**

**8 jours avant 1<sup>er</sup> adulte à 450 m**

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

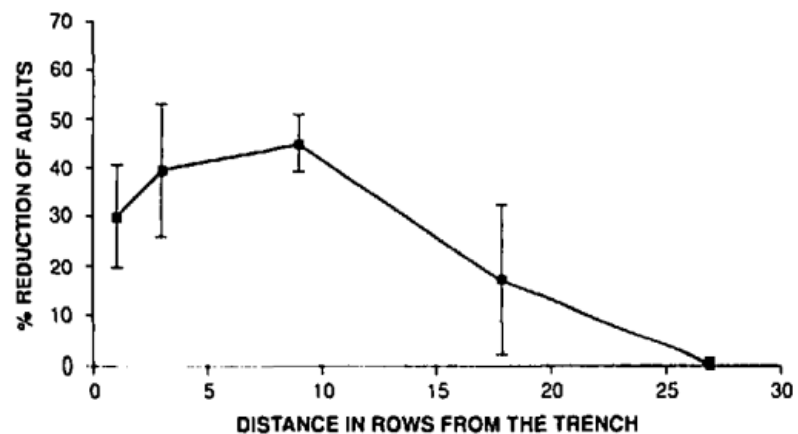


## CENDRE DE BOIS<sup>1</sup>



- ☼ **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 BORDURE<sup>2</sup>



- ☼ 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-ROULEAU<sup>1</sup>**

⌘ **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 CHAUD<sup>2</sup>**

⌘ 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 %<sup>1</sup>  
Défoliation ↘ 86 %<sup>2</sup>  
Rendement ↗ 65 %<sup>1</sup>

*Perillus bioculatus*



Troisième stade larvaire plus efficace pour lutter contre tous les stades immatures<sup>4</sup>

*Chrysoperla carnae*



Mortalité des œufs<sup>3</sup> :  
1<sup>ère</sup> génération 37,8 %  
2<sup>ème</sup> génération 58,1 %

*Coleomegilla maculata*



Impact les masses d'œufs<sup>5</sup> :  
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 dommages<sup>1</sup>

☼ **Impacts sur le doryphore<sup>2</sup>** :

Mortalité de 20 à 80 %

Métamorphose interrompue

Poids corporel inférieur

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

☼ **Cultivars<sup>3</sup>** : Agria, Pasinler, Marfona, Granola et Caspar

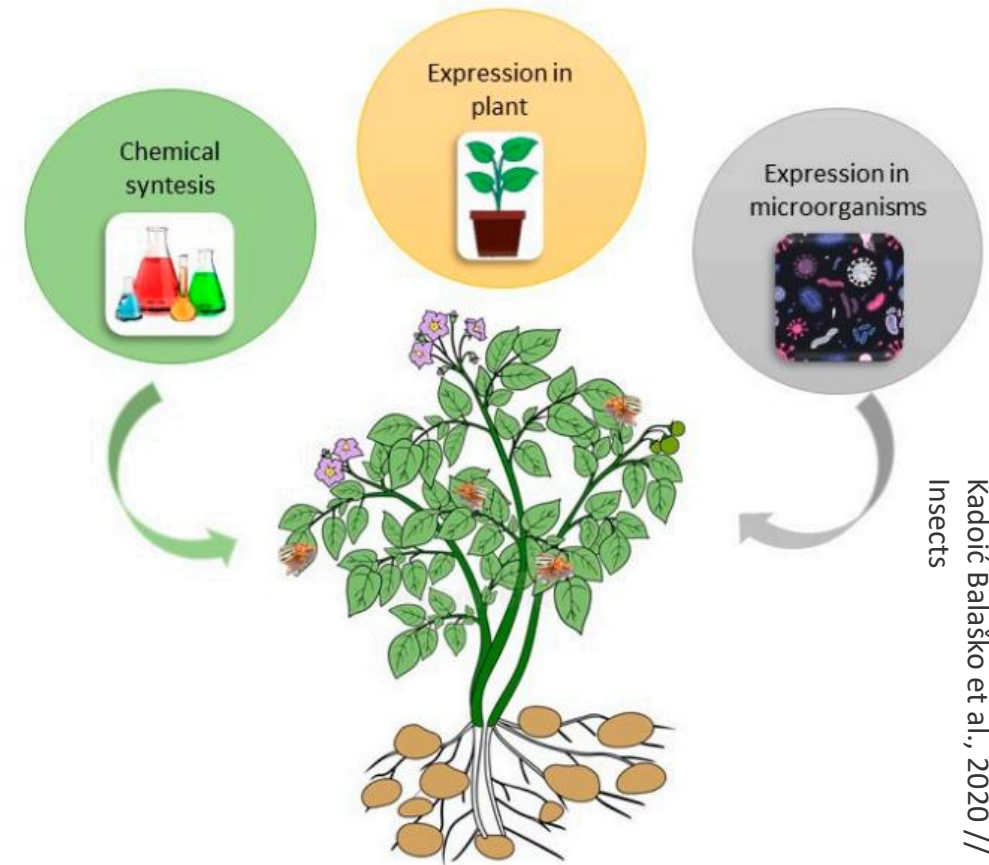
☼ **Difficultés** pour étendre la technique :

Manque d'acceptation sociale

Méthode longue (15<sup>aine</sup> d'années)

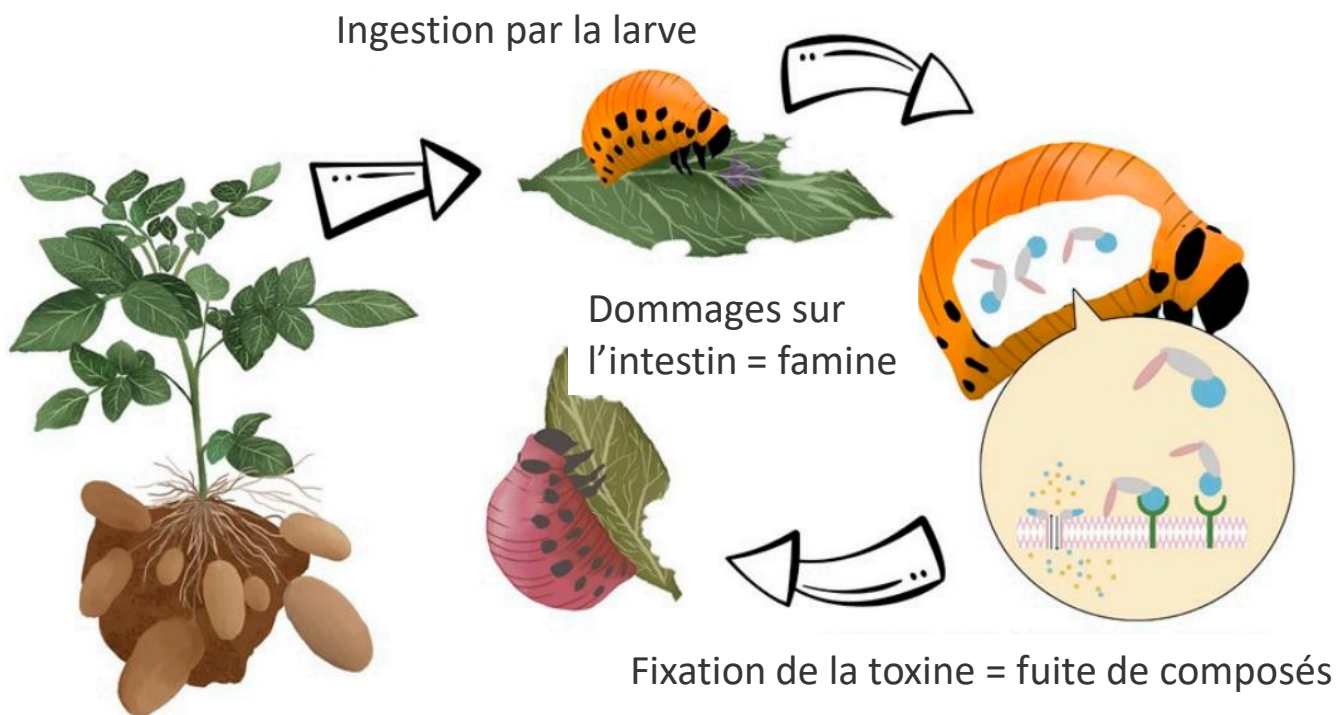
Développement de résistance

Complicque la rotation de culture





## SCHÉMATISATION DU MODE D'ACTION DU BT<sup>1</sup>



✂ *Bacillus thuringiensis* = bactérie

✂ Insecticide microbien

✂ Avantages :

Non toxique pour l'humain

Non toxique pour la faune non cible

✂ Points critiques :

Molécule photosensible = dégradation rapide<sup>2</sup>

Risque de développement de résistance<sup>3</sup>

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

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

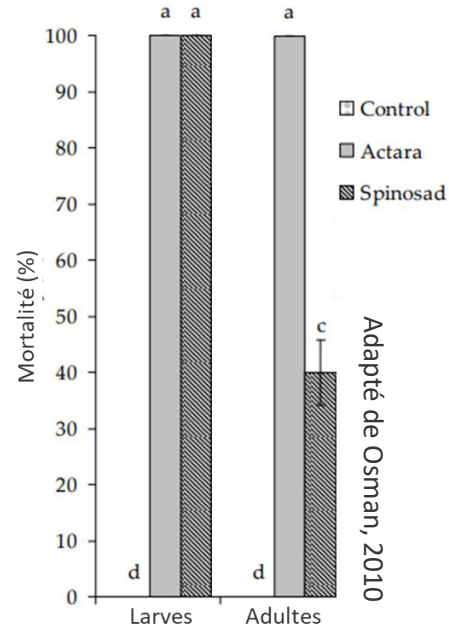
3 Whalon and Wingerd, 2003 // Arch. Insect Biochem. Physiol. Publ. Collab. Entomol. Soc. Am.



# Biopesticides



Principe actif  
Spinosad



- ☞ Effet moindre sur les adultes<sup>1</sup>
- ☞ Produit persistant en conditions de terrain<sup>1</sup>
- ☞ Synergie avec Bt et pyréthrine<sup>2</sup>

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



Principe actif  
Sels de potassium d'acide gras  
Pyréthrines



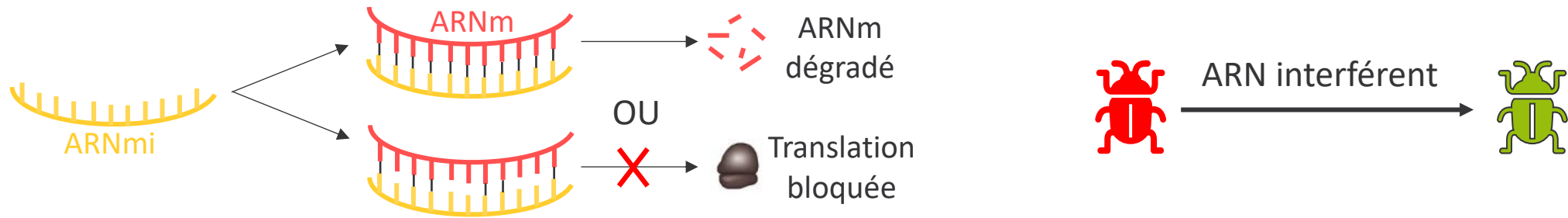
Principe actif  
*Beauveria bassiana*



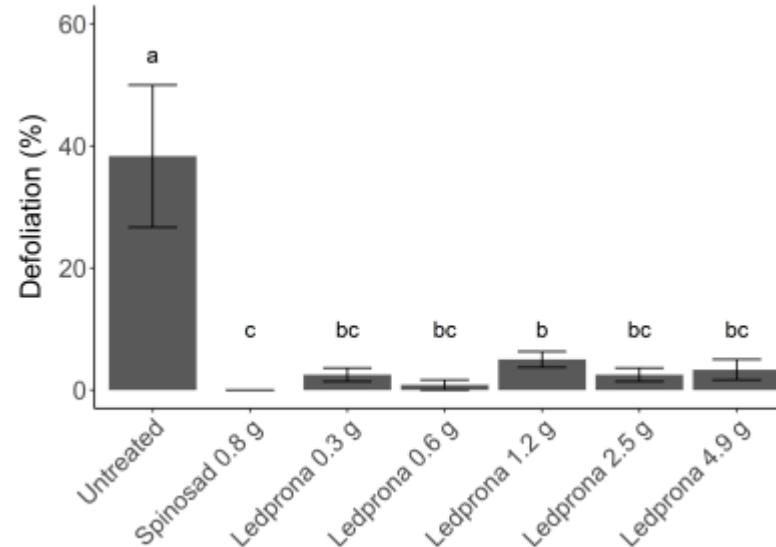
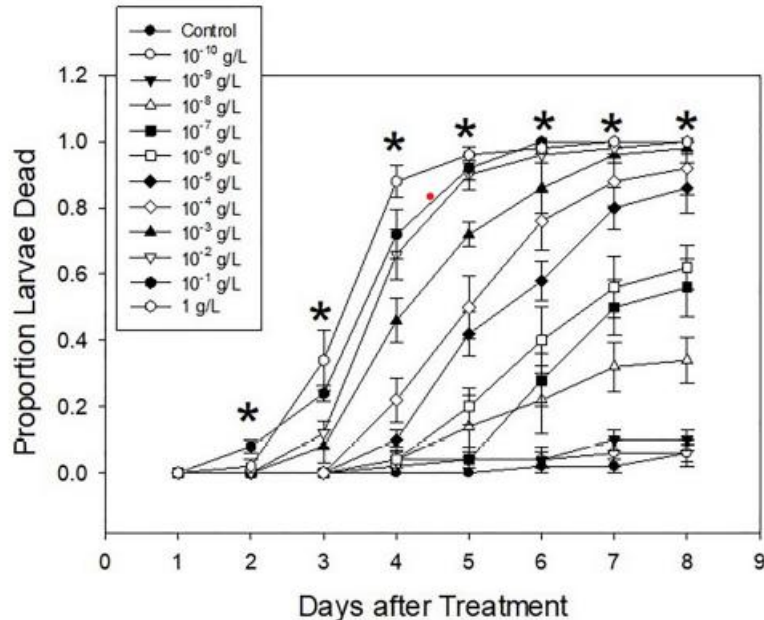
- ☞ Insecticide microbien
- ☞ Efficacité variable<sup>3</sup>
- ☞ Synergie avec Bt<sup>4</sup>

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**

