



# LES MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES DANS LES LÉGUMES-RACINES

**David Miville, agr., M.Sc., Malherbologiste**

Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP)  
MAPAQ - Direction de la Phytoprotection

Présenté lors du Webinaire horticole  
Comprendre et contrer les ennemis des légumes-racines  
9 avril 2026



# QU'EST-CE QUE LA RÉSISTANCE ?

Définition, développement, mécanismes,  
reconnaissance, diagnostic

# RÉSISTANCE OU TOLÉRANCE ?



## Résistance

- **Capacité acquise** d'une mauvaise herbe à survivre et se reproduire à la suite d'un traitement herbicide effectuée dans des conditions normales d'utilisation et à une dose normalement létale pour les individus de la même espèce.

# RÉSISTANCE OU TOLÉRANCE ?



## Tolérance

- **Capacité inhérente** d'une mauvaise herbe à survivre et se reproduire à la suite d'un traitement herbicide effectuée dans des conditions normales d'utilisation.

# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE



## Avant les années 1950

- Travail long et laborieux

## Après les années 1950

- Arrivée des premiers herbicides
  - Simplicité
  - Diminution des coûts
  - Augmentation de l'efficacité
  - Augmentation des rendements
  - Augmentation de la rentabilité des entreprises

# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE



## Utilisation intensive et à grande échelle des herbicides

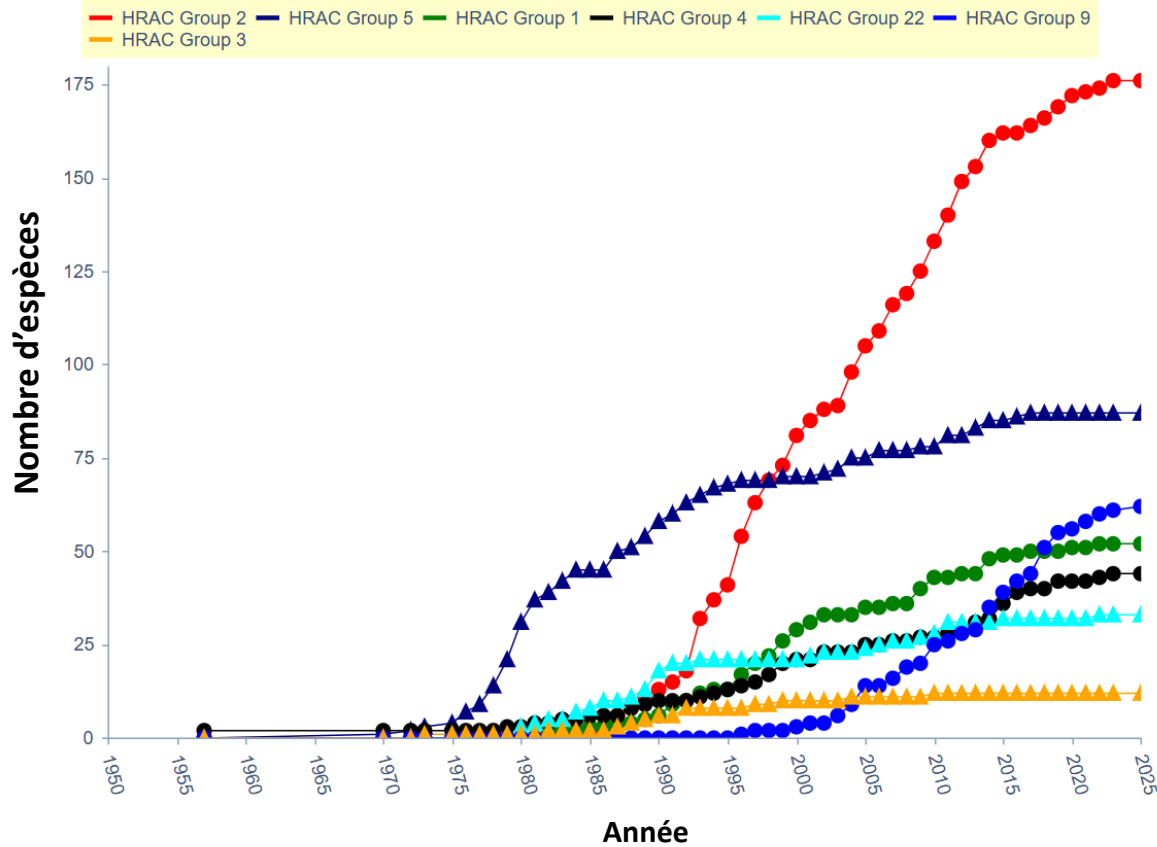
- Très grande **pression de sélection**
- Sélection de certains individus qui, **naturellement**, ont la capacité de survivre à ces traitements herbicides et à coloniser les cultures

## 1<sup>er</sup> cas mondial de résistance : 1957

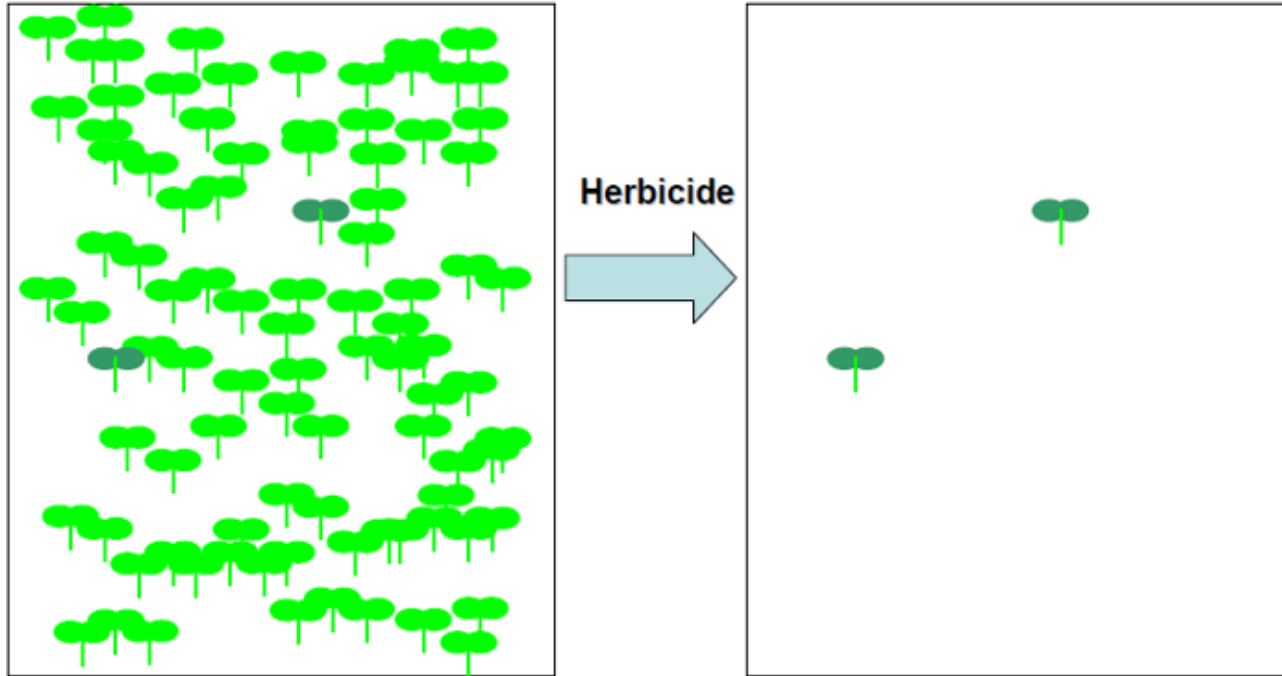
- Carotte sauvage au 2,4-D en Ontario

# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE

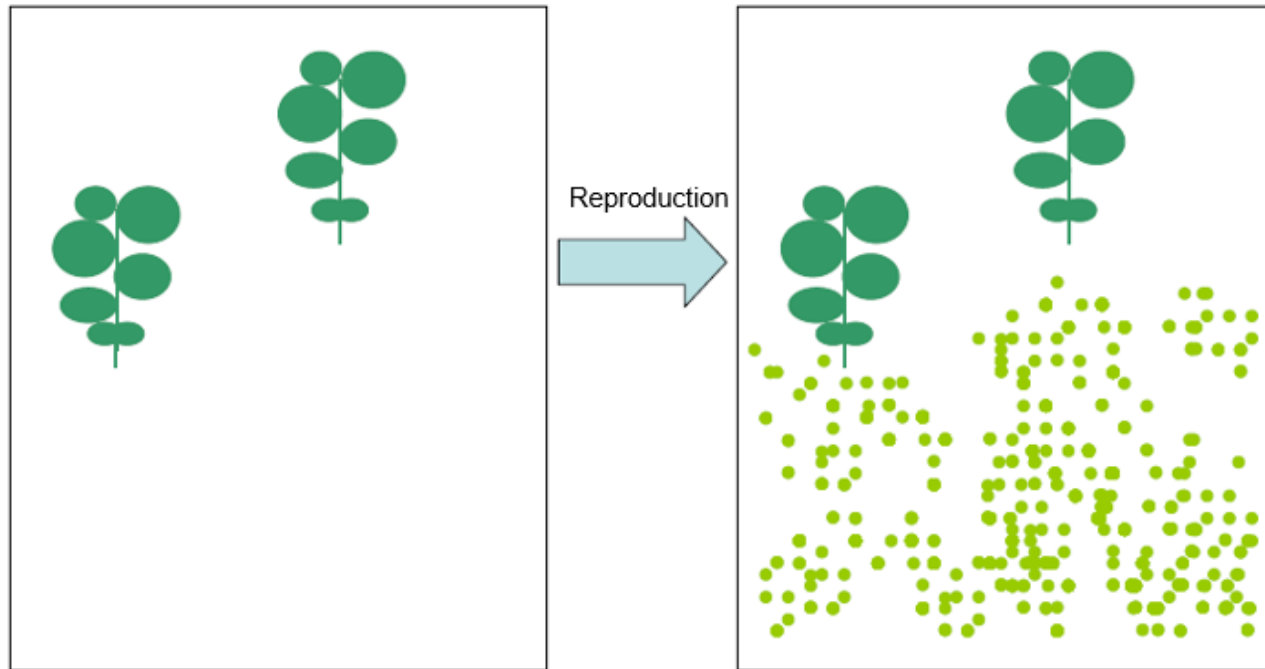
## Augmentation mondiale des mauvaises herbes résistantes aux herbicides



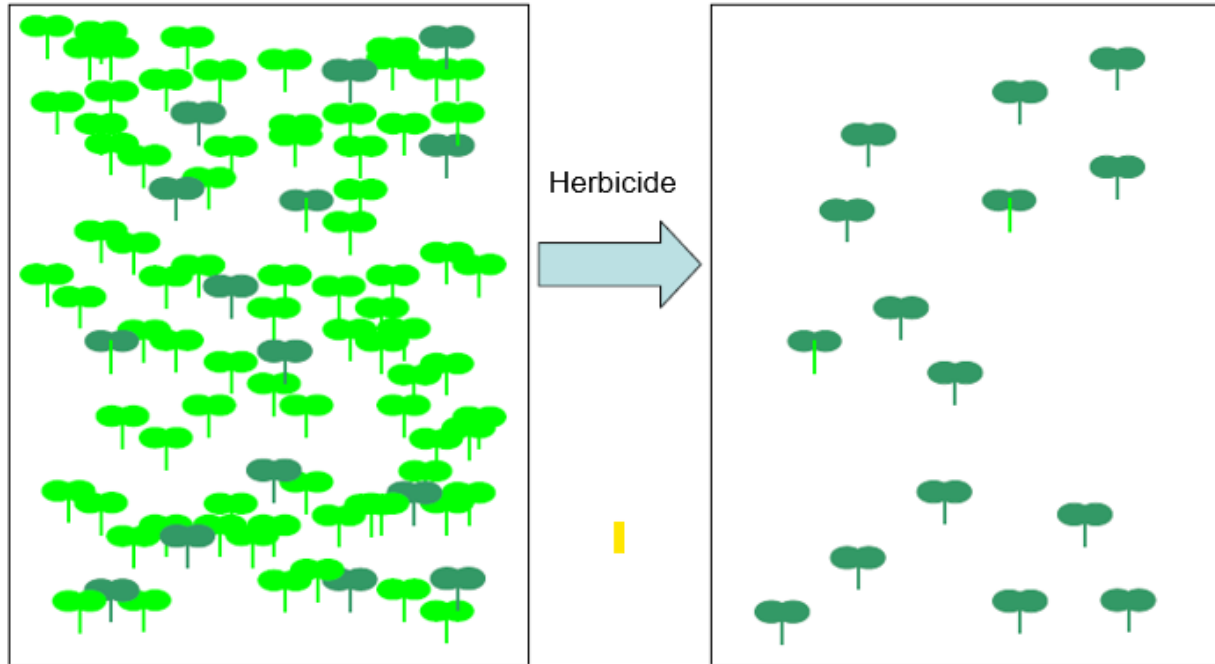
# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE



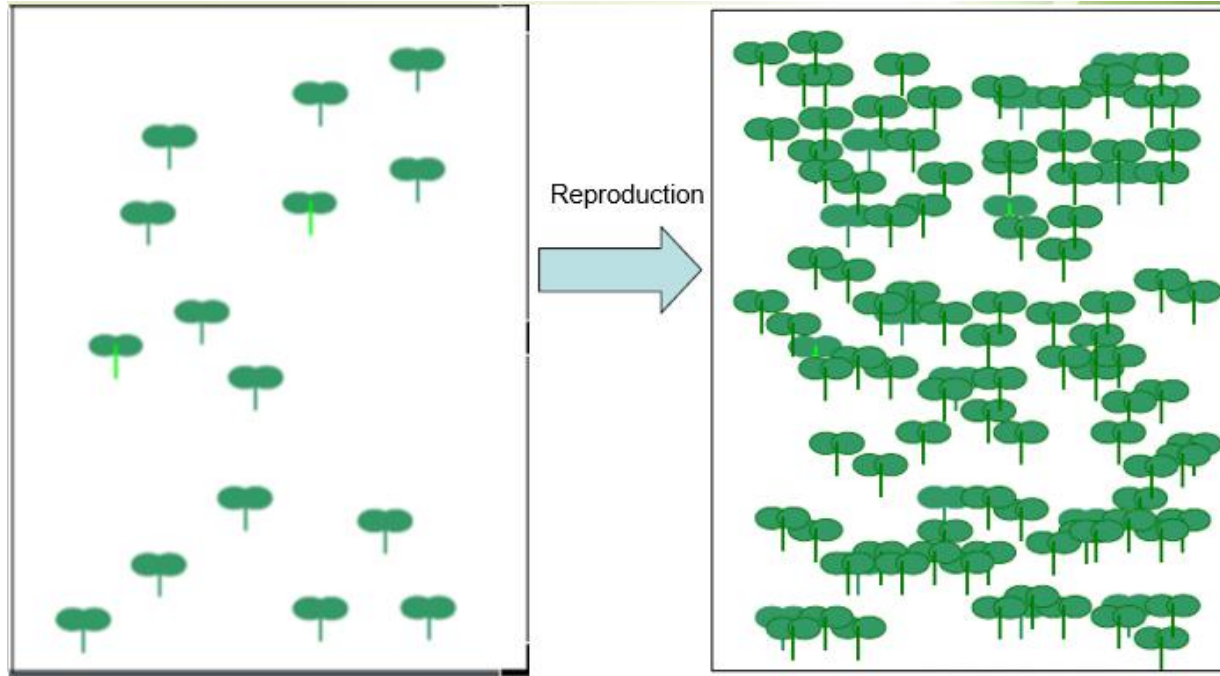
# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE



# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE



# DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE





LEDP



LEDP

Pourquoi il n'y a pas de chénopode entre les rangs ?

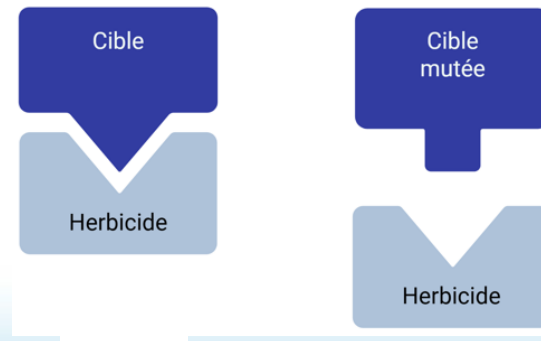


# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance liée à la cible

### Spécifiques au site d'action de l'herbicide ou du groupe d'herbicides

- Mutation dans la séquence d'acides aminés
  - Diminution de l'affinité de l'herbicide pour sa cible
  - Modification de la structure 3D de la protéine, empêchant la molécule herbicide de s'y lier



# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE



## Résistance liée à la cible

### Spécifiques au site d'action de l'herbicide ou du groupe d'herbicides

- Augmentation de l'expression du gène codant pour la protéine ciblée par l'herbicide (surexpression)
  - Surproduction de la protéine ciblée par la molécule herbicide
  - La dose appliquée n'est pas en mesure d'affecter toutes les protéines produites

# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance non liée à la cible

### Mécanismes en amont de la cible

- Résulte généralement de l'activité d'un ensemble de gènes
  - Mécanismes de protection de la plante face au stress
  - Confère une **résistance imprévisible** à une grande variété de modes d'action

# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE



## Résistance non liée à la cible

### Se développe par accumulation de gènes

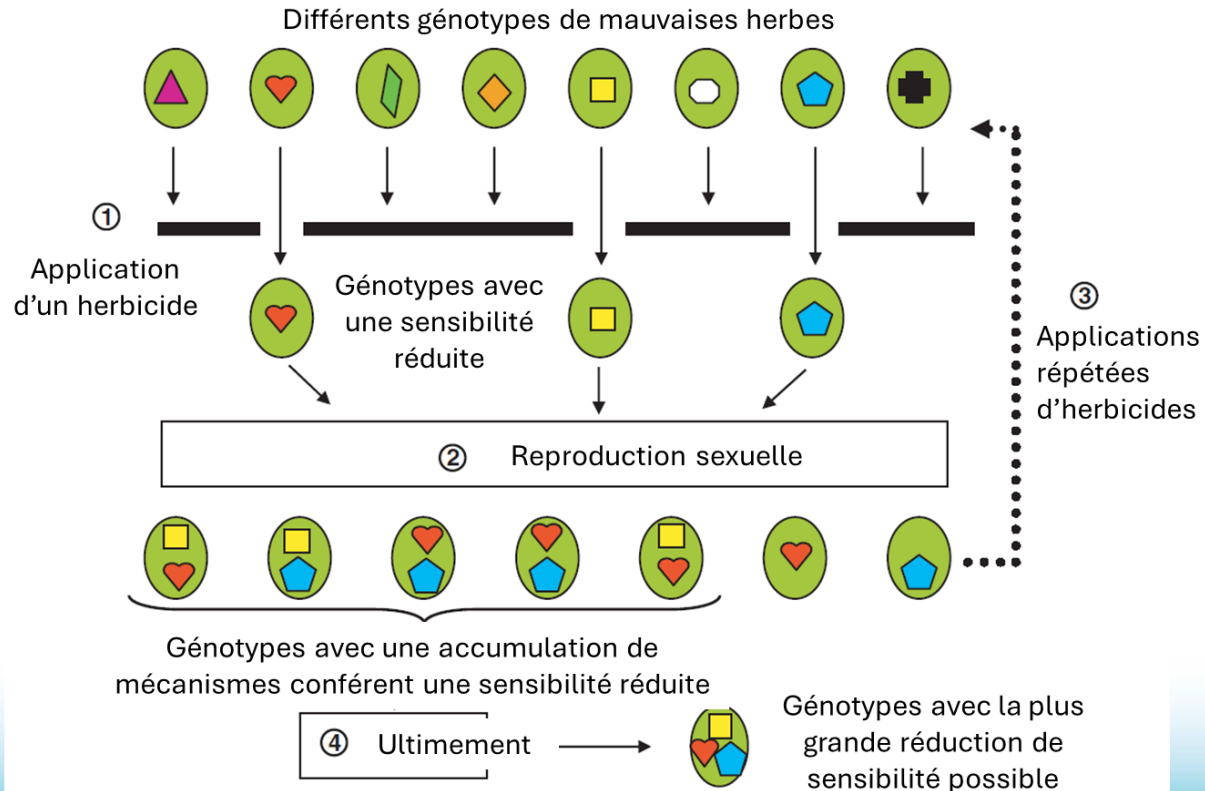
- S'installe graduellement dans une population

### Variation naturelle dans la sensibilité à divers herbicides parmi les individus

- Raison pour laquelle on est capable de faire des courbes de dosage
- Les doses réduites ou une mauvaise utilisation des herbicides facilitent leur développement

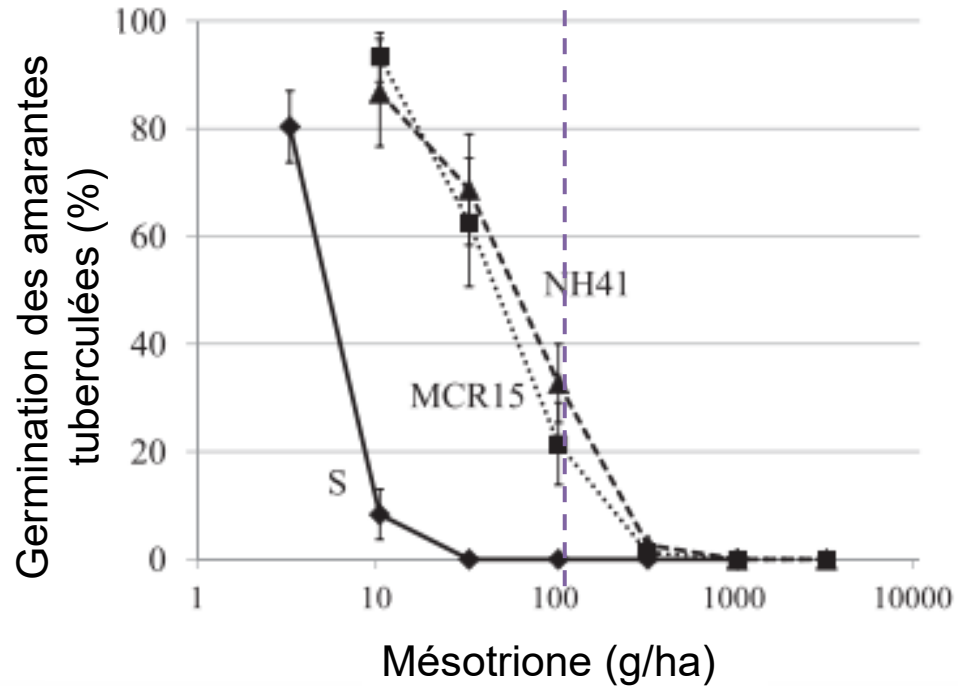
# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance non liée à la cible



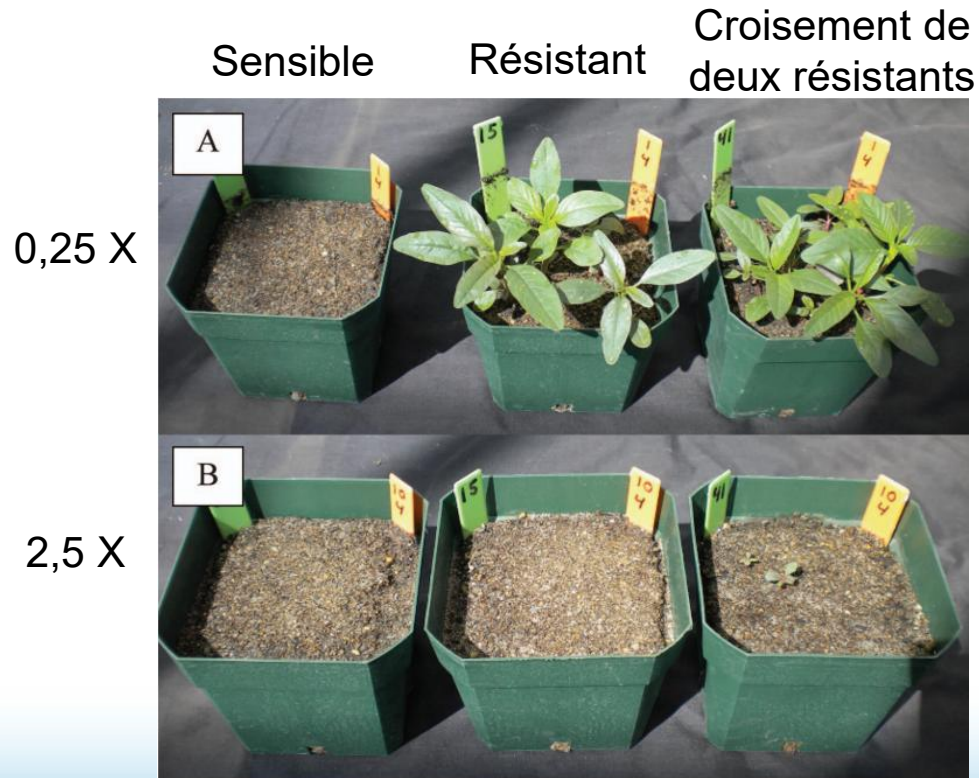
# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance non liée à la cible



# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance non liée à la cible



# RÉSISTANCE CROISÉE ET MULTIPLE



## Résistance croisée

### Résistance à plusieurs matières actives du même groupe d'herbicides

- Très commun
- Même groupe = Même mode d'action → Similarités structurelles
- Modification du site d'action → Résistance croisée probable

### Solution

- Rotation des groupes
- Oui, mais...

# RÉSISTANCE CROISÉE ET MULTIRÉSISTANCE

## Résistance multiple

### Résistance à plusieurs groupes d'herbicide dans une même population

- Amarante tuberculée : 2, 5, 9, 14, 27
- Petite herbe à poux :
  - 2 et 6
  - 2 et 9
  - 2 et 14
  - 9 et 14
  - 2, 9 et 14



# RECONNAITRE LA RÉSISTANCE

## Signes d'une résistance possible

- **Une seule espèce** a survécu au traitement
- Patron de **distribution aléatoire**
- Niveaux de **dommages variables**
- Le même **problème a déjà été observé** dans les années précédentes
- Des herbicides du même groupe ont été **utilisés à répétition**, année après année, dans ce champ

# RECONNAITRE LA RÉSISTANCE



# DÉTECTER LA RÉSISTANCE

## Biologie moléculaire

### Si soupçon mauvaise herbe résistante :

1. Regarder tests disponibles au LEDP
2. Préparer un échantillon
  - 10 feuilles de 10 plants **différents**
3. Création d'une demande d'analyse
4. Envoi au LEDP
5. Résultats 2 semaines après réception de l'échantillon au LEDP



# DÉTECTER LA RÉSISTANCE

## Tests en serre par aspersion de plantules

### Si aucun test moléculaire n'est disponible

1. Récolte d'environ 1000 graines par matière active à tester
2. Création d'une demande d'analyse
3. Envoi au LEDP
4. Tests en serre durant l'hiver (CÉROM)
5. Résultats au mois d'avril suivant



M. Laforest, AAC

**Résistant**

**Sensible**



# LA RÉSISTANCE AU QUÉBEC

Tendances, situation des légumes-racines et principales mauvaises herbes

# PORTRAIT DE LA RÉSISTANCE



## Résultats 2024

- 249 populations testées
  - 153 (61 %) populations résistantes
  - 53 % populations résistantes sont multirésistantes
  - Résistance aux herbicides du groupe 2
    - 82 % des cas de résistances diagnostiquées
  - Résistance au glyphosate
    - 50 % des cas de résistances diagnostiquées
  - 68 % des cas de résistance proviennent de champs de soya

## Résultats 2025

- 237 populations testées
  - 159 (67 %) populations résistantes
  - 52 % populations résistantes sont multirésistantes
  - Résistance aux herbicides du groupe 2
    - 81 % des cas de résistances diagnostiquées
  - Résistance au glyphosate
    - 48 % des cas de résistances diagnostiquées
  - 62 % des cas de résistance proviennent de champs de soya

# PORTRAIT DE LA RÉSISTANCE

## Les légumes racines 2018-2025

Culture	Mauvaise herbe	Groupe d'herbicide	Région	Nombre de cas
Carotte	Petite herbe à poux	2	Lanaudière	2
		5	Montérégie	4
		14	Lanaudière	1
		2 et 5	Lanaudière	3
			Montérégie	1
	2 et 14	Lanaudière	2	
	Amarante à racine rouge	5	Montérégie	2
Chénopode blanc	5	Centre-du-Québec	1	
Panais	Amarante à racine rouge	5	Lanaudière	1
	Petite herbe à poux	2	Lanaudière	1
Oignon	Petite herbe à poux	2 et 5	Montérégie	1
Chou pommé	Amarante tuberculée	2, 5, 9 et 14	Laurentides	1
	Petite herbe à poux	4	Lanaudière	1

# PORTRAIT DE LA RÉSISTANCE

## Les légumes racines 2018-2025

- **Lanaudière**
  - Joliette
  - Montcalm
- **Montérégie**
  - Le Haut-Saint-Laurent
  - Les Jardins-de-Napierville
  - Les Maskoutains
- **Laurentides**
  - Mirabel

# PORTRAIT DE LA RÉSISTANCE

## Les légumes racines 2018-2025

- **21 cas au total**
  - 1 en 2018
  - **7 en 2019** (reçu beaucoup de carottes de la Montérégie)
  - 2 en 2020
  - 0 en 2021 et 2022
  - 1 en 2023 (le cas de résistance au clopyralide)
  - 0 en 2024
  - **10 en 2025** (reçu beaucoup de carottes de Lanaudière)

# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES



LEDP

# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Québec depuis 2011

- 31,5% des cas de résistance
- Groupes 2, 4, 5, 6, 9 et 14

### Légumes-racines depuis 2018 :

- 76,2% des cas de résistance
- Groupes 2, 4, 5 et 14



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Caractéristiques :

- Émergence hâtive
- Extrêmement compétitive
- Perte de rendement allant jusqu'à 90%
- Développe facilement et rapidement de la résistance aux herbicides
- Produit de 3 000 à 62 000 graines/plant/an
- Durée de vie des graines allant jusqu'à **40 ans** dans le sol



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Groupe 2

- Mutation W574L
  - Toutes les familles du groupe 2

### Groupe 5

- Mutation V219I
  - Tous les groupe 5, linuron inclus
- Mécanisme non lié à la cible
  - Résistance au linuron



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

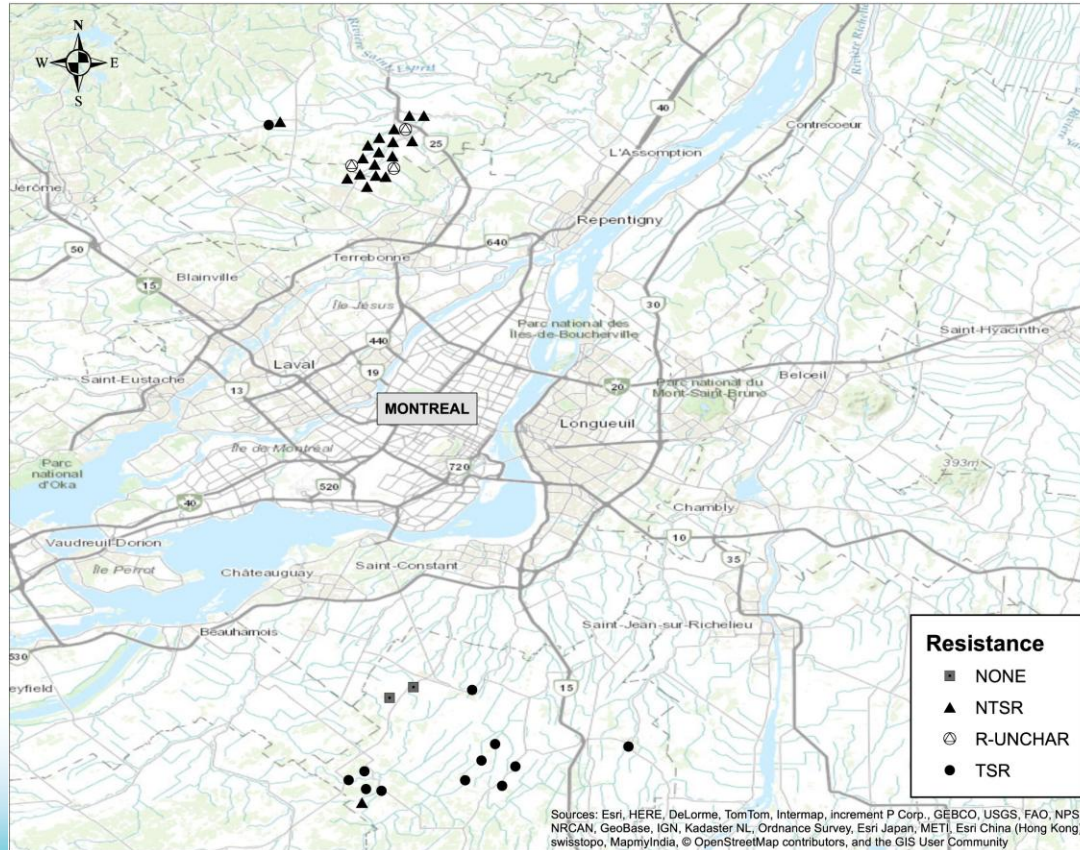
### Groupe 5

- Inventaire fait en 2012-2013
  - 35 populations testées
  - 33 résistantes au linuron (94%)
  - 37,5% avec la mutation V219I
    - Principalement en Montérégie



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Groupe 14

- Mutation R98L
  - Tous les groupes 14, PRÉ et POST

### Groupe 4

- Mécanisme inconnu
  - Clopyralide seulement



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Petite herbe à poux résistante au clopyralide (LONTREL)

- [Avertissement No 3, 8 mai 2025](#)
- Chou pommé dans la MRC de Montcalm en Lanaudière
- Pas de résistance croisée avec les autres herbicides du groupe 4



Résistant

Susceptible

0x (9x9)

Les plants présentés sur cette photo ont reçu **une fois** la dose recommandée de clopyralide

Photo : Martin Laforest (AAC)



Résistant

Susceptible

0x (9x9)

Les plants présentés sur cette photo ont reçu **deux fois** la dose recommandée de clopyralide

Photo : Martin Laforest (AAC)

# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Herbicides homologués

- Carotte
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5
  - Bromoxynil (ex. : PARDNER), groupe 6
- Panais
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Herbicides homologués

- Oignon
  - Clopyralide (ex. : LONTREL XC), groupe 4
  - Flumioxazine (ex. : CHÂTEAU EZ), groupe 14
- Betterave
  - Clopyralide (ex. : LONTREL XC), groupe 4



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Petite herbe à poux

### Herbicides homologués

- Rutabaga
  - Clopyralide (ex. : LONTREL XC), groupe 4
- Chou
  - Clopyralide (ex. : LONTREL XC), groupe 4



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Québec depuis 2011

- 3,4% des cas de résistance
- Groupes 2 et 5

### Légumes-racines depuis 2018 :

- 14,3% des cas de résistance
- Groupe 5

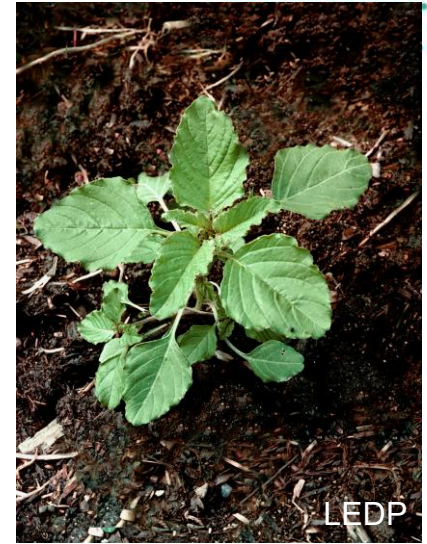


# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Caractéristiques :

- Germination tardive et prolongée
- Extrêmement compétitive
- Principale mauvaise herbe de la carotte en Ontario
- Perte de rendement allant jusqu'à 90%
- Produit de 14 000 à **100 000 graines/plant/an**
- Dispersion des graines au sol, travail mécanique et humains
- Durée de vie des graines allant jusqu'à plus de **40 ans** dans le sol

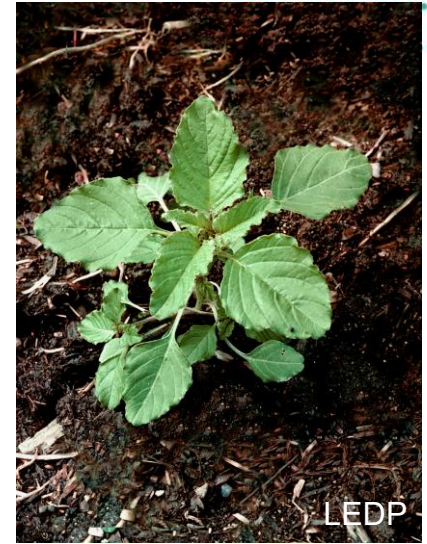


# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Groupe 5

- Mutations V219I, A251V et F274V
  - Tous les groupe 5, linuron inclus
- Mutation S264G
  - Résistance à l'atrazine, la prométryne et la métribuzine
  - Linuron toujours efficace



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Herbicides homologués

- Carotte
  - Pendiméthaline (ex. : PROWL H<sub>2</sub>O), groupe 3
    - Répression seulement
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5
  - Prométryne (ex. : GESAGARD 480SC), groupe 5
  - Bromoxynil (ex. : PARDNER), groupe 6
  - Acifluorène (ex. : ULTRA BLAZER), groupe 14
  - S-métolachlore (ex. : DUAL II MAGNUM), groupe 15
- Panais
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5
  - S-métolachlore (ex. : DUAL II MAGNUM), groupe 15

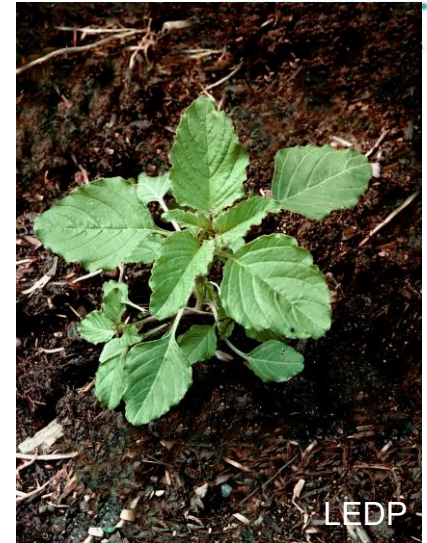


# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Herbicides homologués

- Oignon
  - Pendiméthaline (ex. : PROWL H<sub>2</sub>O), groupe 3
    - Répression seulement
  - Bromoxynil (ex. : PARDNER), groupe 6
  - Flumioxazine (ex. : CHÂTEAU EZ), groupe 14
  - Oxyfluorène (ex. : GOAL 2XL), groupe 14
  - Diméthénamide-P (ex. : FRONTIER MAX), groupe 15
- Betterave
  - Carfentrazone-éthyle (ex. : AIM EC), groupe 14
  - S-métolachlore (ex. : DUAL II MAGNUM), groupe 15



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Amarante à racine rouge

### Herbicides homologués

- Rutabaga
  - Carfentrazone-éthyle (ex. : AIM EC), groupe 14
  - S-métolachlore (ex. : DUAL II MAGNUM), groupe 15
- Chou
  - S-métolachlore (ex. : DUAL II MAGNUM), groupe 15



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Québec depuis 2011

- 3,7% des cas de résistance
- Groupes 2, 5 et 9

### Légumes-racines depuis 2018 :

- 4,8% des cas de résistance
- Groupe 5



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Caractéristiques :

- Espèce nitrophile
- Germination prolongée (sur 7 à 8 semaines)
- Extrêmement compétitive
- Perte de rendement allant jusqu'à 95%
- Produit de 13 000 à **500 000 graines/plant/an**
- Durée de vie des graines de plus de **50 ans** dans le sol
  - Graines viables trouvées sur des sites archéologiques de plus de 1000 ans



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Groupe 5

- Mutation S264G
  - Résistance à l'atrazine, la prométryne et la métribuzine
  - Linuron toujours efficace



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Herbicides homologués

- Carotte
  - Pendiméthaline (ex. : PROWL H<sub>2</sub>O), groupe 3
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5
  - Prométryne (ex. : GESAGARD 480SC), groupe 5
  - Bromoxynil (ex. : PARDNER), groupe 6
- Panais
  - Linuron (ex. : LOROX L), groupe 5



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Herbicides homologués

- Oignon
  - Pendiméthaline (ex. : PROWL H<sub>2</sub>O), groupe 3
  - Flumioxazine (ex. : CHÂTEAU EZ), groupe 14
  - Oxyfluorène (ex. : GOAL 2XL), groupe 14
- Betterave
  - Carfentrazone-éthyle (ex. : AIM EC), groupe 14



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Chénopode blanc

### Herbicides homologués

- Rutabaga
  - Carfentrazone-éthyle (ex. : AIM EC), groupe 14
- Chou
  - Pendiméthaline (ex. : PROWL H<sub>2</sub>O), groupe 3
  - Carfentrazone-éthyle (ex. : AIM EC), groupe 14





# PISTES DE SOLUTIONS

## Prévention et gestion de la résistance



# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

Ne pas en avoir

## Lutte préventive

- Beaucoup plus simple et beaucoup moins couteux (\$\$\$) de gérer la résistance quand on n'en a pas encore que lorsqu'on en a

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 1. Connaissance

- Connaître les principales mauvaises herbes résistantes au Québec et dans notre région
- Connaître ses champs
- Identifier nos pratiques à risque
  - Rotations peu diversifiées
    - Cultures et groupes d'herbicides
  - Contamination externe
    - Semences, machinerie, fumier, sol, foin, homme

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 2. Prévention

- Limiter les sources de contamination externes et le déplacement des mauvaises herbes sur l'entreprise
  - Utilisation de semences/boutures certifiées
    - Deux graines d'amarante de Palmer interceptées en Ontario dans des boutures de patates douces importées des É-U (Page et al. 2021)
  - Récolter les champs les plus « sales » en dernier
  - Nettoyage des équipements
    - Bottes, vêtements, roues, outils, machinerie

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Diminuer la pression de sélection
- Conserve l'efficacité des outils herbicides disponibles

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Utiliser tous les outils disponibles
  - Herbicides
  - Désherbage mécanique
  - Arrachage manuel
  - Pyrodésherbage
  - Paillis (solarisation)
  - Lutte culturale
  - Nouvelles technologies innovantes

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Nouvelles technologies innovantes
  - Lutte électrique (Weed zapper™)
    - Électrocution des mauvaises herbes
    - 150 000 watts
    - Plus efficace quand les mauvaises herbes sont à un stade avancé
    - Solution de fin de saison
    - Diminue la viabilité des semences de 54% à 80%

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Lutte culturale
  - Choix d'une variété vigoureuse et bien adaptée à la région
  - Fertilisation (méthode d'application et timing)
  - Date de semis
  - Profondeur de semis
  - Densité de semis
  - Espacement entre les rangs
  - Faux semis
  - Cultures de couverture/intercalaires
  - Rotation de cultures

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Rotation de cultures
  - Diversifie la flore adventice
  - Réduit le risque de dominance d'espèces adaptées à notre stratégie
  - Plus la rotation est diversifiée, plus elle contribuera à combattre les mauvaises herbes

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

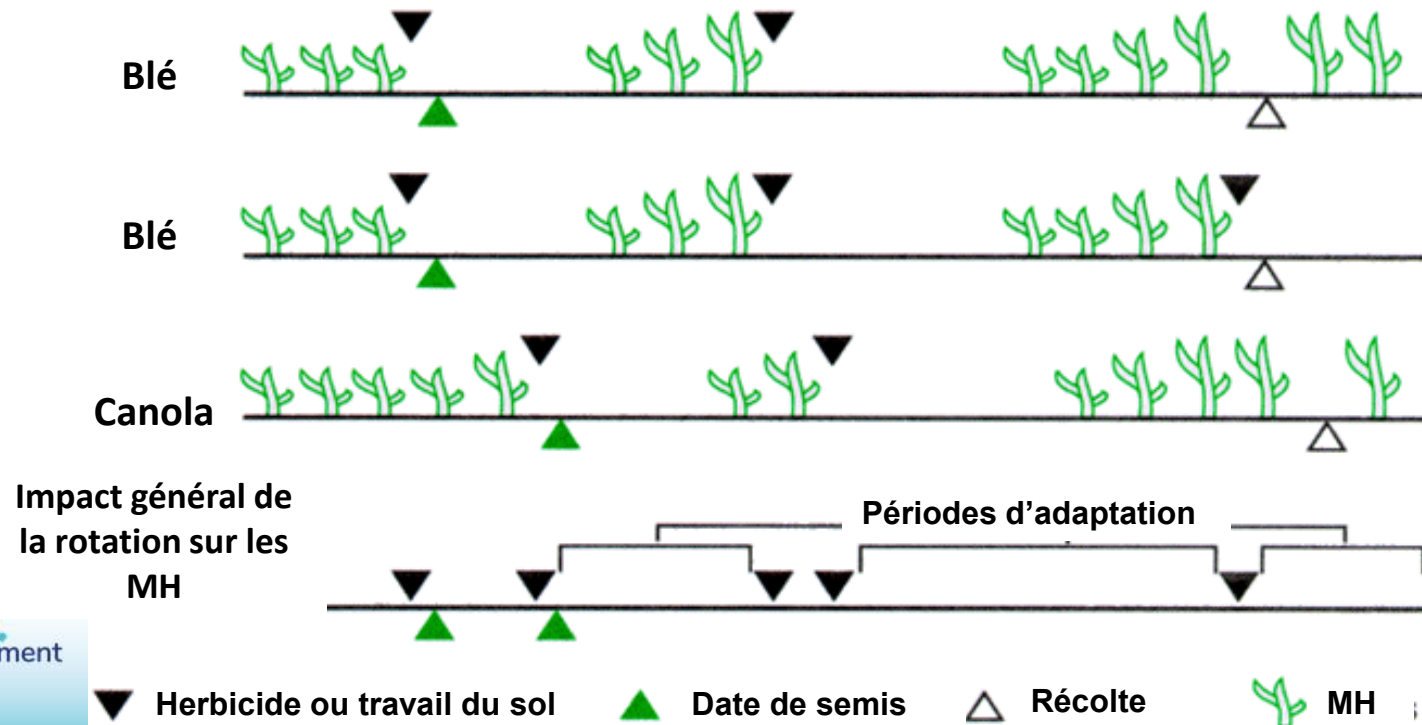
### 3. Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes

- Rotation de cultures
  - Monoculture de maïs
    - Accumulation d'espèces de mauvaises herbes adaptées aux conditions de croissance de la culture
  - Rotation de 2 ans de maïs et 1 an de soya
    - Diminution de 35 % de la sétaire géante par rapport à une monoculture de maïs
  - Rotation maïs-soya-blé :
    - Diminution de 80 % par rapport à la monoculture!

# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

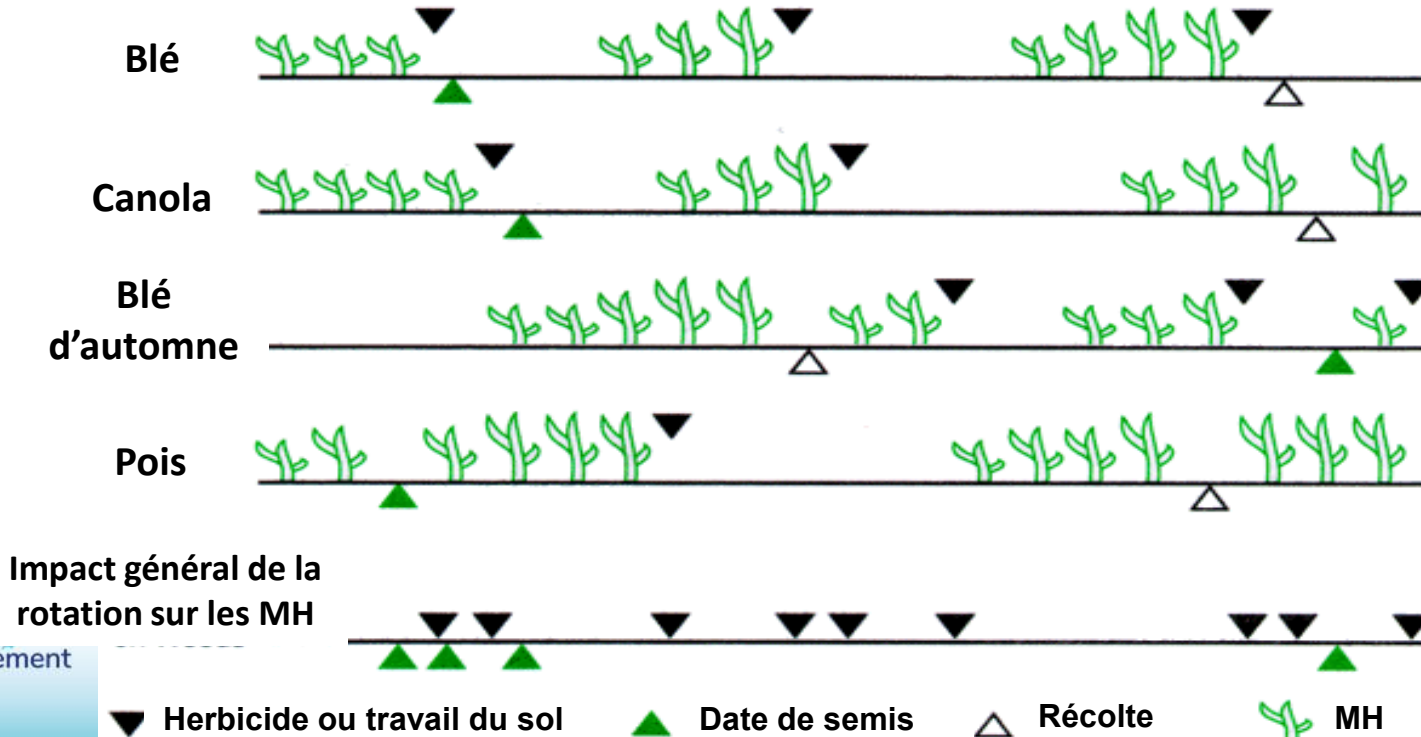
### Rotation non diversifiée



# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### Rotation diversifiée



# PISTE DE SOLUTION #1 (LA PLUS SIMPLE)

## Lutte préventive

### 4. Faire le suivi de l'efficacité des stratégies utilisées

- Marcher les champs
- Évaluer l'efficacité
- Ajuster au besoin

# PISTE DE SOLUTION #2



## Trouver les débuts d'infestation et agir vite

- Dépistage systématique des champs
  - Après les traitements herbicides
  - Avant la récolte
- Surveiller les signes de résistance
- Tester la résistance
- Mettre en place une **stratégie pour limiter la production de semences**

# PISTE DE SOLUTION #3



## LA solution miracle

- Contacter votre agronome
  - Chaque cas de résistance est unique
  - Analyse agronomique approfondie nécessaire
- Contacter votre conseiller régional MAPAQ
- Me contacter

**Merci de votre  
attention!**



# BIBLIOGRAPHIE



Délye, C. 2013. Unravelling the genetic bases of non-target-site-based resistance (NTSR) to herbicides: a major challenge for weed science in the forthcoming decade. *Pest Management Science*, 69(2) : 176–187.

Hausman, N. E., P. J. Tranel, D. E. Riechers, D. J. Maxwell, L. C. Gonzini et A. G. Hager. 2013. Responses of an HPPD Inhibitor-Resistant Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) Population to Soil-Residual Herbicides. *Weed Technology*, 27(4) : 704-711.

Leroux, G. D. 2018. Chapitre 4 - Méthodes de désherbage. Notes de cours. PLG-3205 Plantes nuisibles. Département de phytologie. Université Laval

Page, E. R., R. E. Nurse, S. Meloche, K. Bosveld, C. Grainger, K. Obeid, M. Filotas, M-J. Simard et M. Laforest. 2021. Import of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) seed with sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) slips. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(5) : 774-778.

Schreier, H., M. Bish et K. W. Bradley. 2022. The impact of electrocution treatments on weed control and weed seed viability in soybean. *Weed Technology*, 36(4) : 481–489.

Simard, M-J., M. Laforest, B. Soufiane, D. L. Benoit et F. Tardif. 2017. Linuron-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in Québec carrot fields: presence and distribution of target site and non-target site resistant biotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(2) : 345-352.