

# Votre gouvernement

A stylized logo consisting of a dark blue leaf-like shape at the top, with two smaller, light blue shapes below it, resembling a sprout or a stylized letter 'G'.

Québec 

The logo for the Government of Québec, featuring the word "Québec" in a dark blue serif font, followed by a square containing four fleur-de-lis symbols arranged in a 2x2 grid.



# LES CAS DE RÉSISTANCE DES MAUVAISES HERBES EN PRODUCTION LÉGUMIÈRE PISTES DE SOLUTIONS

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

Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP)

MAPAQ - Direction de la Phytoprotection

Présenté lors des Journées horticoles et grandes cultures

Thème : Légumes de terre minérale

Saint-Rémi

28 novembre 2024

# DÉFINITION

«La **résistance aux herbicides** se définit par la **capacité** d'une mauvaise herbe à  **survivre et à se reproduire** à la suite d'une application d'un herbicide effectuée à **une dose normalement létale** pour les individus de la même espèce et dans des **conditions normales d'utilisation.**»

# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?

**Désherbage avant les années '50 : Travail long et laborieux**

**Désherbage après les années '50 : Arrivée des premiers herbicides**

- Simplicité
- Réduction des coûts
- Augmentation de l'efficacité
- Augmentation des rendements

**Augmentation de la rentabilité**

# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?

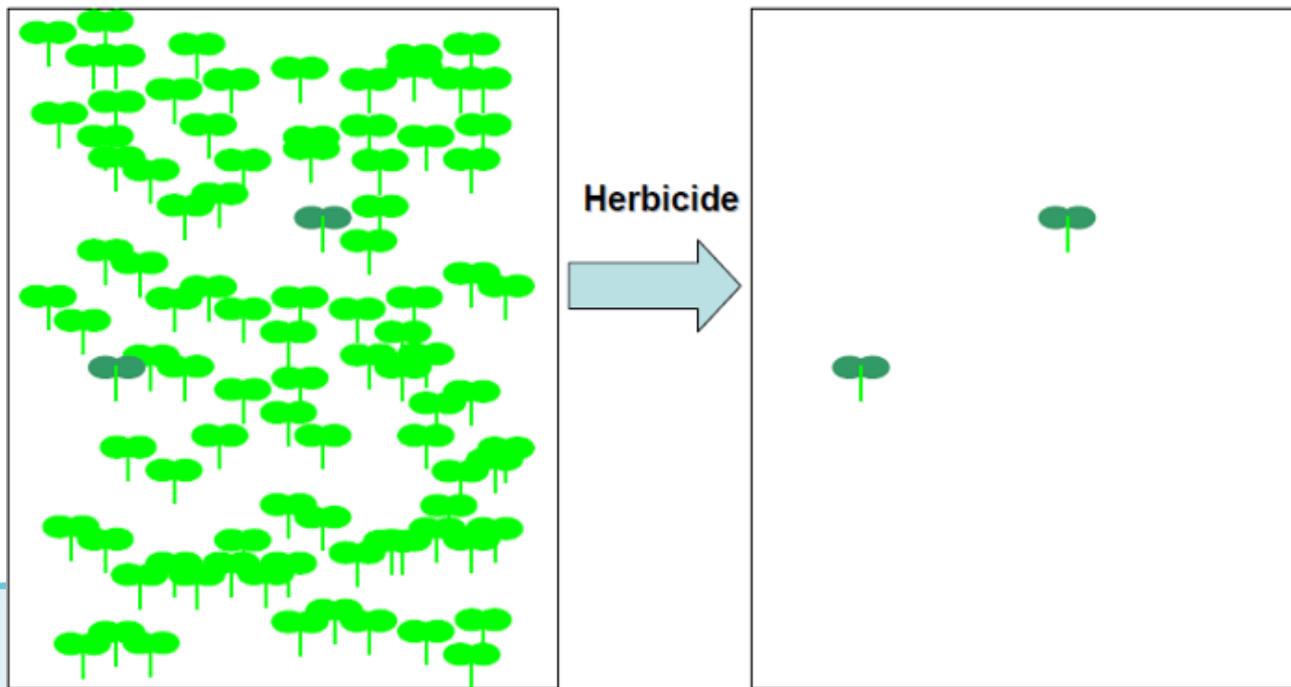
## Utilisation intensive et à grande échelle

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

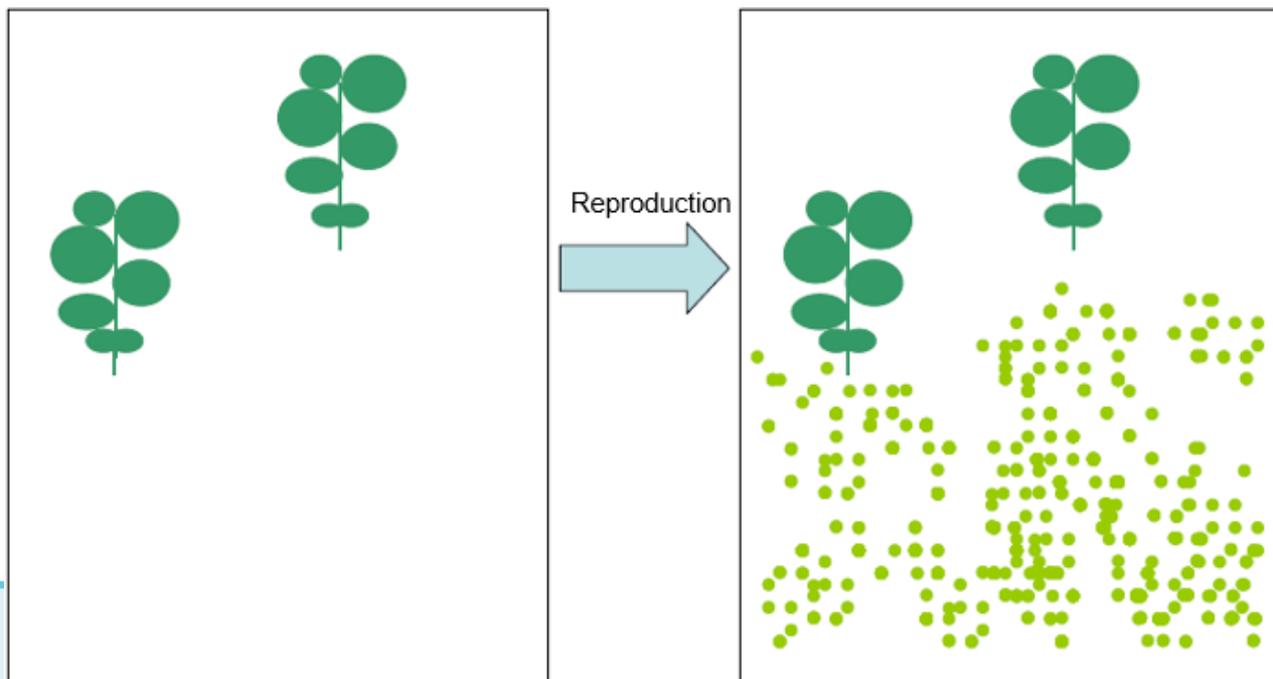
## 1er cas mondial de résistance : 1957

- Carotte sauvage au 2, 4-D en Ontario

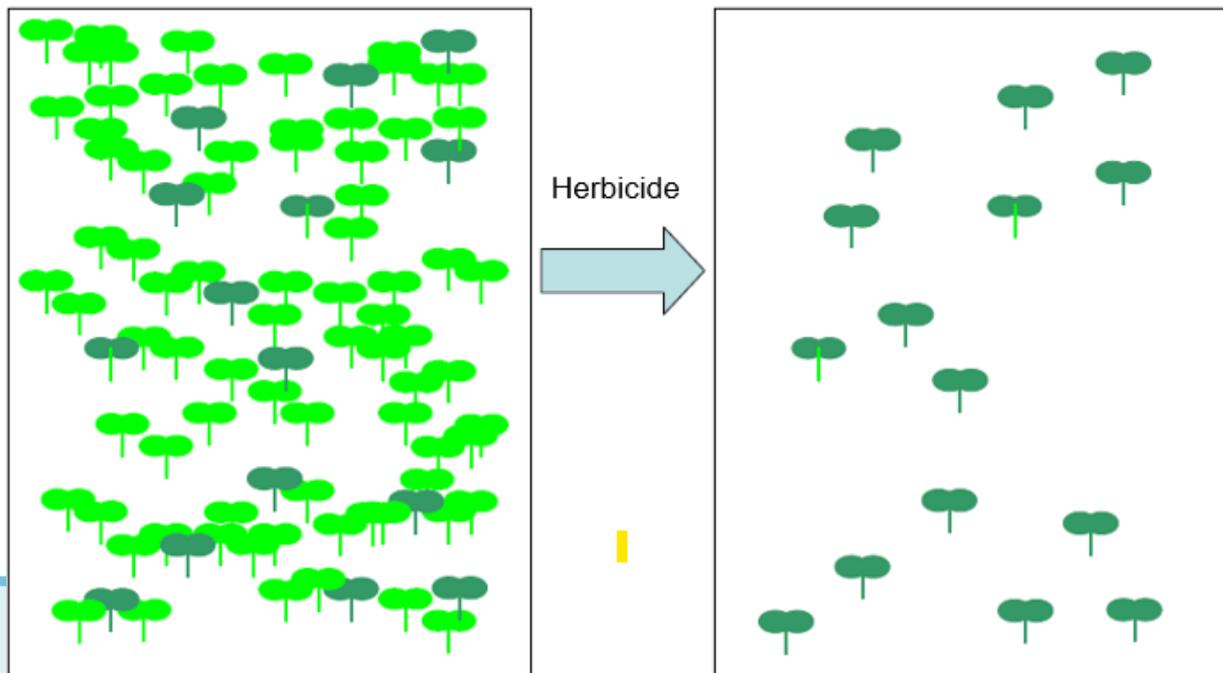
# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



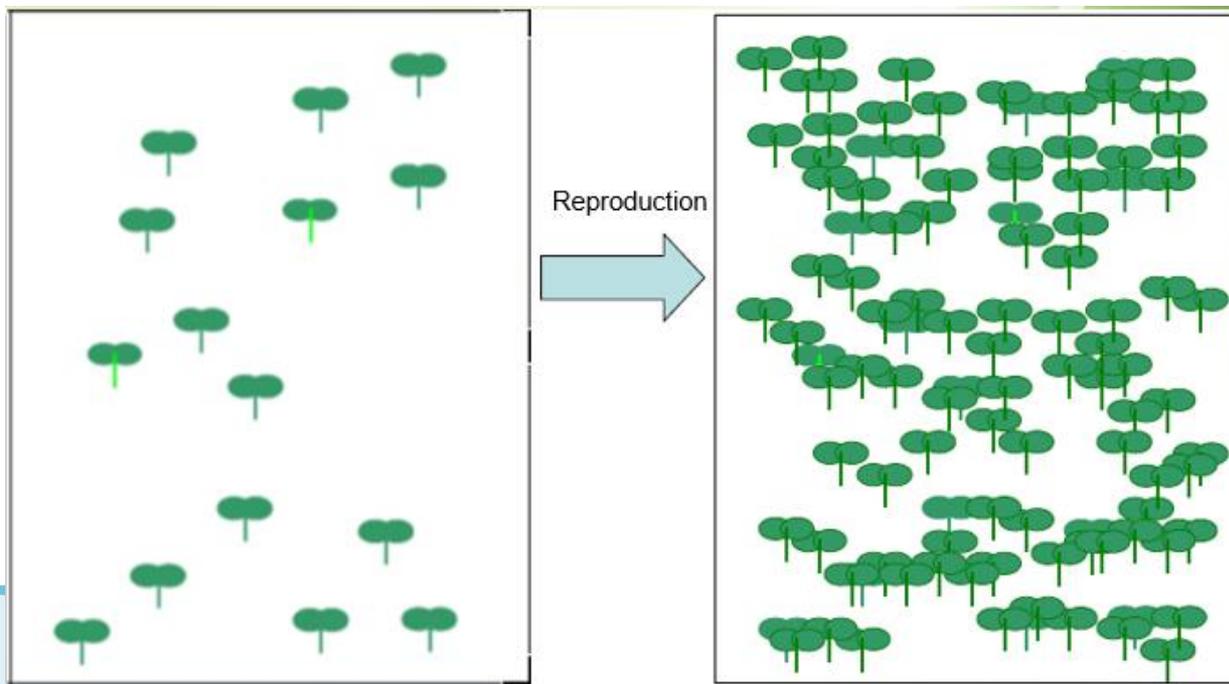
# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



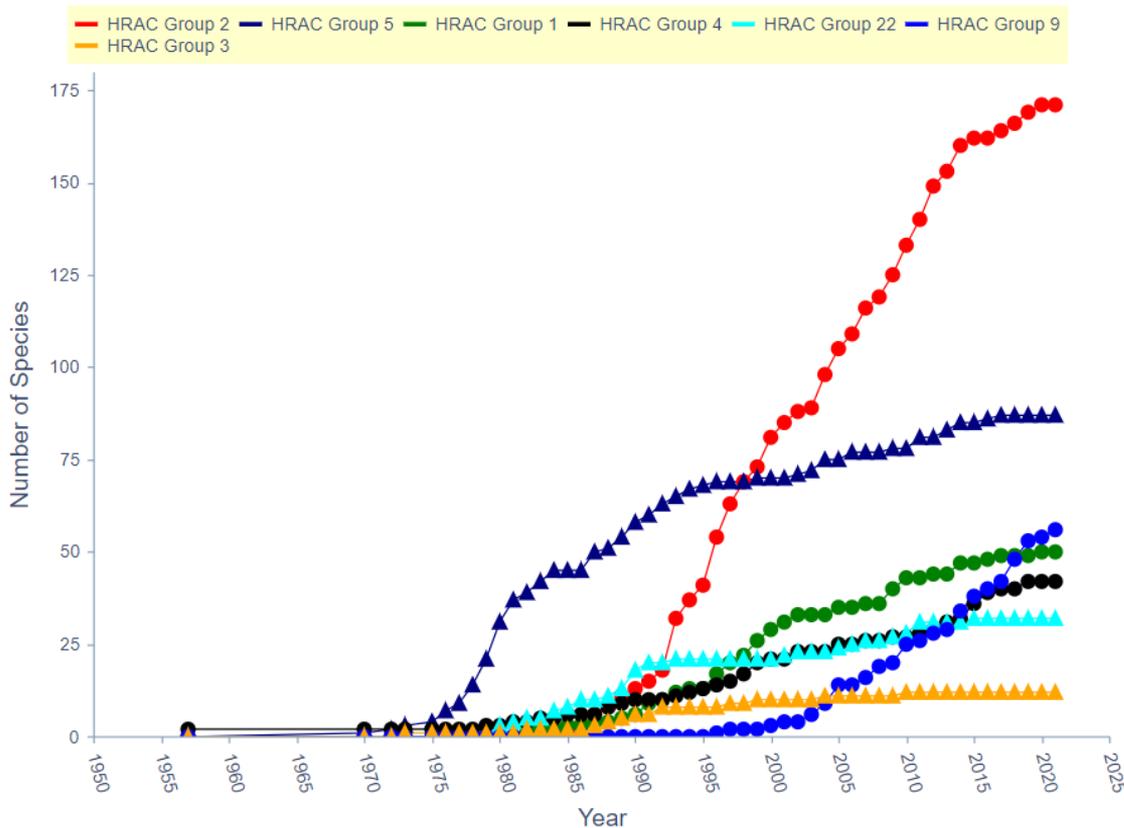
Pourquoi il n'y a pas de chénopode entre les rangs ?





# COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?

Chronological Increase in Resistant Weeds Globally



# 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
- Augmentation de l'expression du gène codant pour la protéine ciblée par l'herbicide (surexpression)

# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance liée à la cible

### Mutation

- Exemple : Proline<sub>106</sub>Sérine
- 1 nucléotide de différence : Cytosine → Thymine

P  
AGCTTTTTCCTTGGAAATGCAGGAACAGCTATGCGT~CCA~TTGACTGCTGCCGTTACTGCTGCCGGTGGAAACTCAAG  
AGCTTTTTCCTTGGAAATGCAGGAACAGCTATGCGT~TCA~TTGACTGCTGCCGTTACTGCTGCCGGTGGAAACTCAAG  
S

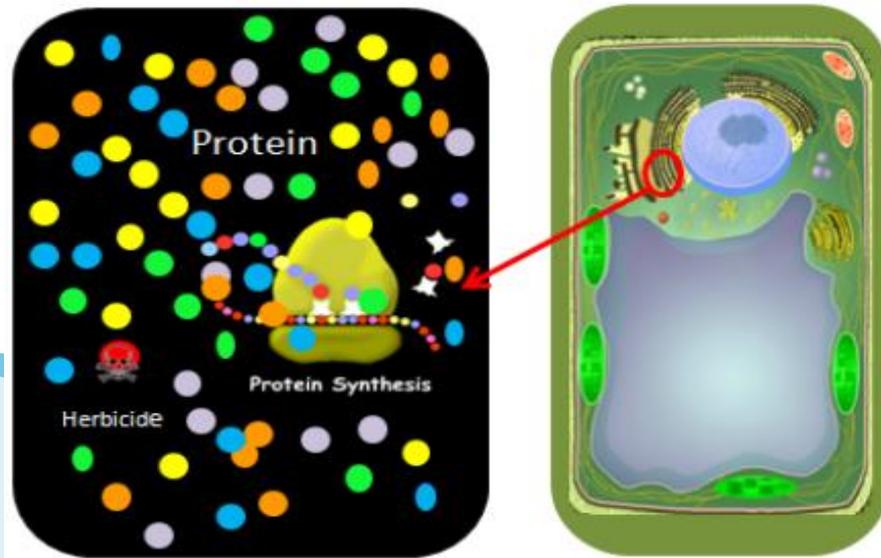
Glycosite

# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance liée à la cible

### Surexpression

- Augmentation de la transcription du gène
- Augmentation du nombre de copies du gène



# MÉCANISMES DE LA RÉSISTANCE

## Résistance non liée à la cible

### Mécanismes en amont de la cible

- Diminution de l'absorption de l'herbicide
- Diminution ou une augmentation du transport de l'herbicide dans la plante
- Séquestration de l'herbicide ailleurs dans la cellule (ex. : vacuole)
- Métabolisation de la molécule herbicide en métabolites moins toxiques avant que celle-ci n'atteigne sa cible

# RÉSISTANCE CROISÉE ET MULTIRÉSISTANCE

## 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

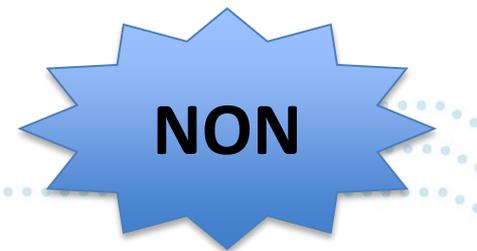
## Multirésistance

### 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



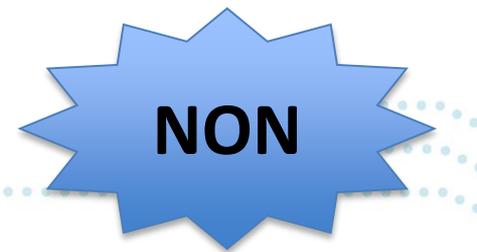
# MAUVAIS CONTRÔLE = RÉSISTANCE?



## Facteurs expliquant un mauvais contrôle

- **Application au mauvais stade**
- **Mauvaise identification de la MH**
- **Mauvais choix d'herbicide**
- **Mauvaise utilisation d'herbicide** (Dose, mélange en cuve, adjuvant, etc.)
- **Mauvaise pulvérisation** (Calibration, volume de bouillie, buses, pression, vitesse, etc.)
- **Conditions environnementales non optimales**
- **Conditions du sol inadéquate pour le produit utilisé**
- **Omission de respecter les consignes indiquées sur l'étiquette du produit**

# MAUVAIS CONTRÔLE = RÉSISTANCE?



## Facteurs expliquant un mauvais contrôle

### Aucun herbicide n'est efficace à 100%

- Pour être homologué, un herbicide doit démontrer 80% et plus d'efficacité.

### Un herbicide n'est généralement pas efficace contre toutes les mauvaises herbes

- Par exemple, un herbicide du groupe 15 est excellent contre les amarantes, mais n'aura aucun effet létal sur la petite herbe à poux.

# SIGNES D'UNE RÉSISTANCE POSSIBLE

- **Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement**
- Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire
- Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre
- Le même problème a été observé au cours des dernières années dans ce champ lorsque des herbicides du même groupe ont été utilisés
- Des herbicides du même groupe ont été utilisés à répétition, année après année, dans ce champ

# SIGNES D'UNE RÉSISTANCE POSSIBLE

- Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement
- **Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire**
- Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre
- Le même problème a été observé au cours des dernières années dans ce champ lorsque des herbicides du même groupe ont été utilisés
- Des herbicides du même groupe ont été utilisés à répétition, année après année, dans ce champ

# SIGNES D'UNE RÉSISTANCE POSSIBLE

- Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement
- Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire
- **Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre**
- Le même problème a été observé au cours des dernières années dans ce champ lorsque des herbicides du même groupe ont été utilisés
- Des herbicides du même groupe ont été utilisés à répétition, année après année, dans ce champ

# SIGNES D'UNE RÉSISTANCE POSSIBLE

- Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement
- Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire
- Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre
- **Le même problème a été observé au cours des dernières années dans ce champ lorsque des herbicides du même groupe ont été utilisés**
- Des herbicides du même groupe ont été utilisés à répétition, année après année, dans ce champ

# SIGNES D'UNE RÉSISTANCE POSSIBLE

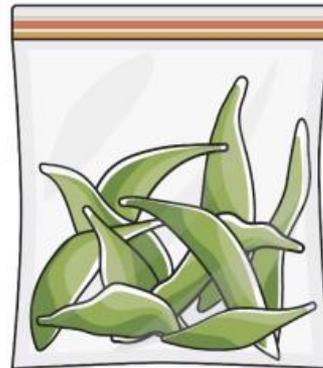
- Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement
- Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire
- Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre
- Le même problème a été observé au cours des dernières années dans ce champ lorsque des herbicides du même groupe ont été utilisés
- **Des herbicides du même groupe ont été utilisés à répétition, année après année, dans ce champ**

# DÉTECTION DE 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



# DÉTECTION DE 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



Résistant

Sensible

# PORTRAIT PROVINCIAL

Portrait 2011-2023

15 espèces de MH résistantes à un ou plusieurs groupes d'herbicides



# PORTRAIT DANS LES CULTURES MARAÎCHÈRES

Portrait 2018-2024

8 espèces de MH résistantes à 5 groupes d'herbicides dans 11 cultures

Mauvaise herbe	Nombre de cas
Chénopode blanc	11
Petite herbe à poux	8
Amarante tuberculée	5
Amarante à racine rouge	2
Amarante de Powell	1
Morelle noire de l'Est	1
Moutarde des champs	1
Sétaire verte	1

Groupe d'herbicide	Nombre de cas
5	23
2	10
9	3
27	2
1	1

Cultures	Nb cas
Carotte	8
Maïs sucré	8
Pomme de terre	5
Haricot	2
Chou pommé	1
Concombre	1
Courge	1
Oignon	1
Poivron	1
Rhubarbe	1
Tomate	1

# PORTRAIT DANS LES CULTURES MARAÎCHÈRES

Portrait 2018-2024

Région	MRC	Mauvaise herbe	Groupe de résistance	Nombre de populations	
Montérégie	Beauharnois-Salaberry	Petite herbe à poux	2	1	10
	Le Haut-Saint-Laurent	Amarante à racine rouge	5	1	
		Petite herbe à poux	2 et 5	1	
	Les Jardins-de-Napierville	Amarante à racine rouge	5	1	
		Petite herbe à poux	5	4	
	Les Maskoutains	Sétaire verte	1	1	
Petite herbe à poux		2 et 5	1		
Laurentides	D'Au-tray	Chénopode blanc	5	2	11
	Deux-Montagnes	Amarante tuberculée	2	1	
			2 et 9	1	
			2, 5, 9 et 27	1	
	Joliette	Chénopode blanc	5	1	
	L'Assomption	Chénopode blanc	5	1	
	Mirabel	Amarante tuberculée	2	1	
			2, 5, 9 et 27	1	
Montcalm	Morelle noire de l'Est	2	1		
	Petite herbe à poux	2	1		
Chaudière-Appalaches	Bellechasse	Chénopode blanc	5	1	1
Centre-du-Québec	Arthabaska	Amarante de Powell	5	1	5
		Chénopode blanc	5	1	
		Moutarde des champs	5	1	
	Nicolet-Yamaska	Chénopode blanc	5	2	
Capitale-Nationale	Portneuf	Chénopode blanc	5	3	3

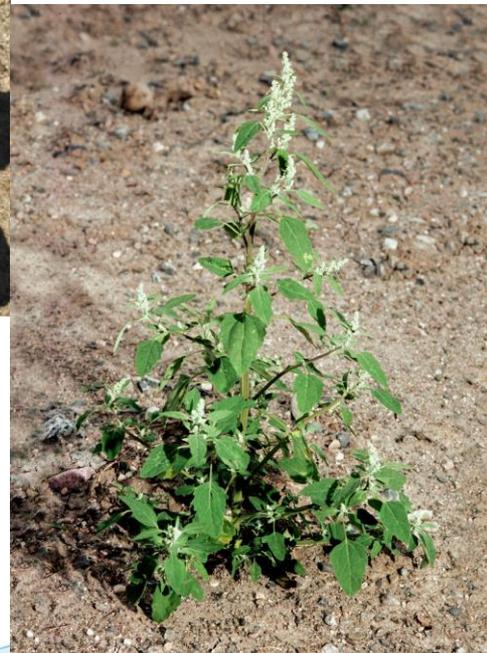
# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 1- Chénopode blanc

- 11 cas sur 30 (37%)
- 3 cultures (Carotte, maïs sucré, pomme de terre)
- 4 régions
- Groupe 5 uniquement

### Caractéristiques :

- $\geq 70\ 000$  graines / plant / an
- Durée de vie des graines  $\geq 50$  ans dans le sol



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 2- Petite herbe à poux

- 8 cas sur 30 (27%)
- 3 cultures (Carotte, maïs sucré, haricots)
- 2 régions
- Groupes 2; 5; 2 et 5

### Caractéristiques :

- Environ 100 à 6 000 graines / plant / an
- Durée de vie des graines jusqu'à 40 ans dans le sol



# PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

## # 3- Amarante tuberculée

- 5 cas sur 30 (17%)
- 5 cultures
- 1 région
- Groupes 2; 2 et 9; 2, 5, 9 et 27

### Caractéristiques :

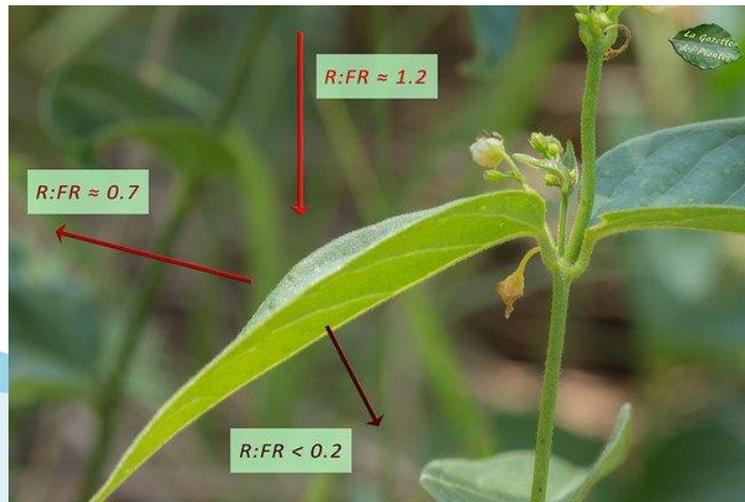
- Environ 300 000 graines / plant / an (35 000 – 4,8 M graines)
- Durée de vie moyenne des graines de 5 ans dans le sol
- Émergence en continu



# ENJEUX DANS LA CULTURE DU CONCOMBRE

## Réduction des rendements et de la rentabilité

- Les mauvaises herbes sont considérées comme un problème majeur dans la culture du concombre
- Interférence par les MH diminue le rendement de 45 à 95%



# ENJEUX DANS LA CULTURE DU CONCOMBRE

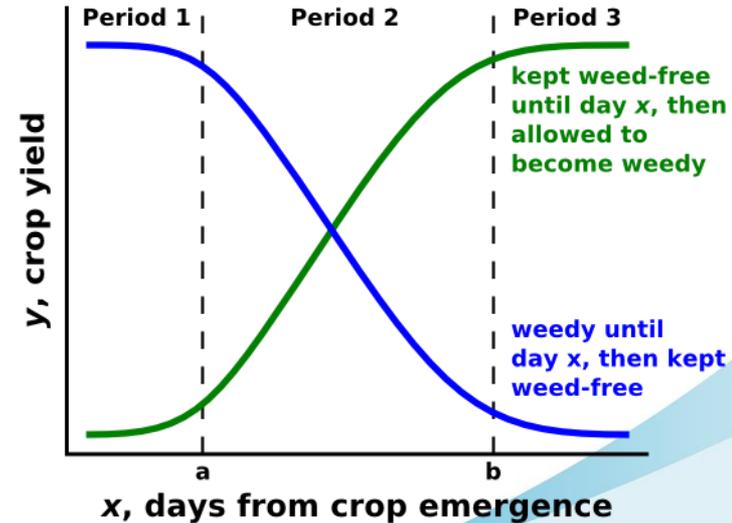
## Réduction des rendements et de la rentabilité

- **Le concombre est très vulnérable aux mauvaises herbes et peu compétitif lorsqu'il est jeune**
- **Principales mauvaises herbes :**
  - Petite herbe à poux, amarantes, lampourde, graminées
  - Germent en même temps que la culture
- **Opérations de désherbage faites après la période critique**
  - La culture a déjà souffert de dommages irréversibles par la compétition avec les mauvaises herbes

# ENJEUX DANS LA CULTURE DU CONCOMBRE

## Période critique de désherbage

- Période pendant laquelle les mauvaises herbes doivent être contrôlées pour éviter une perte de rendement
- Les mauvaises herbes présentes avant et après cette période n'ont pas un grand impact sur le rendement final
- En moyenne entre 3 et 6 semaines après le semis pour le concombre dans la littérature scientifique



# ENJEUX DANS LA CULTURE DU CONCOMBRE

## Opérations de désherbage

- **Désherbage manuel**
  - Long et laborieux, main d'œuvre ++, \$\$\$\$
- **Utilisation d'herbicides**
  - Très peu de matières actives homologuées, courtes rotations des matières actives, résistance +++
- **Aucune méthode de contrôle n'est efficace contre toutes les espèces de mauvaises herbes, ni pendant toute la saison**
- **Fortes chances de développement de résistance, réduisant encore plus le nombre d'outils efficaces disponibles**

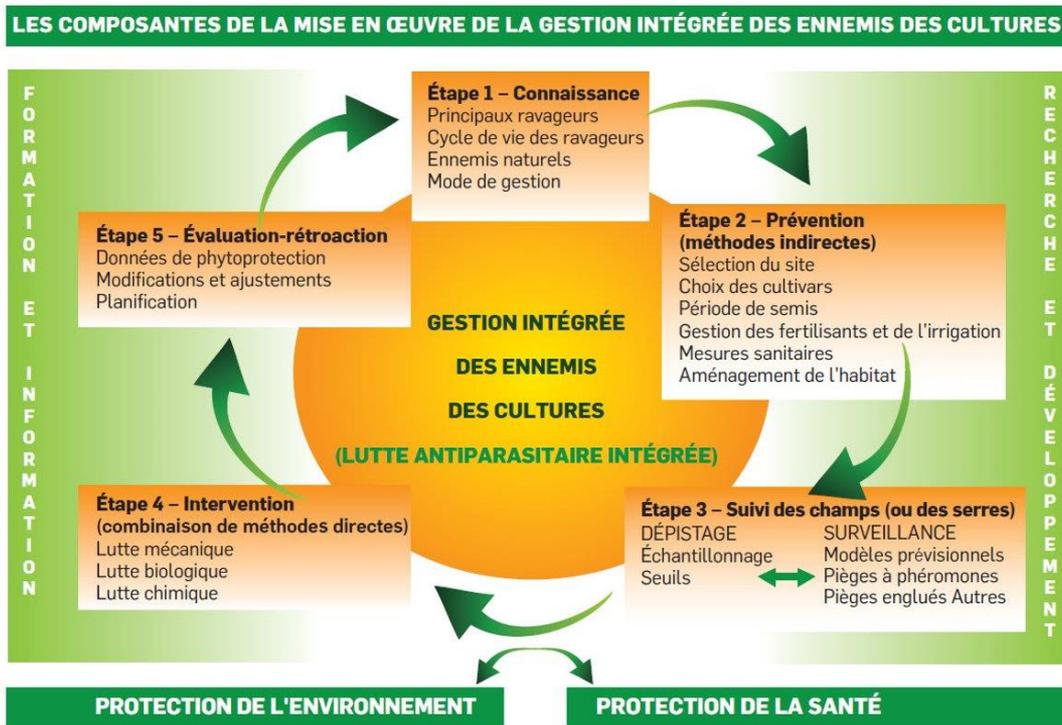
# GESTION DE LA RÉSISTANCE



# GESTION DE LA RÉSISTANCE

## Gestion intégrée des mauvaises herbes

- Commence bien avant d'avoir de la résistance dans son champ



# GESTION DE LA RÉSISTANCE

## Gestion intégrée des mauvaises herbes

- **Connaître les mauvaises herbes résistantes au Québec et dans notre région**
  - [Portrait de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides au Québec \(2011-2023\)](#)
- **Identifier les sources de contamination possible**
  - Semences (certifiées?)
  - Machinerie (louée, achetée, forfaitaire)
  - Fumier (acheté, importé)
  - Sol (bottes, pneus, machinerie, boutures)
  - Foin, grains, paille (acheté, importé)
  - Homme (travailleurs, agronomes, producteur)
- **Identifier nos pratiques qui sont à risque de causer de la résistance**
  - Par exemple : Rotations peu diversifiées (cultures et herbicides)

# GESTION DE LA RÉSISTANCE

## Gestion intégrée des mauvaises herbes

- Effectuer une surveillance accrue de nos champs
- Diversifier les stratégies de lutte aux mauvaises herbes
- Faire le suivi de l'efficacité des stratégies utilisées et ajuster au besoin



# GESTION DE LA RÉSISTANCE

## Gestion intégrée des mauvaises herbes

- **Diminue la pression de sélection**
- **Ralentis le développement de la résistance aux herbicides**
- **Assure la conservation de l'efficacité des outils herbicides disponibles**
- **Améliore des rendements et de la rentabilité**

# PISTES DE SOLUTIONS

## Lutte préventive

- **Semences certifiées**
- **Choix d'un site avec faible pression de mauvaises herbes ou avec des espèces moins problématiques dans la culture du concombre**
  - Éviter la petite herbe à poux, les amarantes, le chénopode blanc, la lampourde et les graminées
- **Culture précédente avec une régie différente au concombre**
  - Date de semis, de désherbage et de récolte
- **Eau d'irrigation exempte de mauvaises herbes**
- **Récolter les champs les plus infestés en dernier**
- **Connaître et limiter les sources de contamination externe**

# PISTES DE SOLUTIONS

## Lutte préventive

- **Nettoyage des équipements**
  - Bottes, vêtements, roues, outils, machinerie



# PISTES DE SOLUTIONS

## Lutte culturale

- **Choix d'une variété vigoureuse et bien adaptée à la région**
- **Fertilisation (méthode d'application et timing)**
  - Faire en sorte que les nutriments sont disponibles pour la culture et non les mauvaises herbes
- **Cultures de couverture**
- **Irrigation localisée sur la culture**
- **Date de semis**
- **Profondeur de semis**
- **Densité de semis**
- **Rotation de cultures**



# PISTES DE SOLUTIONS

## Rotation de cultures

### Diversifier les cultures et les dates de semis

- Diversité de la flore adventice et réduction du risque de dominance d'une seule espèce
  - Permet d'enrayer l'envahissement des cultures par les mauvaises herbes qui y sont adaptées

**Plus la rotation est diversifiée, plus elle contribuera à combattre les mauvaises herbes**

# PISTES DE SOLUTIONS

## Rotation de cultures

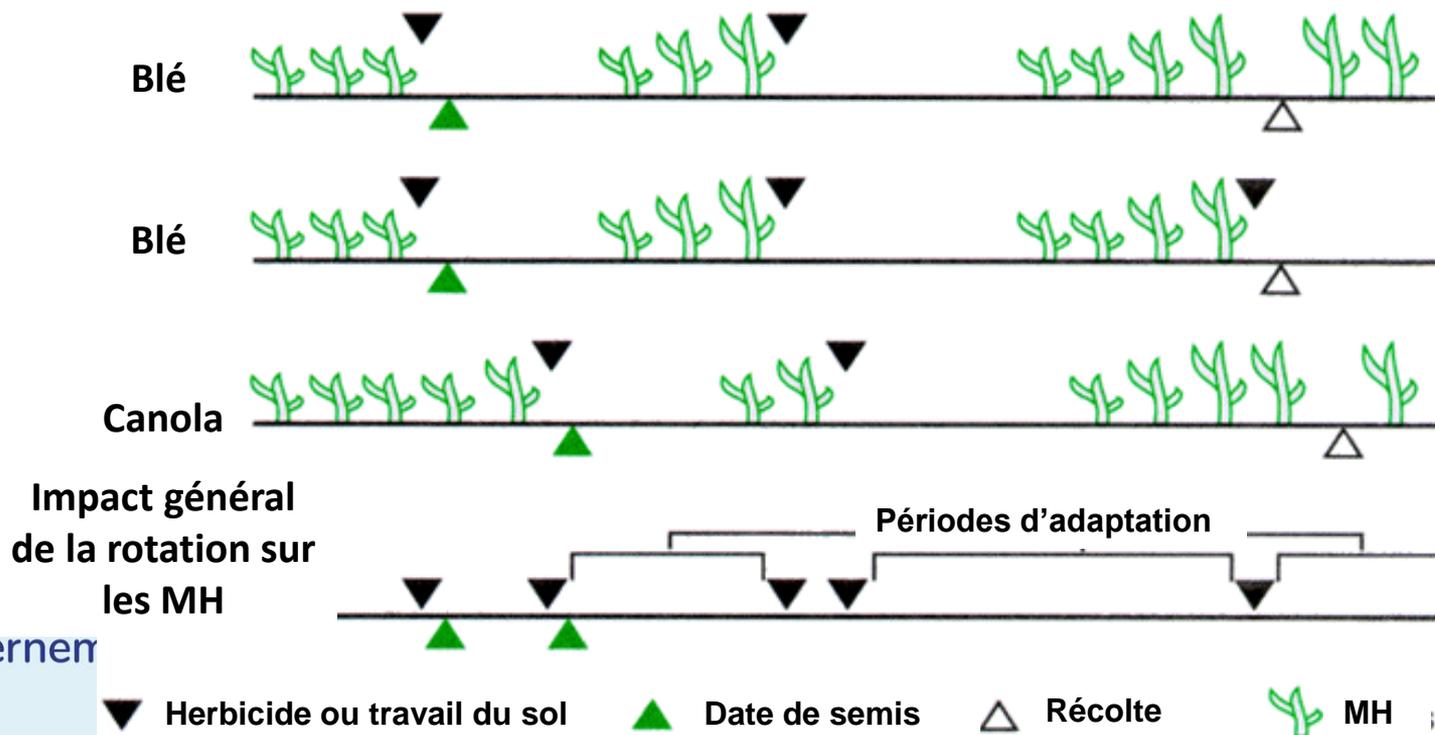
### Diversifier les rotations et les dates de semis

- Monoculture : 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 : 35 % de réduction de la sétaire géante par rapport à une monoculture de maïs
- Rotation maïs-soya-blé : diminution de 80 % par rapport à la monoculture!

# PISTES DE SOLUTIONS

## Rotation de cultures

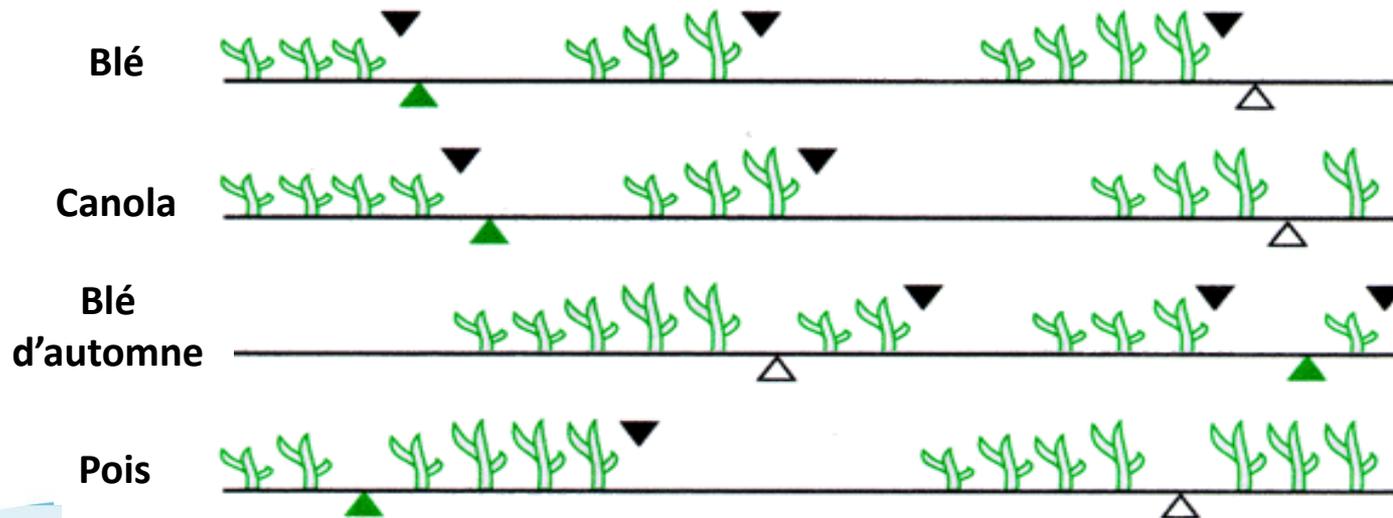
### Rotation non diversifiée



# PISTES DE SOLUTIONS

## Rotation de cultures

### Rotation diversifiée



Impact général de la rotation sur les MH

▼ Herbicide ou travail du sol    ▲ Date de semis    △ Récolte    🌱 MH

# PISTES DE SOLUTIONS

## Lutte culturale

- **Labour**
  - Envoie des semences de mauvaises herbes en profondeur
  - Réduis significativement la pression de mauvaises herbes
- **Faux semis**
  - S'est montré très efficace pour réduire la pression de plusieurs espèces de mauvaises herbes

# PISTES DE SOLUTIONS

## Lutte culturale

- **Densité de semis et espacement des rangs**
  - Améliorer la compétitivité de la culture de concombre face aux mauvaises herbes
  - Efficacité démontrée pour supprimer la germination des mauvaises herbes par une fermeture plus rapide des entre rangs
  - La fermeture rapide des entre rangs est la clé
  - La culture doit gagner la compétition pour la lumière

# PISTES DE SOLUTIONS

## Densité de semis et espacement des rangs

### Étude 1

- Espacements de 1 m x 30 cm
  - vs 1m x 60 cm et 1 m x 90 cm
- Fermeture des rangs plus rapide
- Meilleur contrôle des mauvaises herbes

### Étude 2

- Espacements de 75 cm x 25 cm
  - vs 75 cm x 50 cm et 75 cm x 75 cm
- Diminution de la densité et de la biomasse des mauvaises herbes

# PISTES DE SOLUTIONS

## En résumé

- **La lutte préventive et la lutte culturale**
  - Efficacité démontrée
  - Parmi les solutions les plus simples et les moins coûteuses à implanter
  - Parmi les solutions les plus rentables
  - Permetts d'attaquer les mauvaises herbes sur plusieurs fronts
  - Permetts de diminuer la pression de sélection et le développement de résistance aux herbicides
  - Permetts de conserver l'efficacité des outils herbicides

**Merci de votre  
attention!**

