

Votre  gouvernement

Québec 



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?

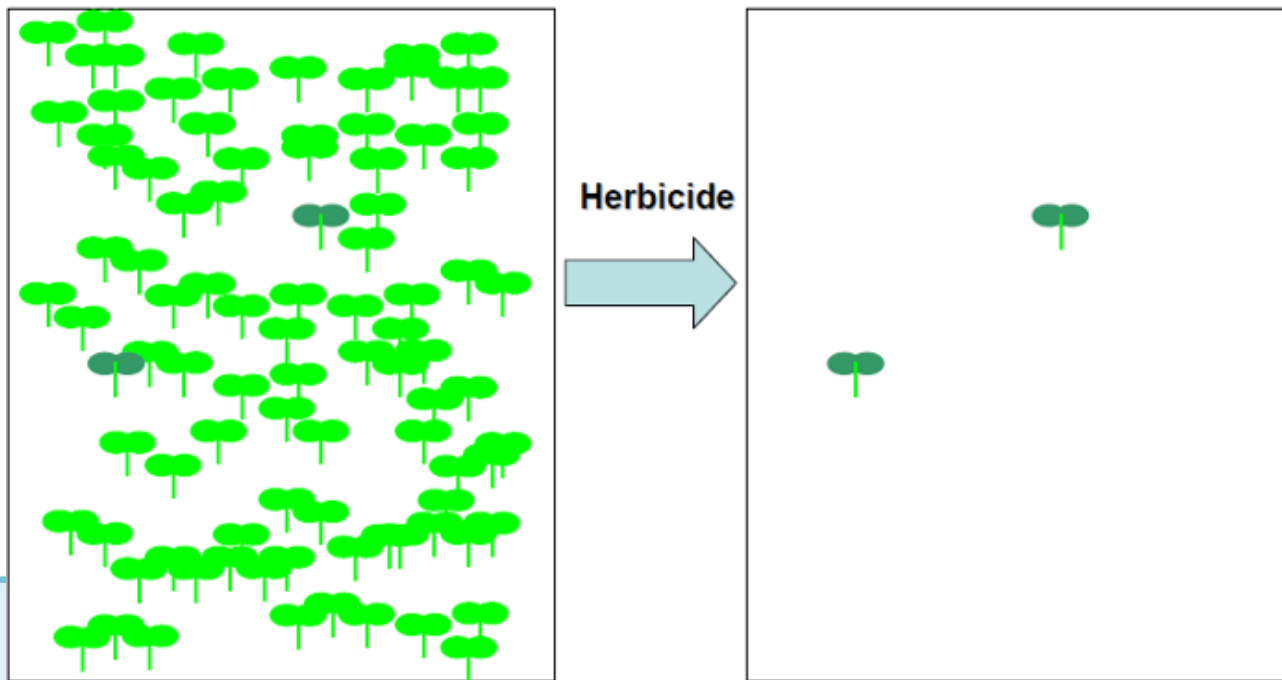
Utilisation intensive et à grande échelle

- 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

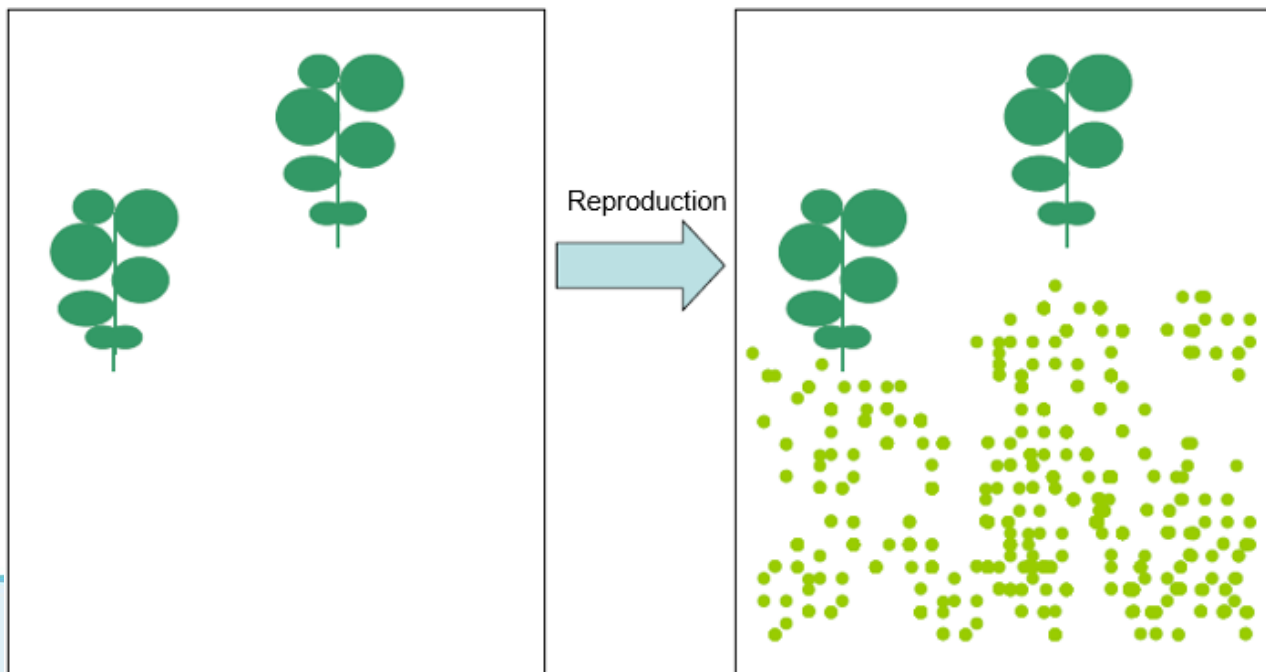
1er cas mondial de résistance : 1957

- Carotte sauvage au 2, 4-D en Ontario

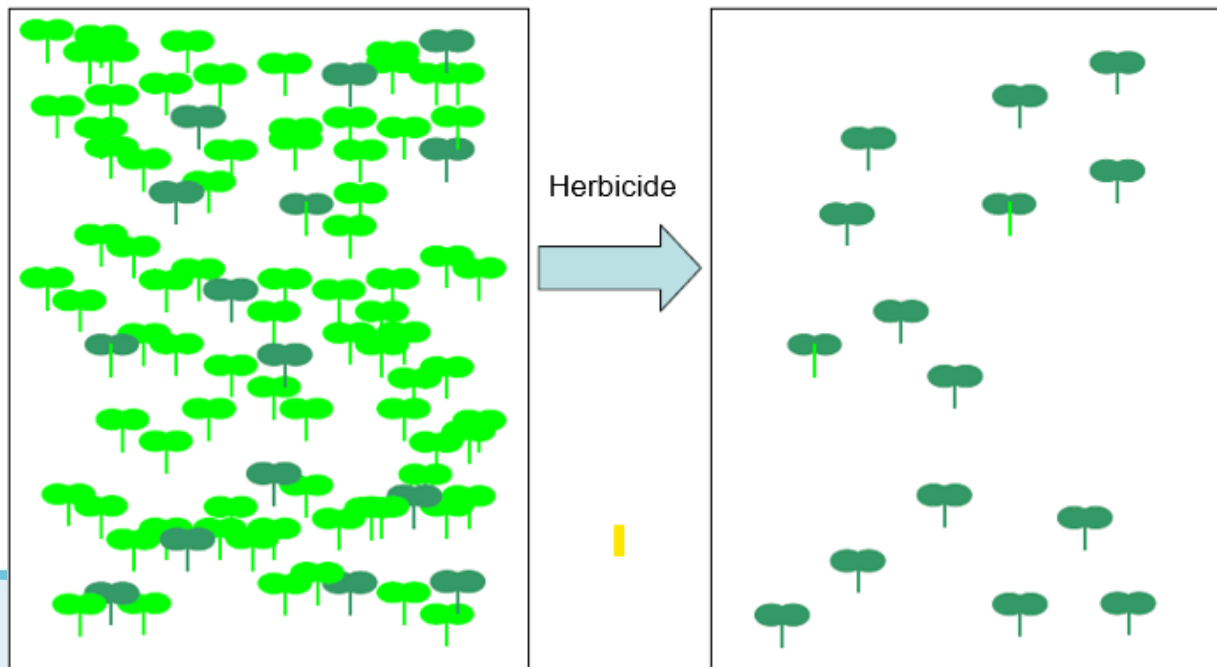
COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



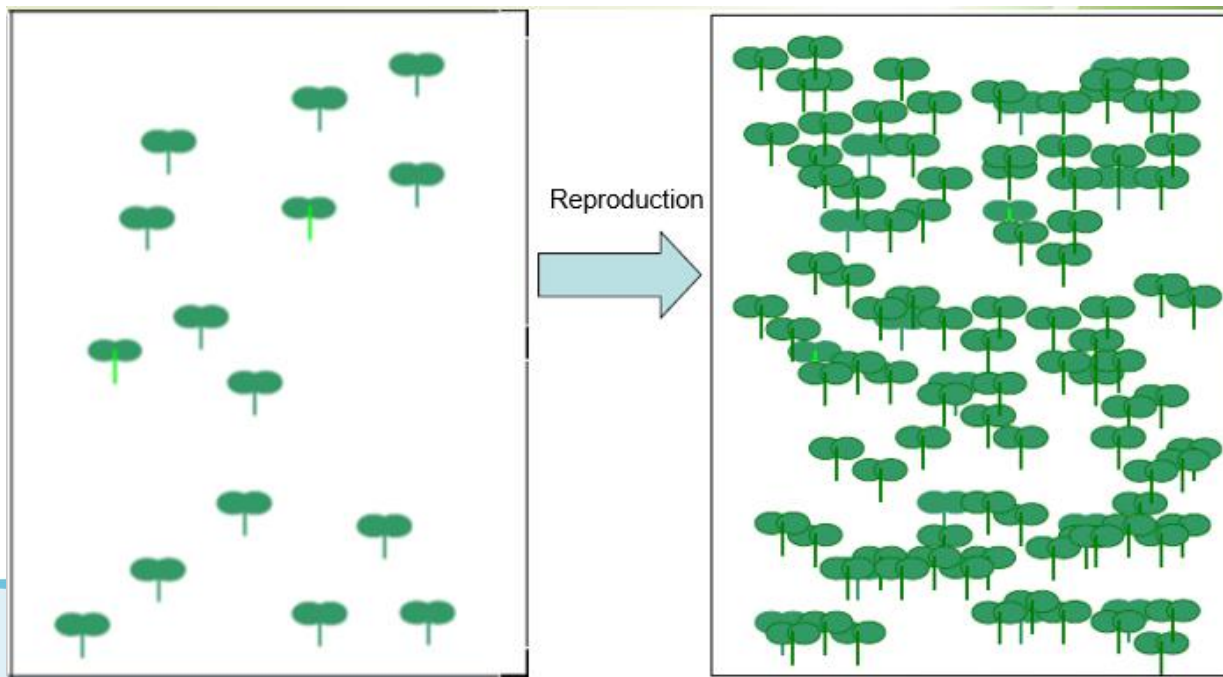
COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



COMMENT SE DÉVELOPPE LA RÉSISTANCE?



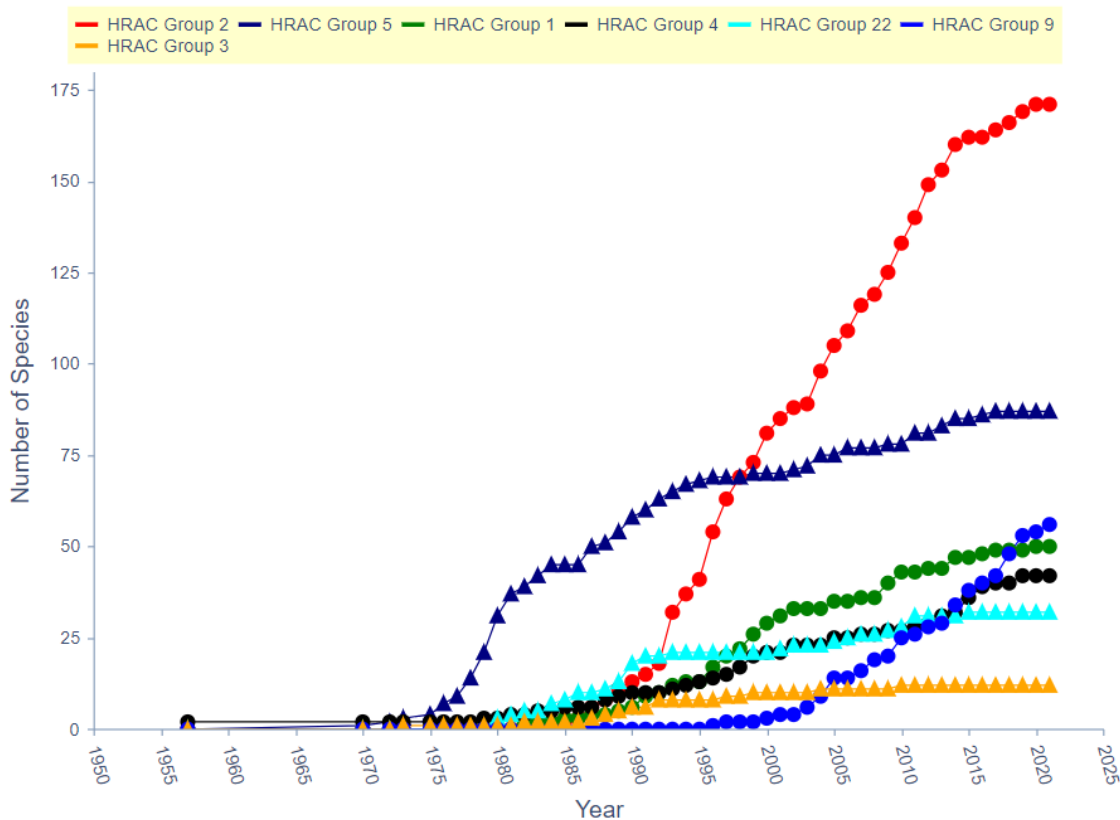
Pourquoi il n'y a pas de chénopode entre les rangs ?





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 : Proline₁₀₆Sérine
- 1 nucléotide de différence : Cytosine → Thymine

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

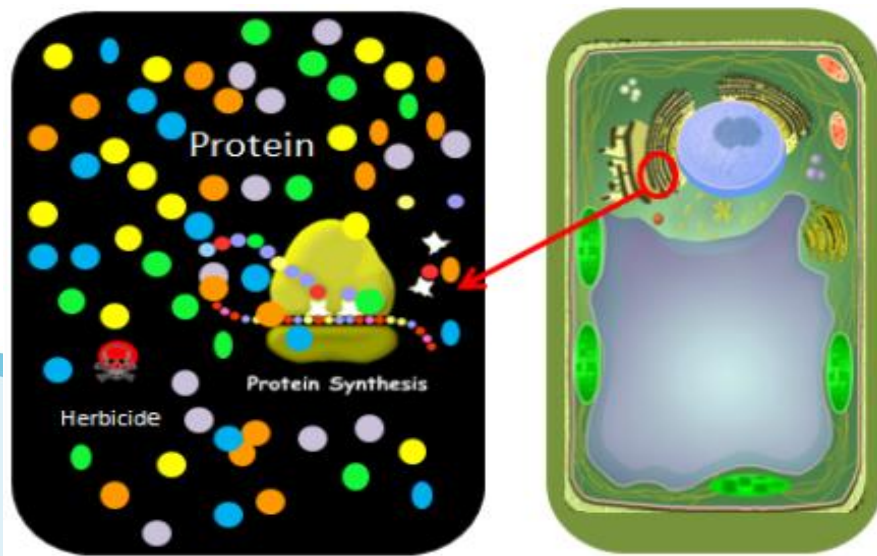
Glycosite

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

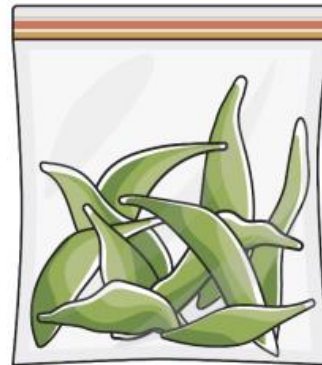
- Une seule espèce de mauvaise herbe a survécu au traitement
- Le patron de distribution de la mauvaise herbe est aléatoire
- Dans cette population de mauvaise herbe, le niveau de dommage dû à l'herbicide varie d'une plante à l'autre
- Le même problème a été observé au cours des dernières années dans 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

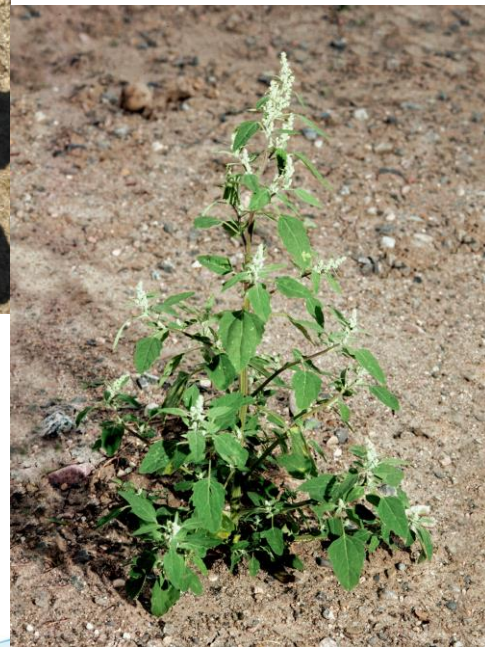
PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

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 ≥ 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



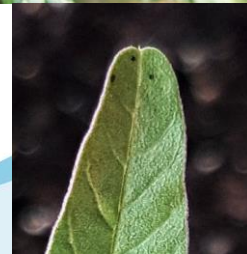
PRINCIPALES MAUVAISES HERBES

3- Amarante tuberculée

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

Caractéristiques :

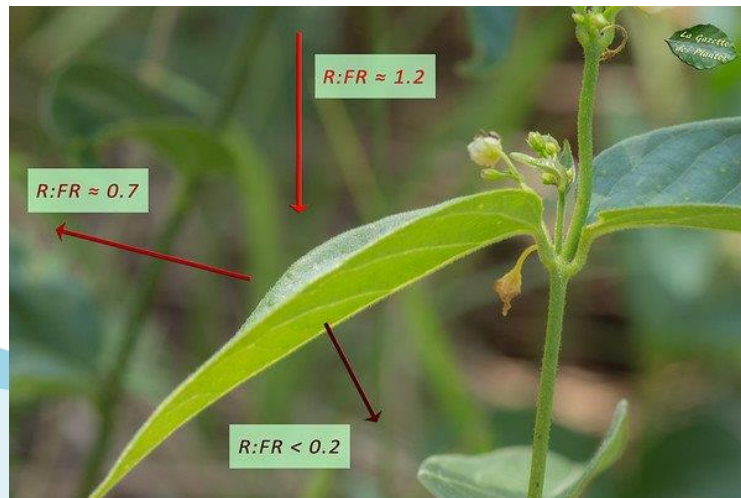
- Environ 300 000 graines / plant / an (35 000 – 4,8 M graines)
- Durée de vie moyenne des graines de 5 ans dans le sol
- Émergence en continu



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

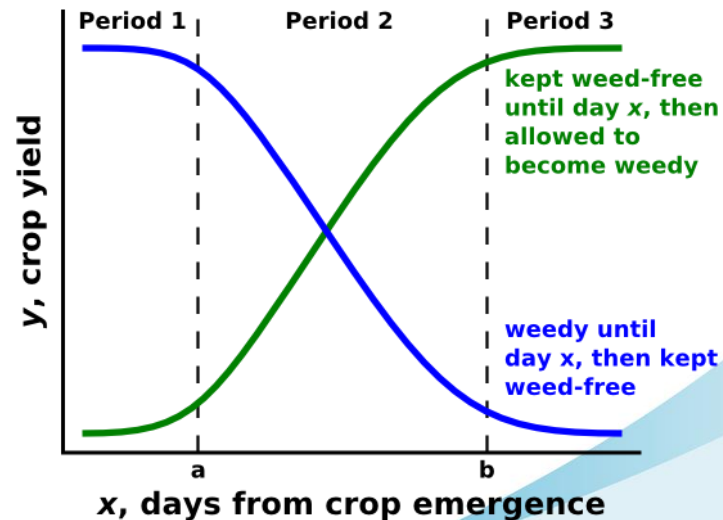
Réduction des rendements et de la rentabilité

- **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**

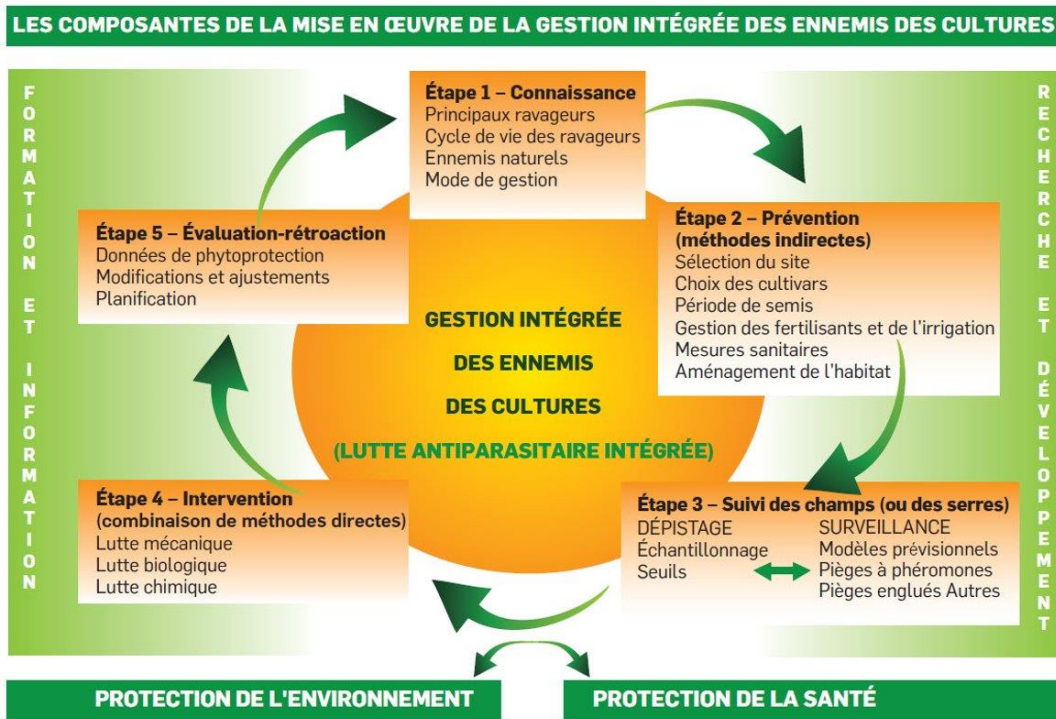
GESTION DE LA RÉSISTANCE



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

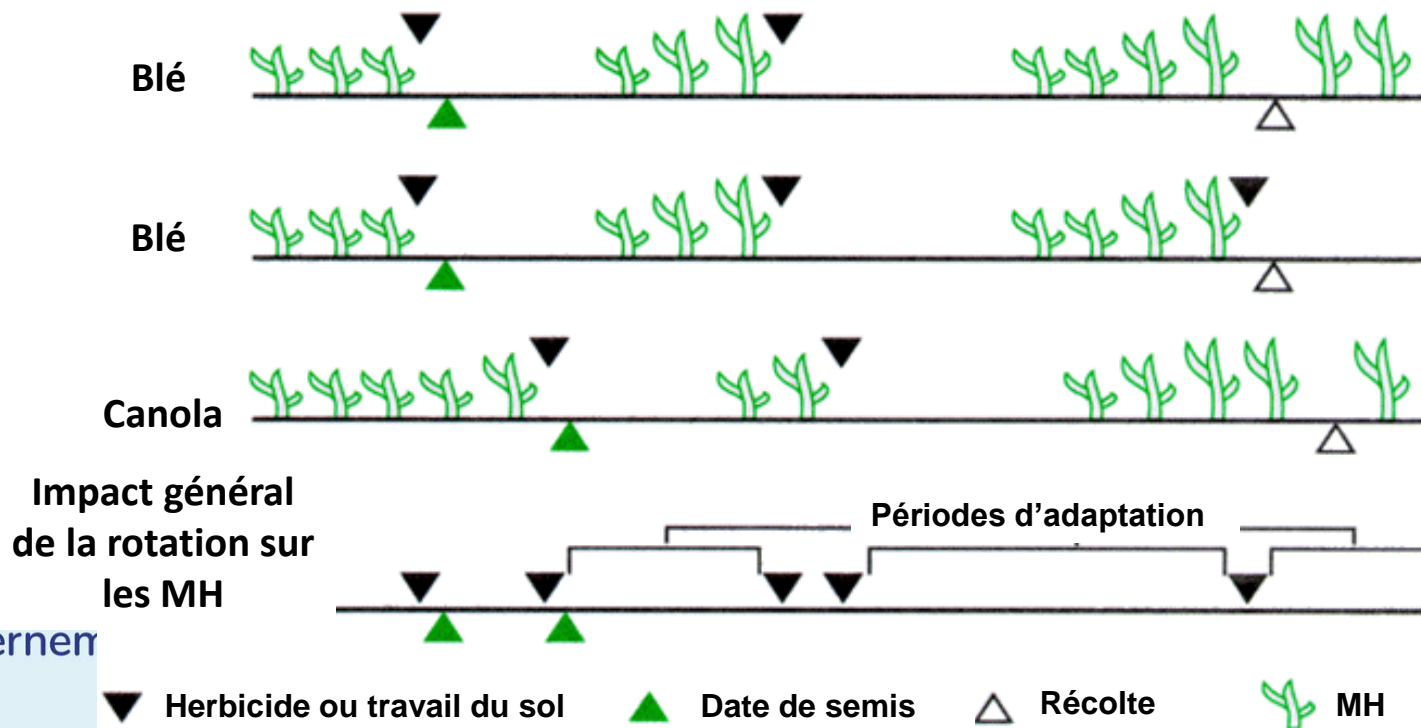
Diversifier les rotations et les dates de semis

- 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

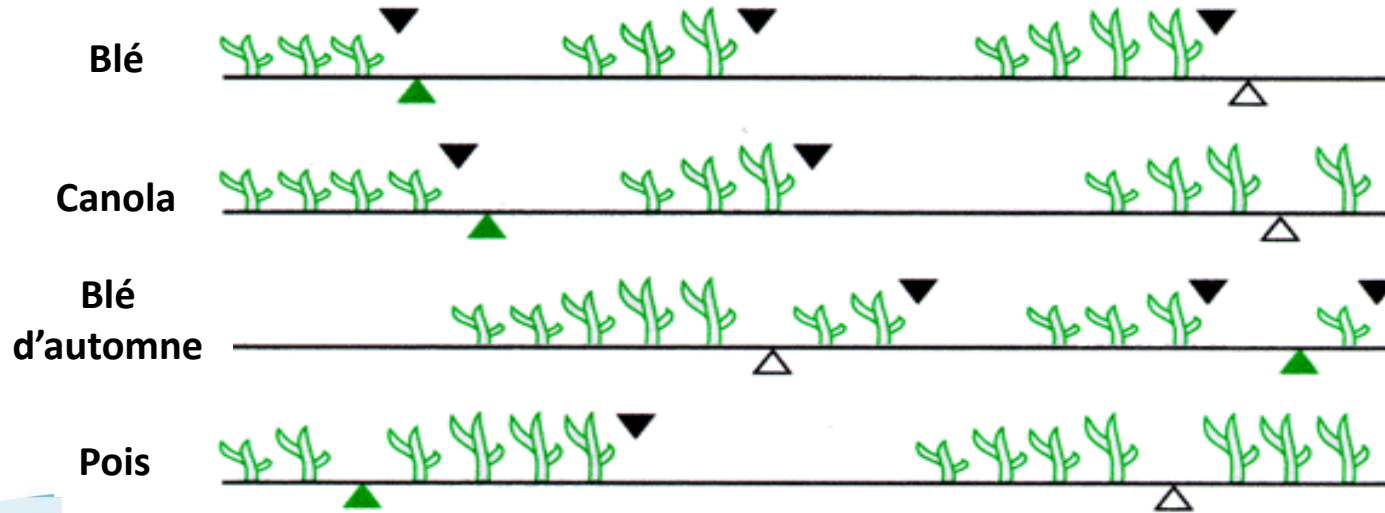
Rotation non diversifiée



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
 - Permet d'attaquer les mauvaises herbes sur plusieurs fronts
 - Permet de diminuer la pression de sélection et le développement de résistance aux herbicides
 - Permet de conserver l'efficacité des outils herbicides

**Merci de votre
attention!**

