

Progression de la résistance des mauvaises herbes en Montérégie

Sandra Flores-Mejia, Ph.D.; CÉROM

Avec la collaboration de :
Annie Marcoux, agr.; LEPD-MAPAQ



CÉROM
Centre de recherche sur les grains

Plan de la présentation

1. La résistance aux herbicides
2. La détection de la résistance aux herbicides au Québec
3. Le cas de la Montérégie (2011 - 2021)
4. Ressources disponibles
5. Conclusion



La résistance aux herbicides



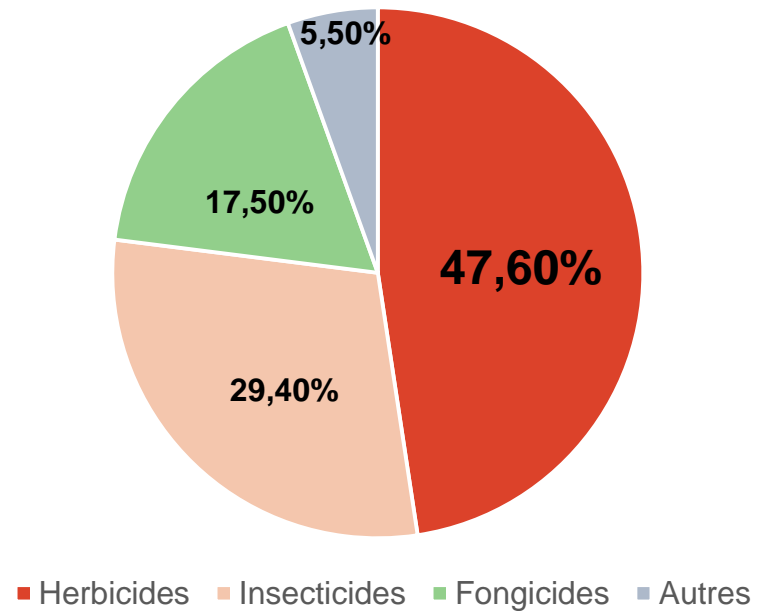
CÉROM

Centre de recherche sur les grains

Les herbicides

Sont destinés à supprimer plus de 90 % des mauvaises herbes sensibles aux herbicides

Proportion de ventes mondiales de produits phytosanitaires par catégorie



Mode d'action

Mode d'action
Inhibiteurs de la synthèse des lipides
Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés
Régulateurs de croissance
Inhibiteurs de la photosynthèse
Inhibiteurs du métabolisme de l'azote
Inhibiteurs des pigments
Perturbateurs de membranes cellulaires
Inhibiteurs de la croissance racinaire
Inhibiteurs de la croissance des plantules

Réaction biochimique par laquelle un herbicide agit sur une plante afin d'inhiber un ou des mécanismes nécessaires à la croissance saine de la plante. → L'effet sur la plante

Site d'action

Le processus (spécifique) qui est affecté dans la plante.

Site d'action
Inhibiteurs de l'ACCCase
Inhibiteurs de l'ALS
Inhibiteurs de l'ESPS synthase
Auxines de synthèse, site(s) d'action précis non élucidés
Inhibition du transport des auxines
Inhibiteurs du photosystème II
Inhibiteurs du photosystème II
Inhibiteurs du photosystème II
Inhibiteurs de l'assimilation de l'ammoniaque
Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes
Inhibiteurs du HPPD
Inhibiteurs du PPO
Photosystème I - diffraction des électrons
Inhibiteurs de l'assemblage des microtubules
Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu
Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu

Groupes d'herbicides et modes d'action

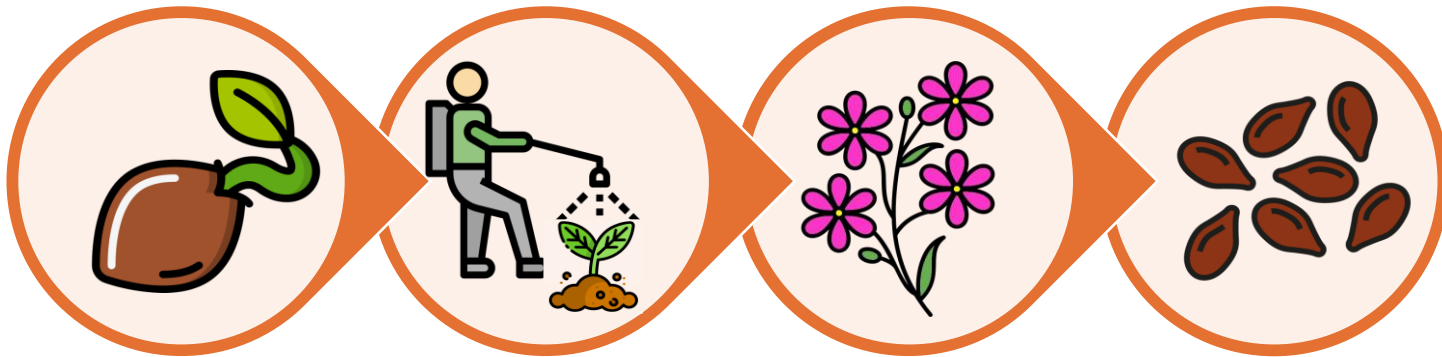
Mode d'action	Groupe d'herbicide	Site d'action
Inhibiteurs de la synthèse des lipides	1	Inhibiteurs de l'ACCCase
Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés	2	Inhibiteurs de l'ALS
	9	Inhibiteurs de l'ESPS synthase
Régulateurs de croissance	4	Auxines de synthèse, site(s) d'action précis non élucidé
	19	Inhibition du transport des auxines
Inhibiteurs de la photosynthèse	5	Inhibiteurs du photosystème II
	6	Inhibiteurs du photosystème II
	7	Inhibiteurs du photosystème II
Inhibiteurs du métabolisme de l'azote	10	Inhibiteurs de l'assimilation de l'ammoniaque
Inhibiteurs des pigments	13	Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes
	27	Inhibiteurs du HPPD
Perturbateurs de membranes cellulaires	14	Inhibiteurs du PPO
	22	Photosystème I - diffraction des électrons
Inhibiteurs de la croissance racinaire	3	Inhibiteurs de l'assemblage des microtubules
Inhibiteurs de la croissance des plantules	8	Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu
	15	Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu

200 matières actives, réparties en 29 groupes d'herbicides en fonction du mode et le site d'action.

- Les différentes matières actives appartenant au même groupe d'herbicide ont le même site d'action. Exemples:
 - **Groupe 2** : chlorimuron-éthyle, imazétaphyr, etc.
 - **Groupe 5** : atrazine et métribuzine

Résistance aux herbicides

Une mauvaise herbe résistante aux herbicides (MHRH) se définit comme ayant la **capacité à évoluer, à survivre et à se reproduire** après un traitement herbicide normalement létal pour le type sauvage.



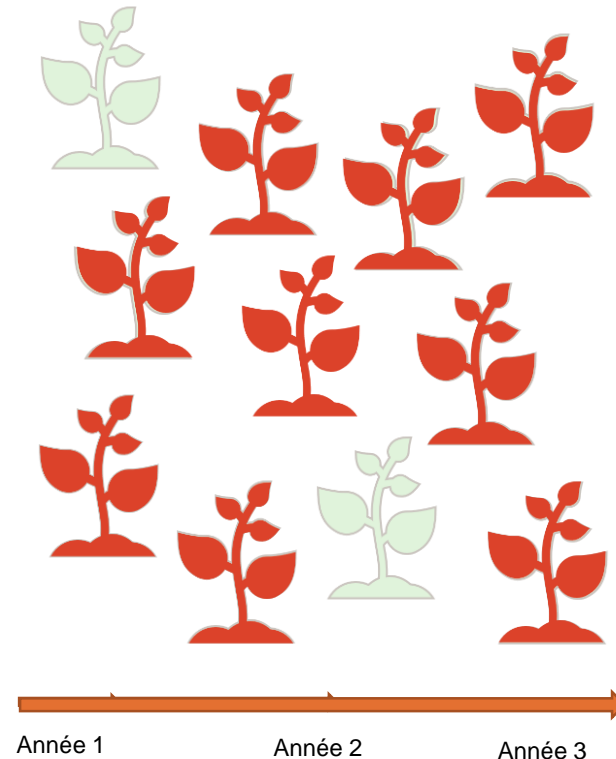
La résistance peut être naturelle ou induite par des techniques génétiques
(Roundup Ready, Liberty Link, Enlist)

Pression de sélection

A été identifiée comme le concept-clé derrière l'apparition de la résistance

La pression de sélection est surtout causée par l'utilisation répétée d'un herbicide ou d'herbicides du même groupe (site d'action)

Mode d'action	Groupe d'herbicide	Site d'action
Inhibiteurs de la synthèse des lipides	1	Inhibiteurs de l'ACCCase
Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés	2	Inhibiteurs de l'ALS
	9	Inhibiteurs de l'ESPS synthase
Régulateurs de croissance	4	Auxines de synthèse, site(s) d'action précis non élucidés
	19	Inhibition du transport des auxines
Inhibiteurs de la photosynthèse	5	Inhibiteurs du photosystème II
	6	Inhibiteurs du photosystème II
	7	Inhibiteurs du photosystème II
Inhibiteurs du métabolisme de l'azote	10	Inhibiteurs de l'assimilation de l'ammoniaque
Inhibiteurs des pigments	13	Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes
	27	Inhibiteurs du HPPD
Perturbateurs de membranes cellulaires	14	Inhibiteurs du PPO
	22	Photosystème I - diffraction des électrons
Inhibiteurs de la croissance racinaire	3	Inhibiteurs de l'assemblage des microtubules
Inhibiteurs de la croissance des plantules	8	Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu
	15	Conjugaison de l'acétyl co-enzyme A, site précis non connu

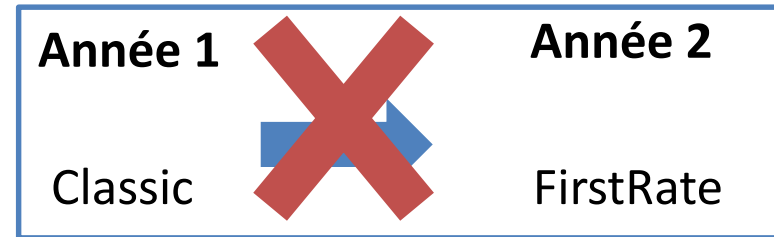


Prévention de la résistance

Rotation des groupes des herbicides



1. Pas de rotation de la culture (soya)
2. Les deux appartiennent au groupe 2,
3. Les deux ont la même matière active : chlorimuron-éthyl



1. Pas de rotation de la culture (soya)
2. Deux matières différentes (chlorimuron-éthyl & cloransulam-méthyl) mais les deux appartiennent au groupe 2 (résistance croisée)

La résistance dans le monde



- Reportée pour 23 modes d'action
- 225 espèces de mh
- 70 pays du monde

Le coût de la résistance

- ❖ La présence des MH non-contrôlées (échappées/résistantes) peut causer:
 - Perte de rendement
 - Affecter la qualité de la récolte (ex. Morelle noire de l'Est)
 - Problèmes lors de la récolte, ex. difficulté à battre des champs hautement infestés.

- ❖ La gestion de MHRH implique aussi:
 - L'adoption de méthodes alternatives de contrôle : nouvelle stratégie de désherbage chimique (PRE + POST), mélange des herbicides, arrachage manuel, etc.

- ❖ Il a été estimé qu'en Saskatchewan, la présence de MHRH coûte aux producteurs, environ **430 \$ millions par année !**

Deux types de résistance

1. Pénétration



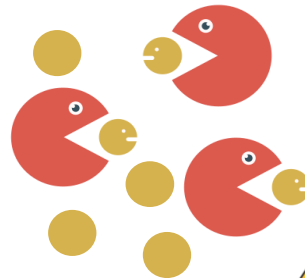
Pénétration réduite

2. Translocation à l'emplacement de la protéine ciblée



Translocation et compartimentation altérées

3. Accumulation à l'emplacement de la protéine ciblée



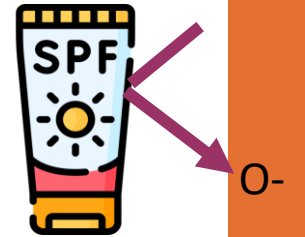
Métabolisme des herbicides amélioré

4. Liaison à la protéine ciblée



Mutation du site d'action

5. Dégâts et mort des cellules et de la plante.



Compensation ou protection (ex. peroxydase)

■ Résistance liée au site d'action

■ Résistance non-liée au site d'action

⚠ La plus menaçante, car elle implique plusieurs voies métaboliques et systèmes de la plante



Surproduction de la cible



La détection de la résistance au Québec



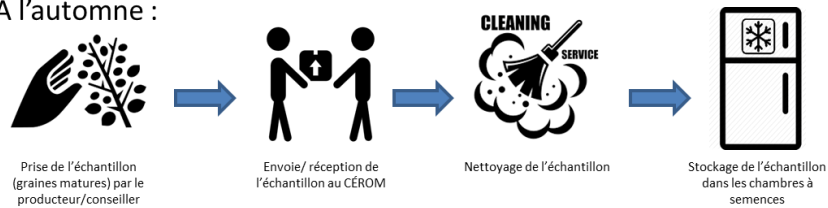
CÉROM
Centre de recherche sur les grains

Les tests de résistance disponibles

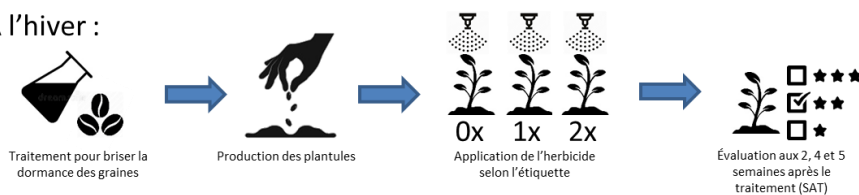
Test classique

- Toutes les espèces et herbicides
- Nécessite des graines matures
- Prend quelques mois pour avoir une réponse
- Réalisé au CÉROM (depuis 2014)

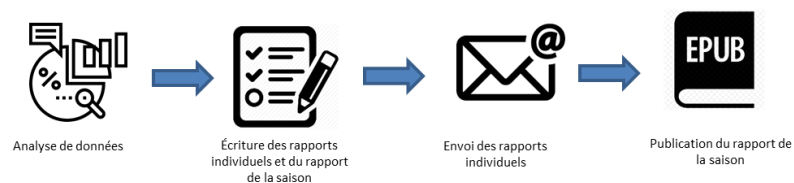
À l'automne :



À l'hiver :

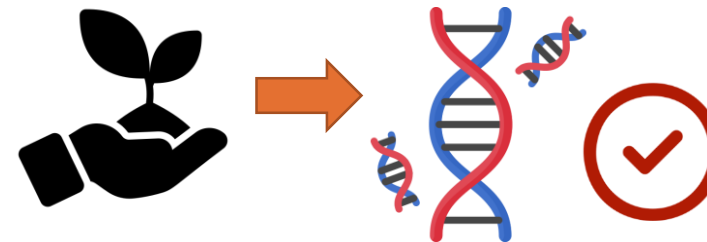


Au printemps :



Test moléculaire

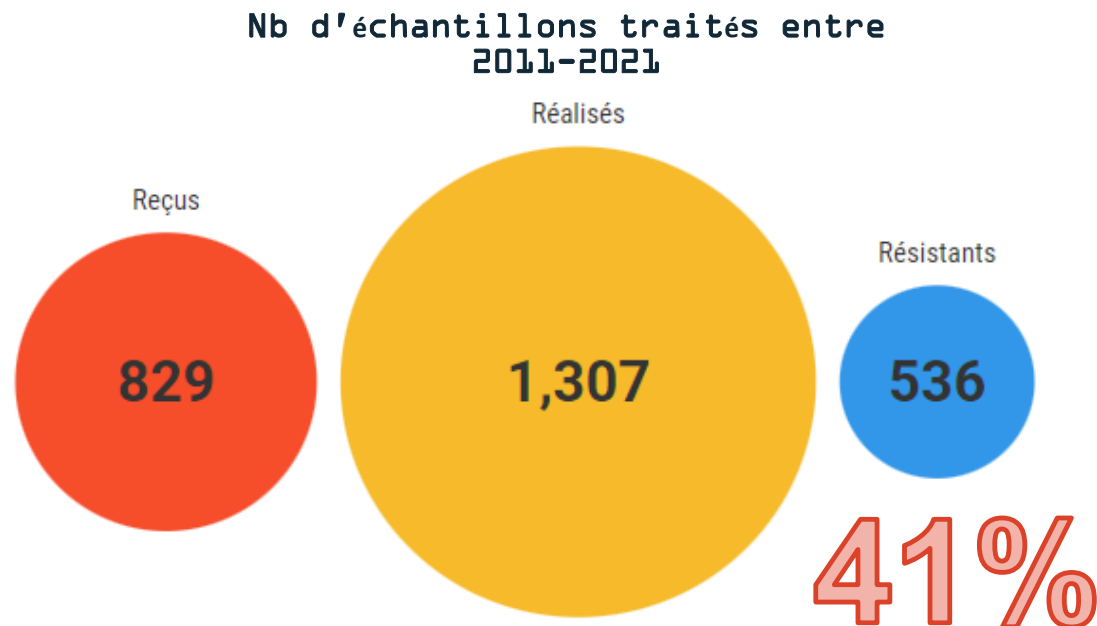
- Seulement disponible pour certaines mh et certains herbicides
- Réponse rapide
- Test négatif : confirmation par test classique
- Réalisé par le LEDP – MAPAQ
 - technologie sous licence d'AAC



Québec, chef de file en matière de détection de la résistance aux herbicides

❖ Le « *Service de détection de la résistance aux herbicides* » est offert depuis 2011 aux producteurs du Québec, via différents partenaires :

- 2011 : Dr François Tardif (Université de Guelph)
- 2012 et 2013 : LEDP-MAPAQ et AAC
- 2014-2022 : CÉROM et LEDP-MAPAQ



Tests moléculaires offerts par le LEDP (2022)¹

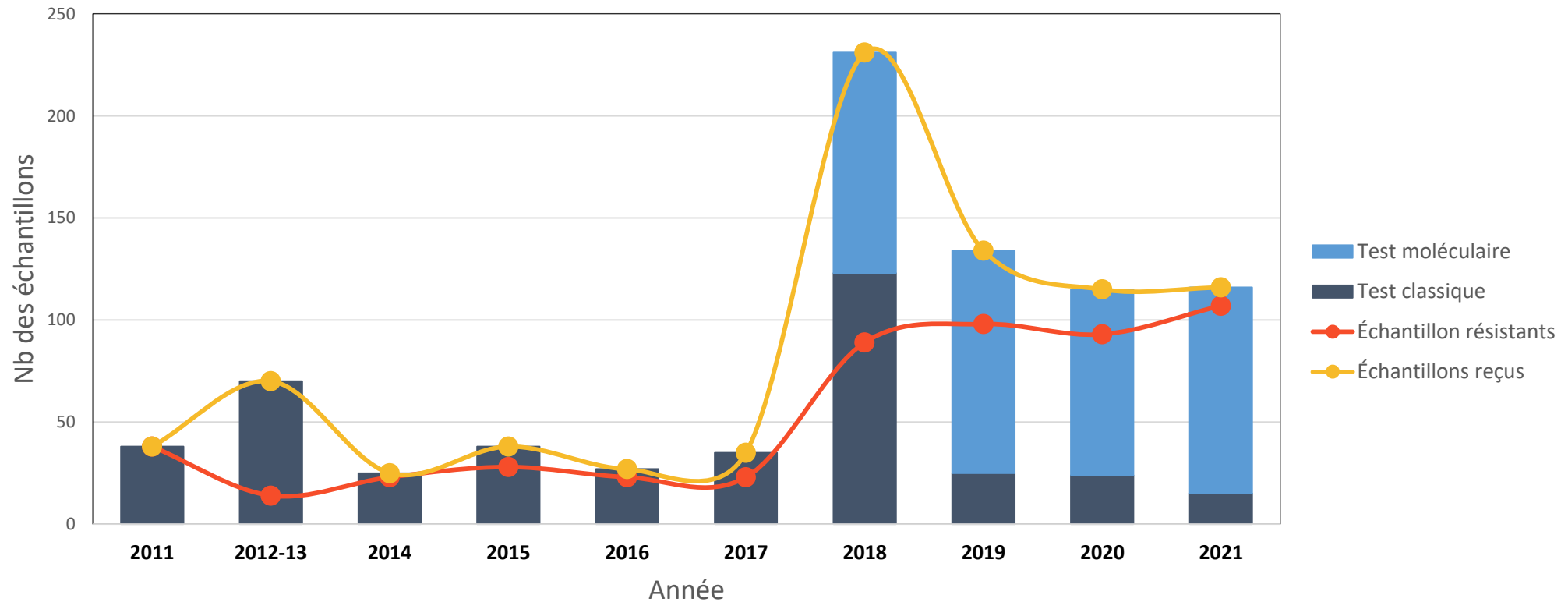
Espèce	Groupe d'herbicide
amarante tuberculée	2, 5*, 9 et 14
amarante à racine rouge	2, 5 et 14
amarante de Palmer	2, 5 et 9 ² et 14
amarante de Powell	2, 5 et 14
canola	9
chénopode blanc	2 ² et 5
digitaire sanguine	1
kochia à balais	2 ² , 5 ² et 9 ²
lampourde glouteron	2 ²
morelle noire de l'Est	2
moutarde des oiseaux	9
petite herbe à poux	2, 5 et 14
sétaire géante	2
stellaire moyenne	2
vergerette du Canada	2 ² , 5 ² et 9

1. Tests moléculaires sous licence d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, sauf ceux indiqués avec ².

*Un autre type de mutation peut être aussi présente pour laquelle le test classique est nécessaire.

La détection de la résistance au Québec

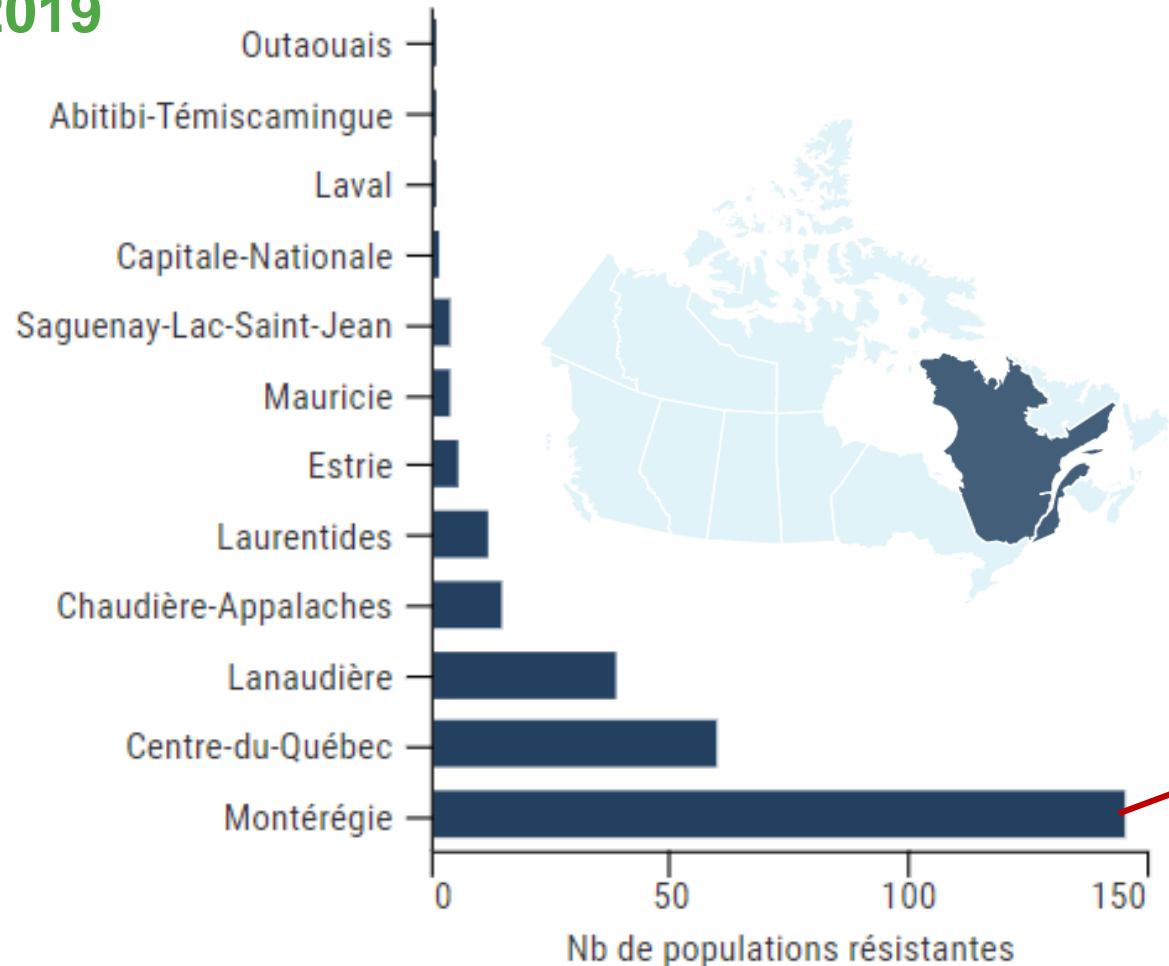
2011-2021



Attention : les échantillons sont soumis sous une base volontaire, et donc la résistance est **probablement sous-estimée**. Ex. petite herbe à poux.

La résistance par région administrative

2011-2019



50 % des populations de MH déclarées résistantes entre 2011 et 2019 étaient de la Montérégie



Le cas de la Montérégie

(2011 - 2021)

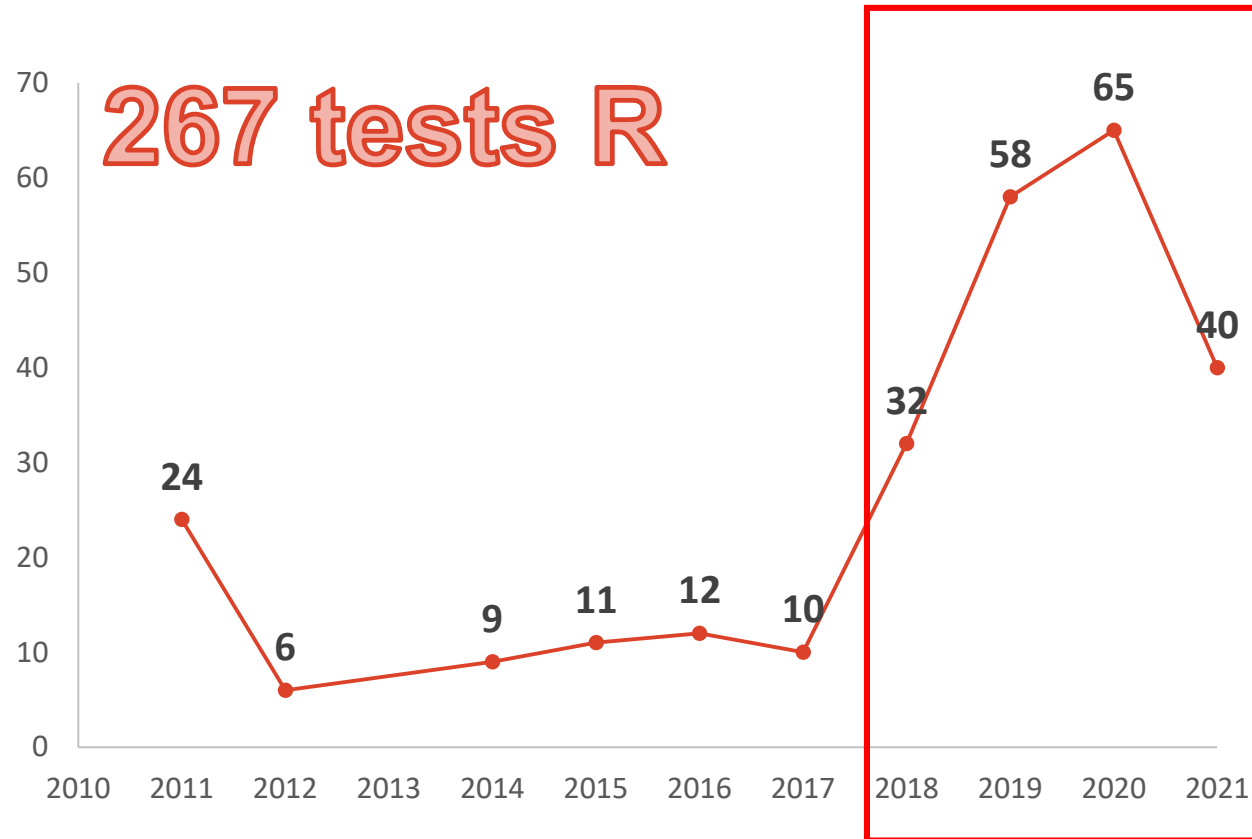


CÉROM

Centre de recherche sur les grains

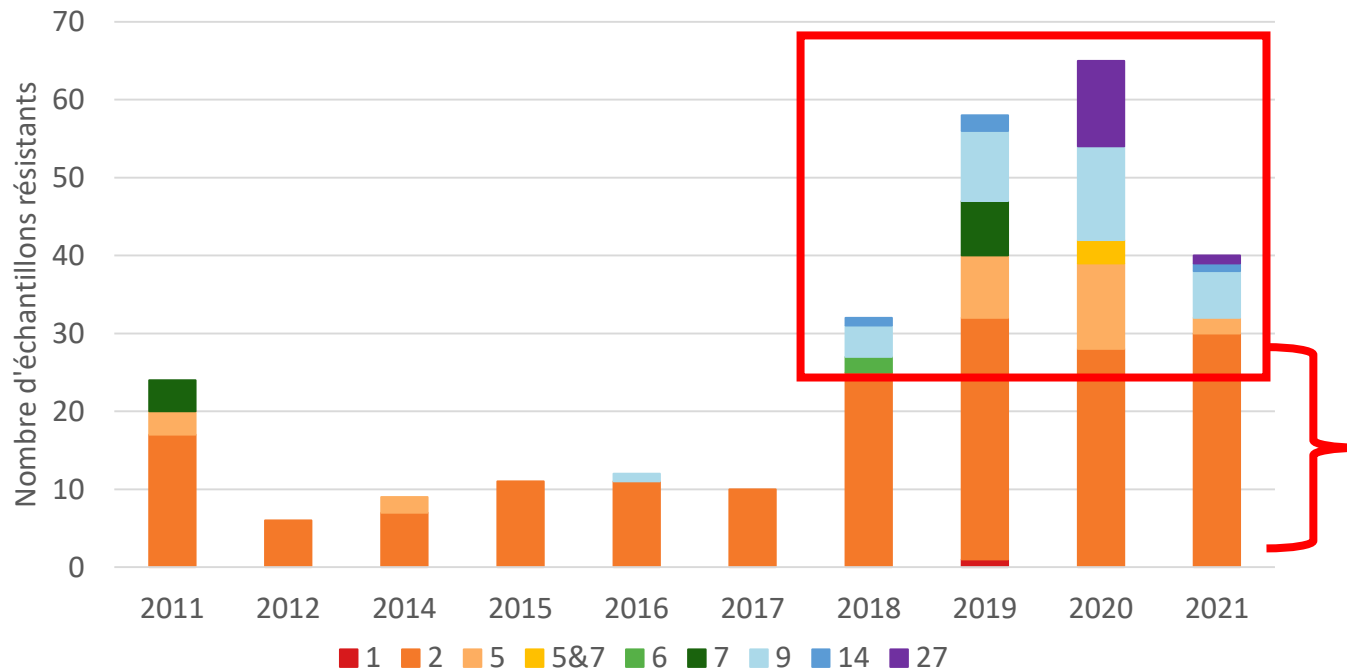
La résistance aux herbicides en la Montérégie

Échantillons résistants (2011-2021)



L'évolution de la résistance en Montérégie

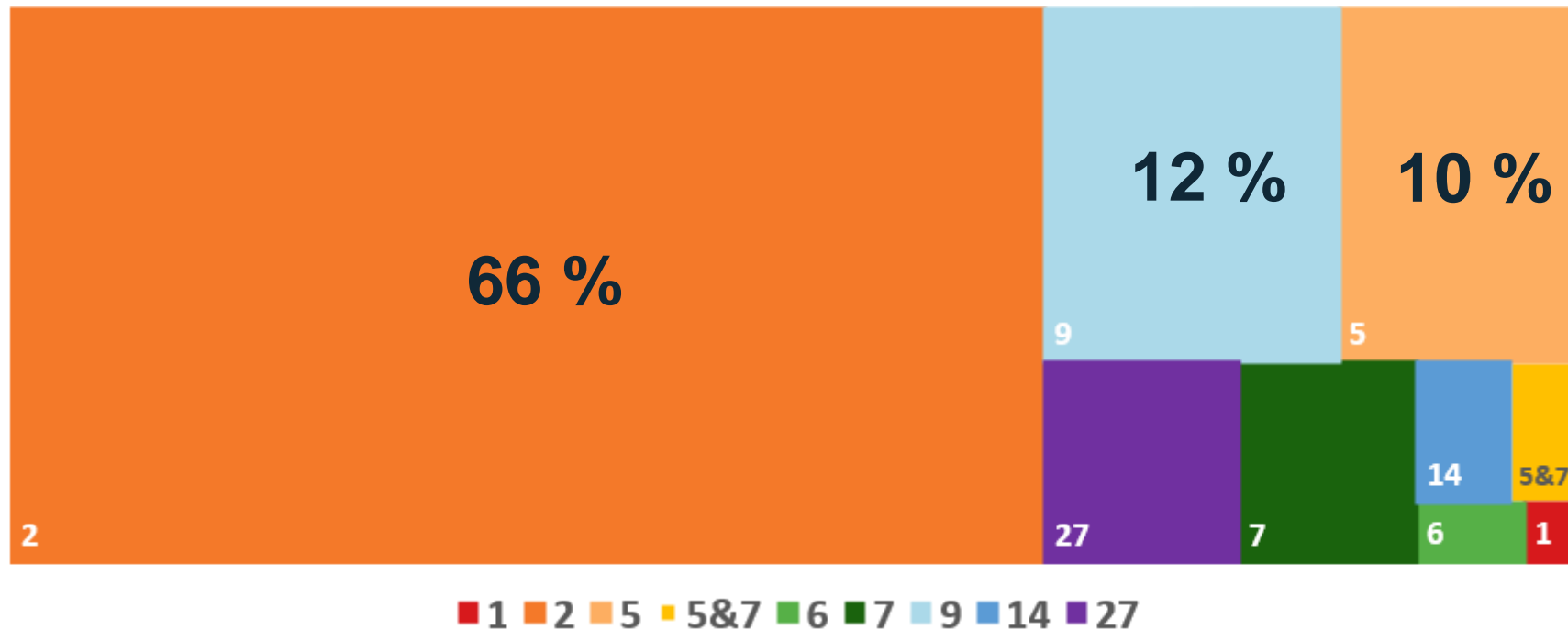
2011-2019



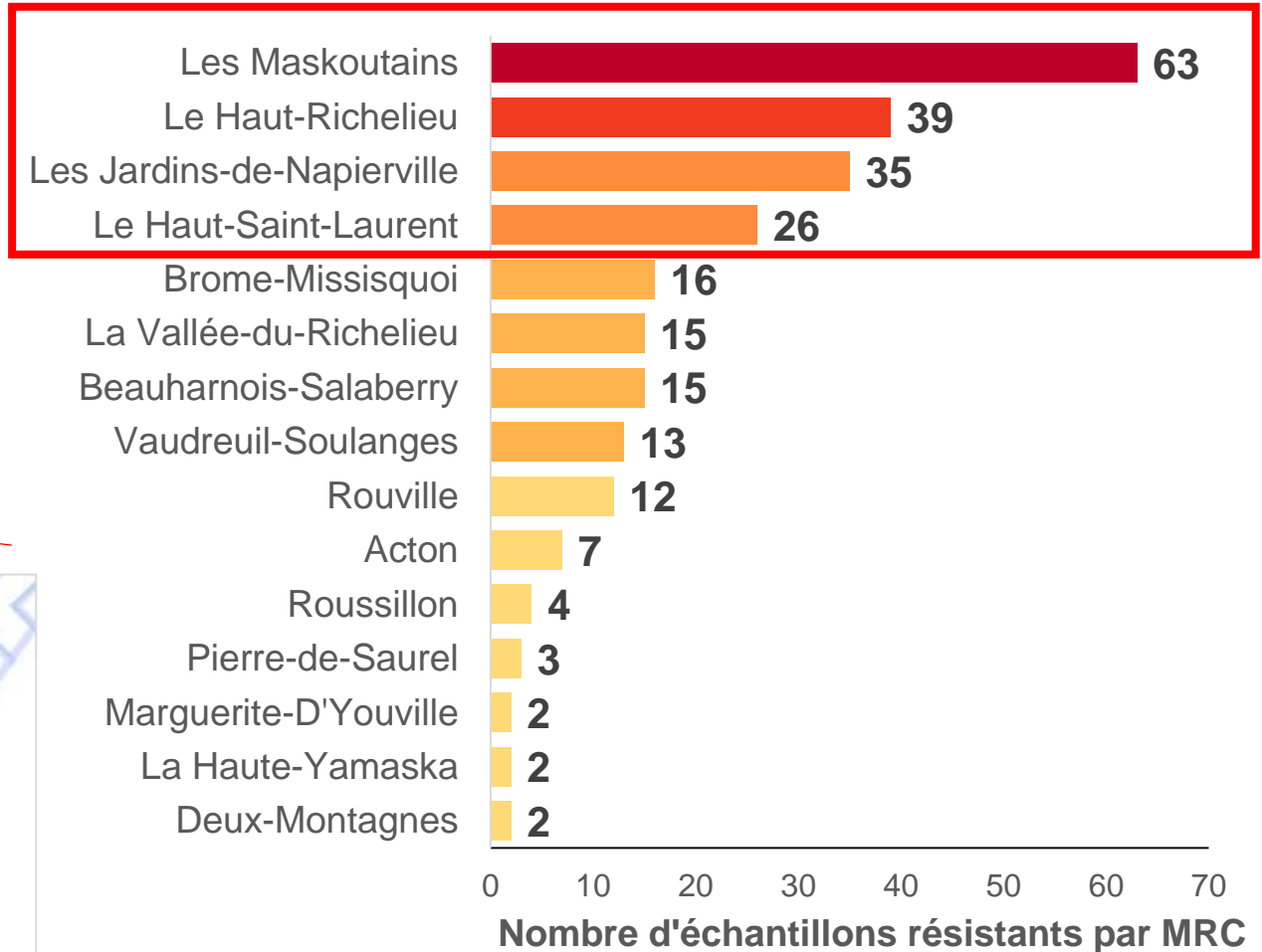
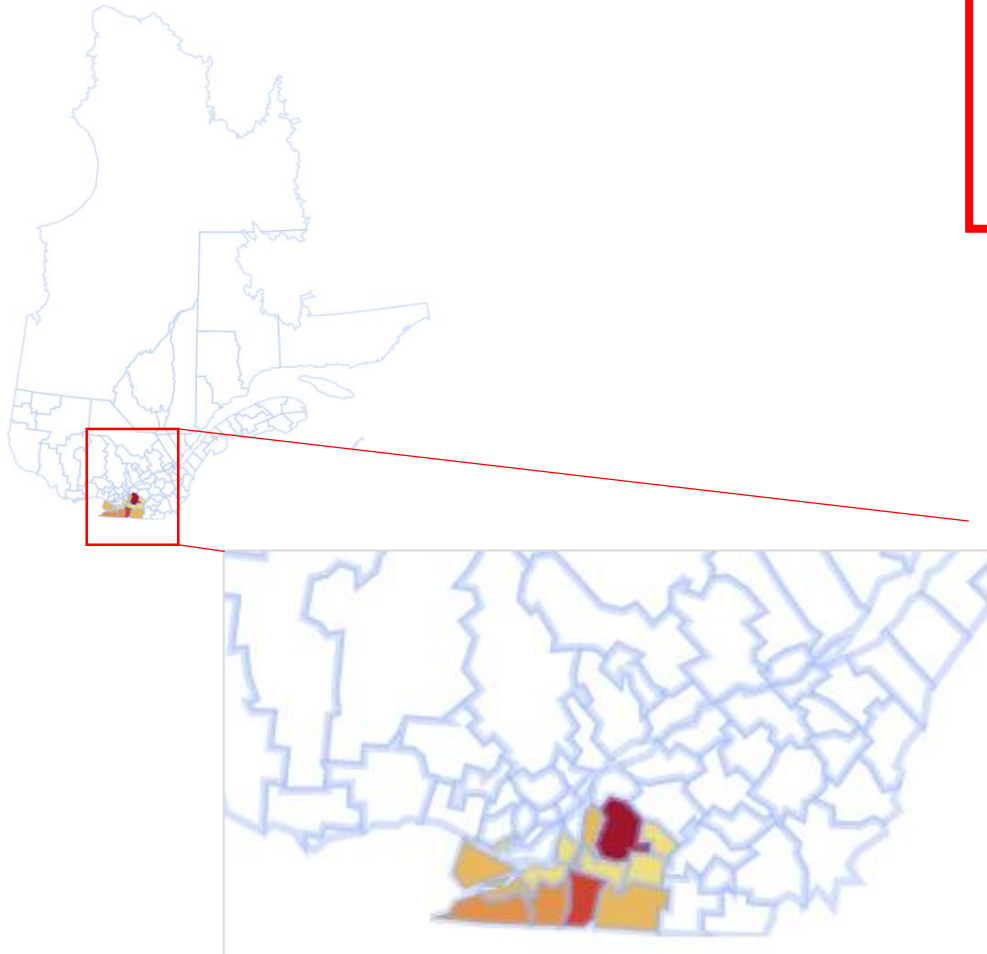
- ❖ La résistance au groupe 2 est la plus fréquemment repérée,
 - Petite herbe à poux dans le soya – (PURSUIT®, CLASSIC®)
- ❖ La résistance aux groupes : 5, 7, 9, 14 et 27 est plus fréquemment repérée suite à l'arrivée de l'amarante tuberculée

La résistance par groupe d'herbicides

Pourcentage des échantillons résistants par groupe d'herbicide
(Montérégie, 2011-2021)



La résistance par MRC

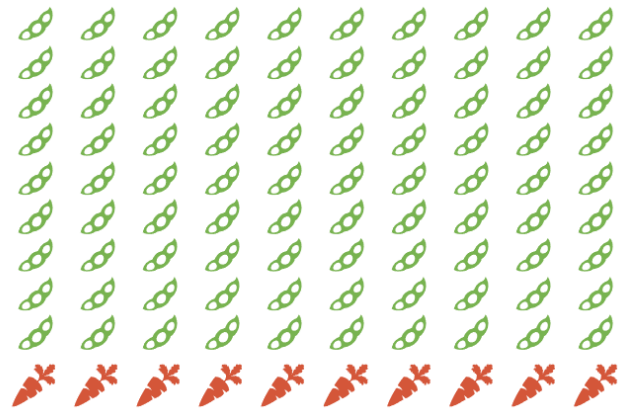


Nb de échantillons résistants

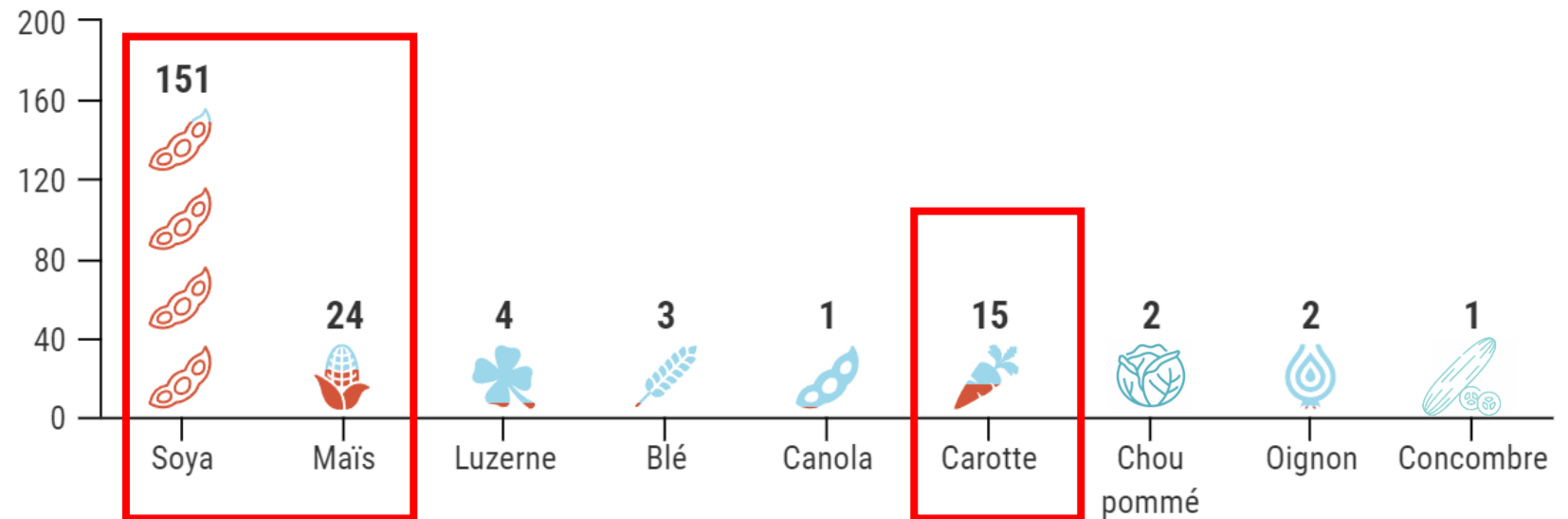
0 - 0 1 - 12 13 - 25 26 - 37 37 - 50 > 51

Échantillons résistants par type de culture

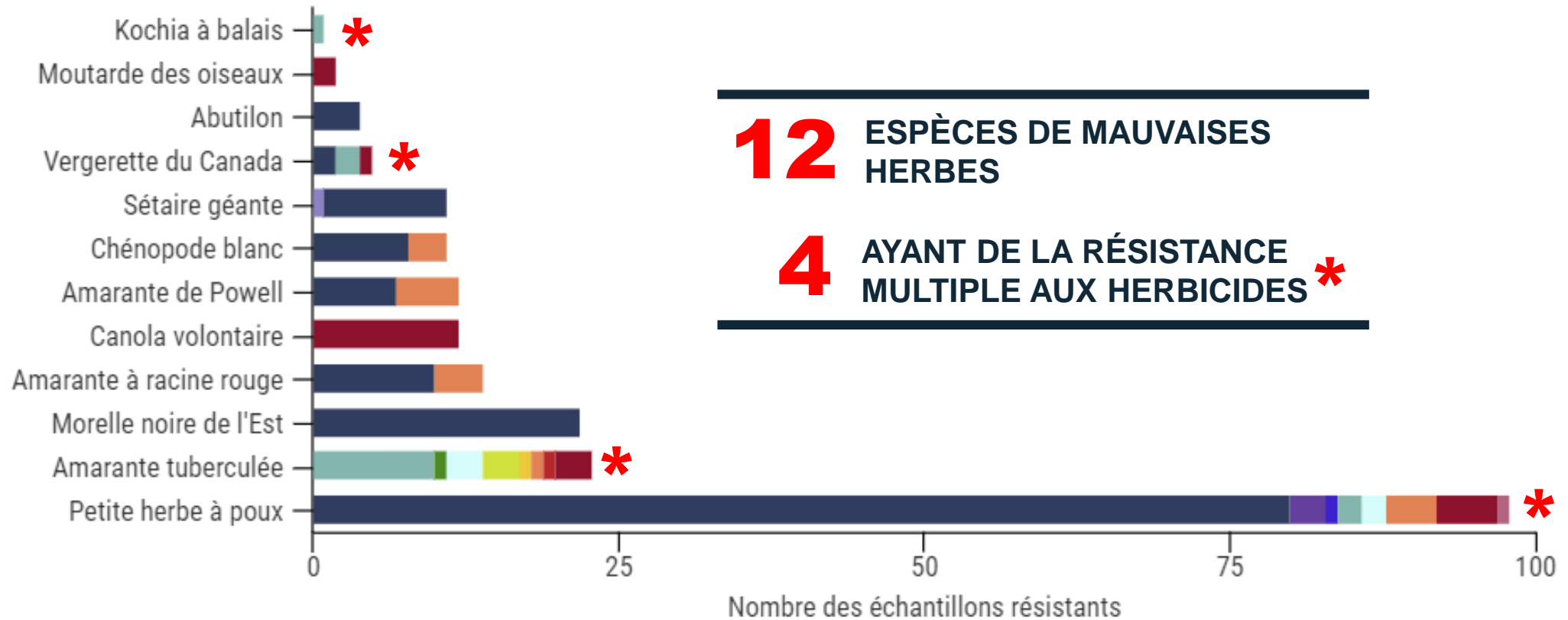
90 % GRANDES CULTURES
10 % HORTICOLE



Nombre d'échantillons résistants par culture

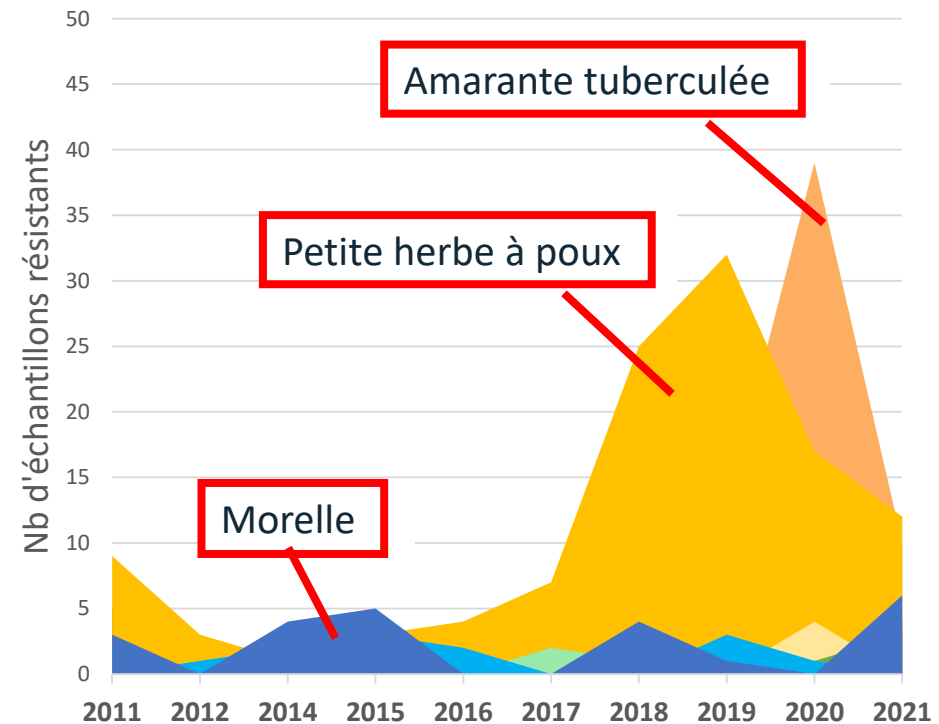
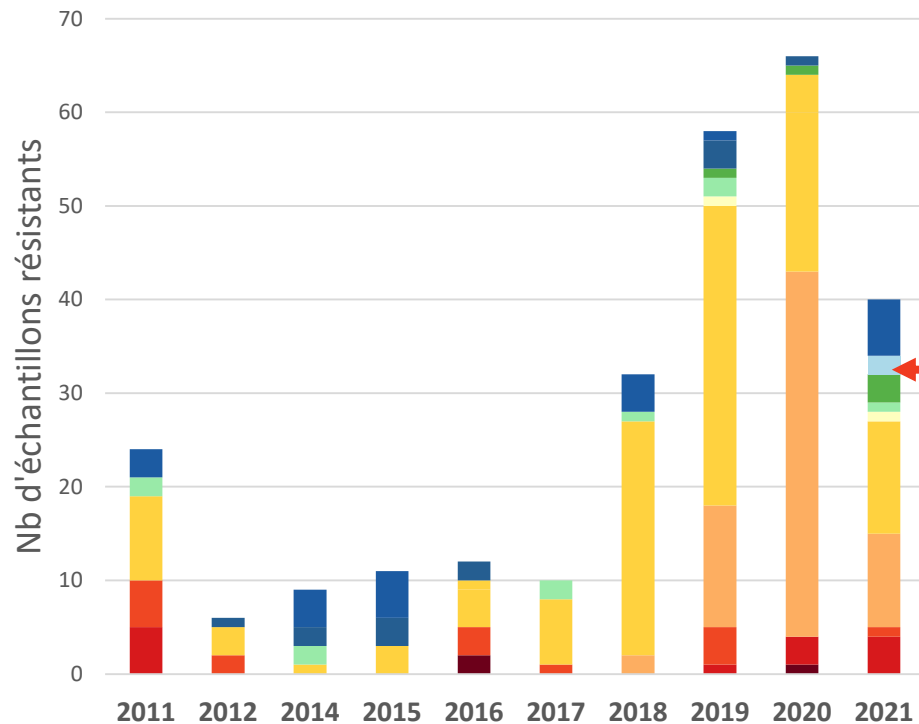


Les mauvaises herbes résistantes



Les MH-R en Montérégie à travers les années

2011-2021



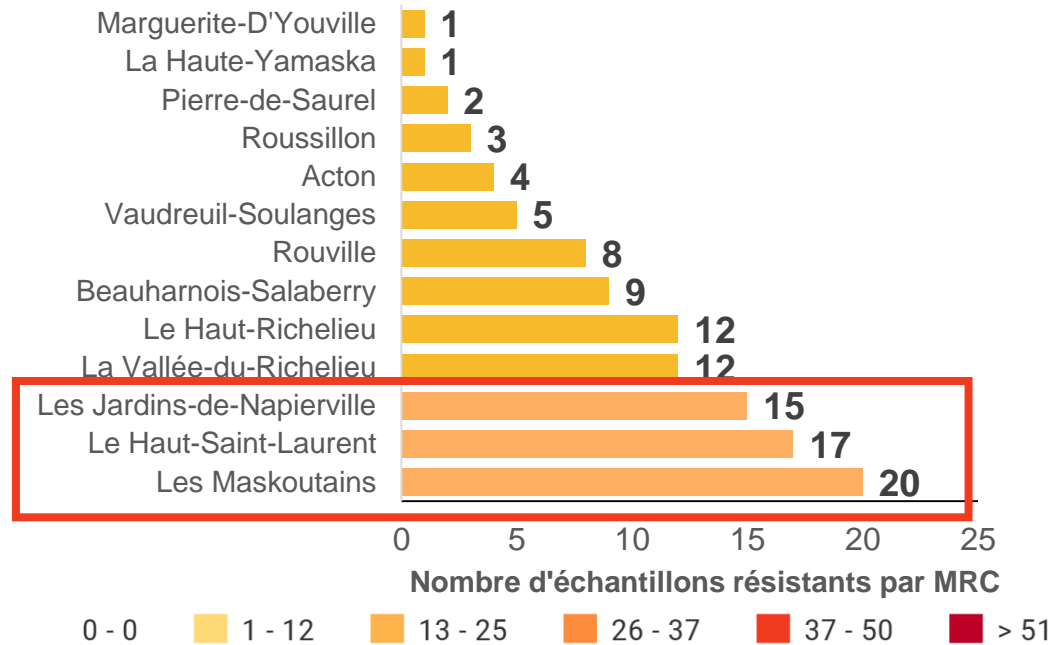
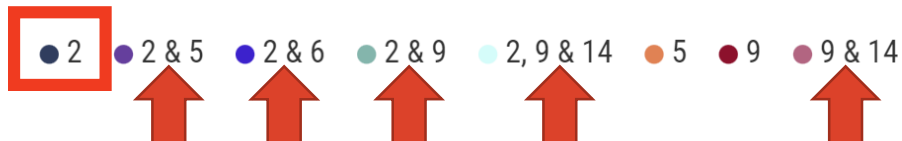
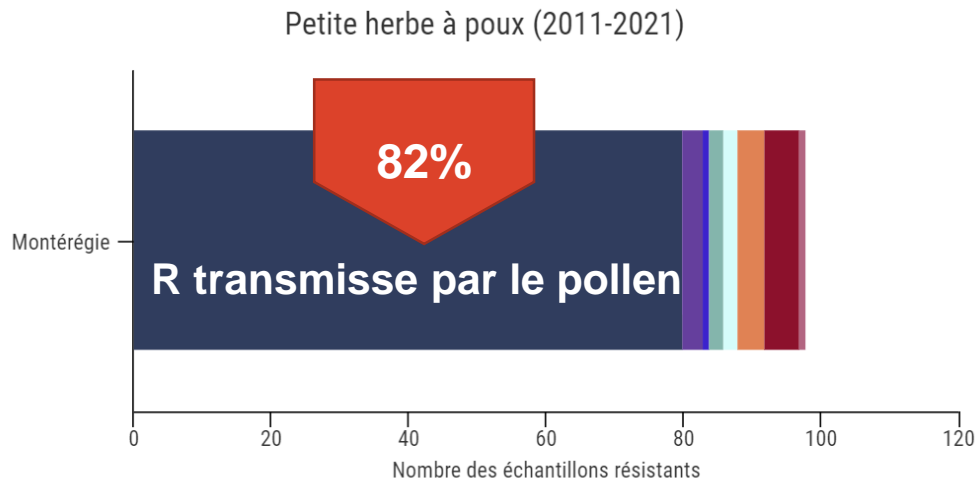
■ ABUTH ■ AMAPO ■ AMARE ■ AMATU ■ AMBEL ■ BRSL (CANOLA) ■ BRSRA ■ CHEAL ■ ERICA ■ KCHSC ■ SETFA ■ SOLPT

La petite herbe à poux

Résistance QC

2, 5, 9 et 14

Groupe	Exemples des herbicides dont la résistance a été détectée
2	FREESTYLE, CLASSIC (chlorimuron-éthyle), PURSUIT (imazéthapyr)
5	Atrazine
9	Glyphosate
14	REFLEX (fomesafène), ERAGON (saflufenacil), VALTERA (flumioxazin)



La petite herbe à poux résistante au groupe 2

Résultats d'un projet de recherche (2014-2017) en Montérégie

- ❖ Dépistage plus systématique réalisé dans le cadre d'un projet de recherche en Montérégie.
- ❖ Les populations ont été testées par la méthode classique à l'herbicide imazétaphyr (PURSUIT).



81%

des populations échantillonnées de
petite herbe à poux ont été
classées résistantes au groupe 2

La petite herbe à poux résistante au groupe 2

Prévention et gestion de la résistance

Rotation des herbicides

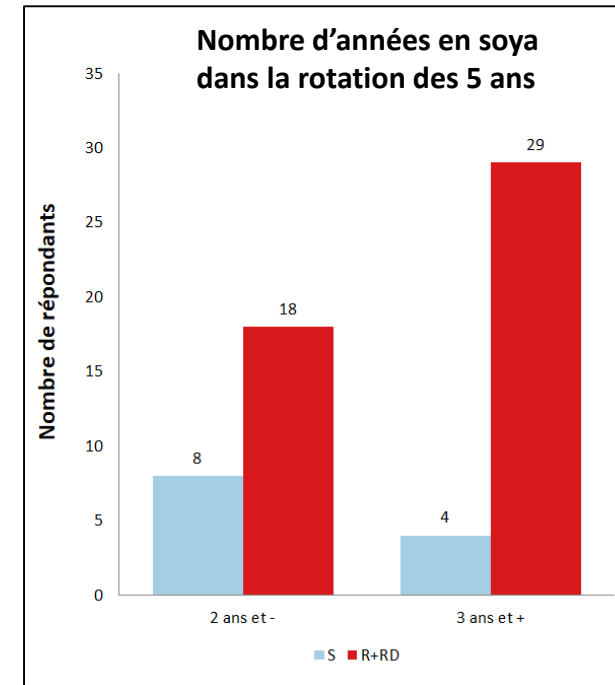
59

% des producteurs ont dit faire *toujours ou la plupart de temps* une rotation de groupes d'herbicides pour gérer la résistance

70

% des producteurs ont utilisé des herbicides du groupe 2 pendant 2 à 5 ans au cours des derniers 5 ans

Rotation de cultures



Nombre d'années en soya dans la rotation des 5 dernières années en Montérégie regroupés par le classement de la résistance des mauvaises herbes. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les deux groupes (2 ans et – vs 3 ans et +).

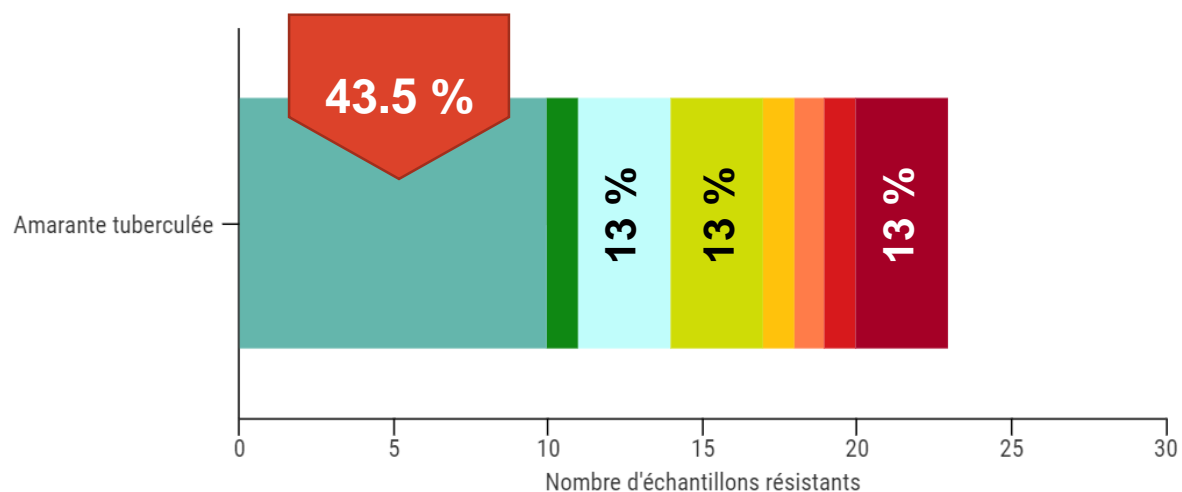
L'amarante tuberculée

Résistance QC	2, 5, 9,14 et 27
Résistance multiple	2&9; 2&14; 9&14; 2,5&14, 2,9&14, 2,5&27, 2,5,9&27,
Tests moléculaires*	ID à l'espèce, 2, 5**, 9 et 14.
Principale culture	Soya

*Tests moléculaires sous licence d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, sauf ceux indiqués avec 2.

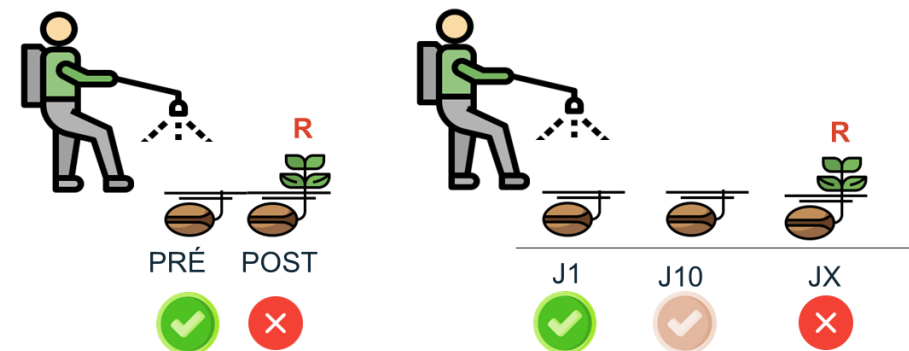
**Un autre type de mutation peut être aussi présente pour laquelle le test classique est nécessaire.

Groupe	Exemples d'herbicides dont la résistance a été détectée
2	FREESTYLE, CLASSIC (chlorimuron-éthyle), PURSUIT (imazéthapyr)
5	atrazine (généralement) et métribuzine (rare)
9	glyphosate
14	REFLEX (fomesafène), ERAGON (saflufenacil), VALTERA (flumioxazin)
27	CALLISTO (mésotrione), SHIELDEX (tolpyralate),

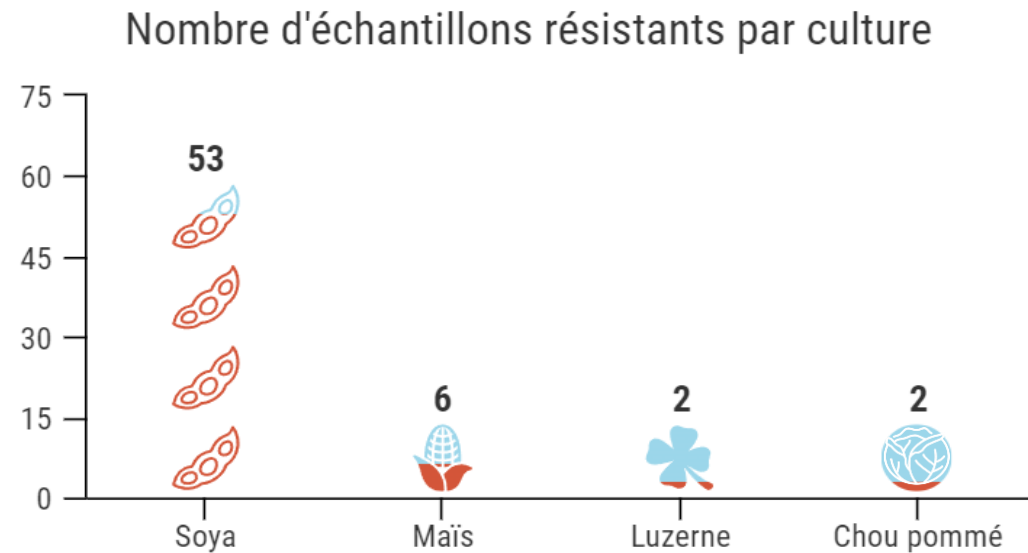
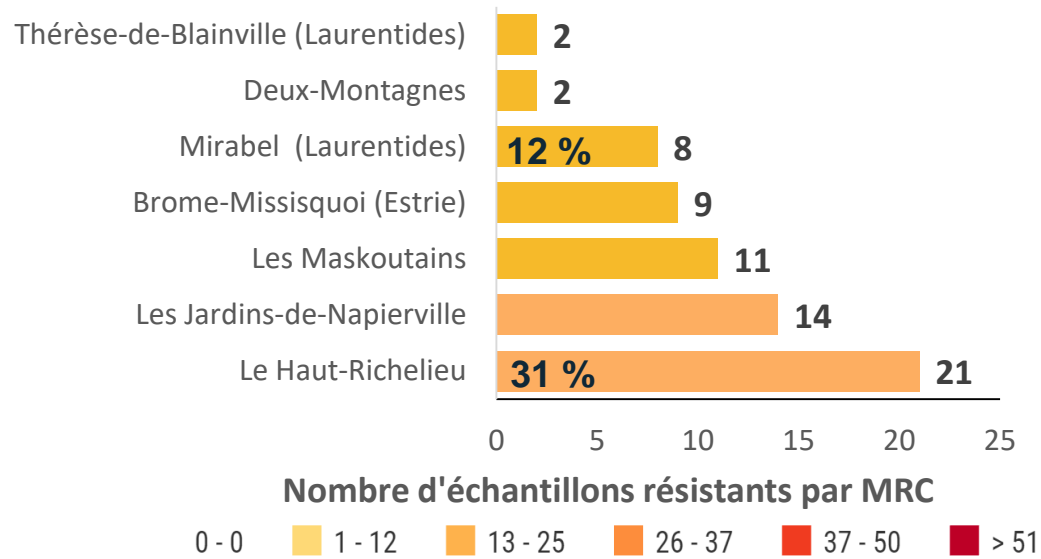


● 2 ● 2 & 9 ● 2, 5 & 9 ● 2, 9 & 14 ● 2, 5, 9 & 27 ● 2, 5, 9, 27, 5+27 ● 5 ● 5&27 ● 9

La résistance au groupe 14 : PRÉ vs POST



L'amarante tuberculée



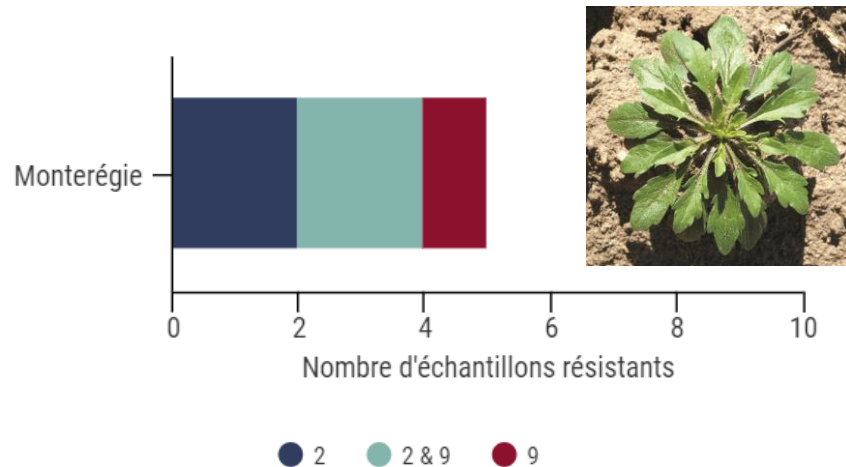
- Facilité à développer la résistance même après une seule application
- Hybridation possible avec d'autres amarantes.
- Le nettoyage de la machinerie (batteuses) est très important pour éviter la propagation.
- L'aide financière est disponible pour lutter contre cette espèce :

amarantetuberculee.ca

À surveiller : nouvelles MH-RH en Montérégie

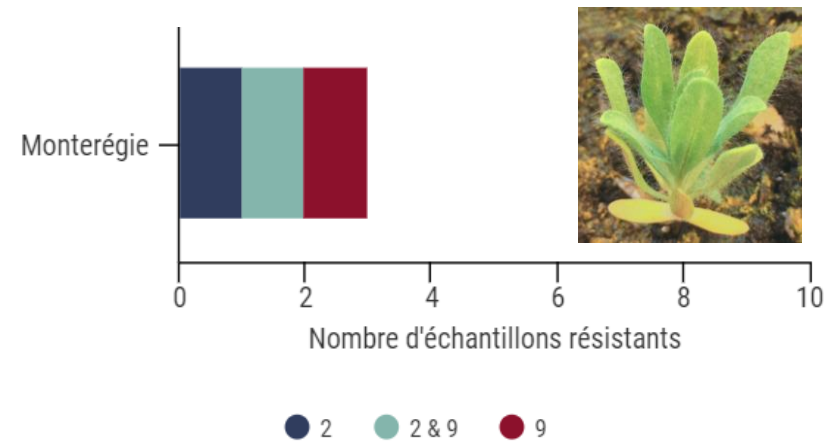
La vergerette du Canada

Résistance QC	2, et 9
Résistance multiple	2&9
Tests moléculaires*	2, 5 et 9
Principale culture	Soya
MRC	Le Haut-Saint-Laurent



Kochia à balais

Résistance QC	2 et 9
Résistance multiple	2&9
Tests moléculaires*	2, 5 et 9
Principale culture	Luzerne
MRC	Rouville



Lutte collaborative

Prévention et gestion de la résistance aux herbicides

- ❖ La lutte contre la résistance aux herbicides est influencée par une dimension spatiale :
 - La résistance peut être transmise par le pollen.
 - L'effet « du voisinage » et le partage des services à forfait.
 - La lutte collective à grande échelle est plus efficace
 - Modèle: arrêt du développement de la résistance au glyphosate chez AMATU **jusqu'à 20 ans**
- ❖ La participation de TOUS les intervenants du milieu est clé pour la réussite



Ressources disponibles

Détection et lutte contre la résistance aux herbicides

1. Votre conseiller
2. Les conseillers du MAPAQ
3. L'équipe de malherbologie du LEDP
4. L'équipe de malherbologie du CÉROM



[Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection](#)

Complexe scientifique

2700, rue Einstein, D.1.200h

Québec (Québec) G1P 3W8

Tél. : 418 643-5027, poste 2700

Télec. : 418 646-6806

[Courriel](#)

Ressources disponibles

Détection et lutte contre la résistance aux herbicides

- ❖ Trousse 'Résistance des mauvaises herbes' sur Agriréseau

<https://tinyurl.com/trousse-resistance>

- Tips pour identifier des potentielles MHRH
- Tests disponibles
- Protocoles pour prendre un échantillon et l'envoyer au LEDP
- Mise à jour à chaque année

Votre trousse « Résistance des mauvaises herbes » pour 2022

Publié le 13 juin 2019

 **Brigitte Duval**
MAPAQ Centre-du-Québec
Collaborateur(s) : Annie Marcoux, Stéphanie Mathieu, David Miville et Amélie Picard (MAPAQ) et Sandra Flores-Mejia (CÉROM)



Mise à jour le 9 mai 2022

Ressources disponibles

Détection et lutte contre la résistance aux herbicides

- ❖ RAP-grandes cultures et
- ❖ RAP-malherbologie
 - Détection de la résistance :
 - Bilan de la saison et
 - Portrait de la résistance au Québec
 - Fiches techniques
 - Avertissements en lien avec les mauvaises herbes et cas de résistance à surveiller
 - Abonnement gratuit sur AgriRéseau.net

Malherbologie, Avertissement No 11, 8 septembre 2021



Première mention au Canada de petite herbe à poux résistante aux herbicides du groupe 14.

PRÉSENCE CONFIRMÉE AU QUÉBEC DE PETITE HERBE À POUX RÉSISTANTE AUX HERBICIDES DU GROUPE 14

<https://tinyurl.com/RAP-malherbologie>

Conclusion

- ❖ La résistance aux herbicides est une problématique qui a des effets directs sur le rendement et la rentabilité de la production agricole.
- ❖ Entre 2011 et 2021, 267 échantillons ont été identifiés comme résistants aux herbicides en Montérégie.
 - 12 espèces de mauvaises herbes, notamment la petite herbe à poux et l'amarante tuberculée.
 - La résistance au groupe 2 est la plus courante.
- ❖ La prévention, le dépistage et l'adoption d'une stratégie de gestion selon l'espèce et le profil de résistance sont les clés pour lutter efficacement contre des MHRH.
 - *Stewardship*: Il faut faire attention pour ne pas perdre les herbicides pour lesquels il n'y a pas encore de résistance: rotation des herbicides, désherbage non-chimique, etc.
 - N'hésitez pas à contacter les différentes ressources disponibles si vous avez des questions !!

Remerciements

- **L'équipe du LEDP**
 - Annie Marcoux, Amélie Picard, David Miville et François Bélanger
- **L'équipe du CÉROM**
 - Firmo Sousa, Gabriel Verret, Sandrine Corriveau, Patrice Hamelin et Martin Tremblay
- **Les conseillers du MAPAQ**
 - Stéphanie Mathieu, Yvan Faucher, Brigitte Duval et Véronique Samson



Le Service de détection de la résistance aux herbicides est réalisé en collaboration entre le CÉROM et le LEDP-MAPAQ et il est financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Mise en garde: La mention des marques de commerce dans cette présentation sert exclusivement à fournir des exemples concrets de produits commerciaux. Des produits de valeur comparable peuvent exister. Le CÉROM n'approuve, ni ne parraine, ni ne recommande aucun produit utilisé dans ce projet de recherche. Les résultats présentés ici appartiennent au CÉROM, et ne peuvent pas être utilisés à des fins commerciales, sans autorisation préalable du CÉROM.

Veuillez-vous référer aux étiquettes des fabricants en ce qui concerne les doses, les modes d'application et les renseignements supplémentaires. En aucun cas, la présente information ne remplace les recommandations indiquées sur les étiquettes des pesticides. Le CÉROM décline toute responsabilité relative au non-respect de l'étiquette officielle.

Crédit des photos: S. Flores-Mejia.
Crédit des icônes et graphiques : Flaticon.com et Venngage.com

Merci Questions ?

Sandra Flores-Mejia, Ph.D.
Chercheure en malherbologie. CÉROM.
sandra.flores-mejia@cerom.qc.ca

