

# Maintenir de hauts rendements dans les grandes cultures au Québec tout en réduisant l'usage des herbicides à base de glyphosate

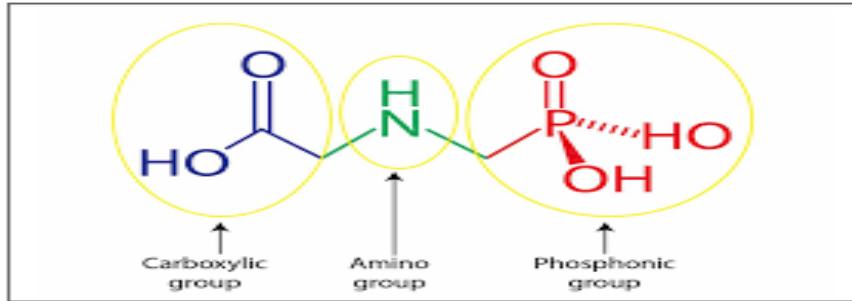
**Projet en partenariat stratégique MYFROG**  
(Maintaining high Yields in Field crops while Reconsidering the Option of using Glyphosate)

# Maintenir de hauts rendements dans les grandes cultures au Québec tout en réduisant l'usage des herbicides à base de glyphosate

Université du Québec à Montréal,  
IRDA, MAPAQ, CEROM, SCV Agrologie

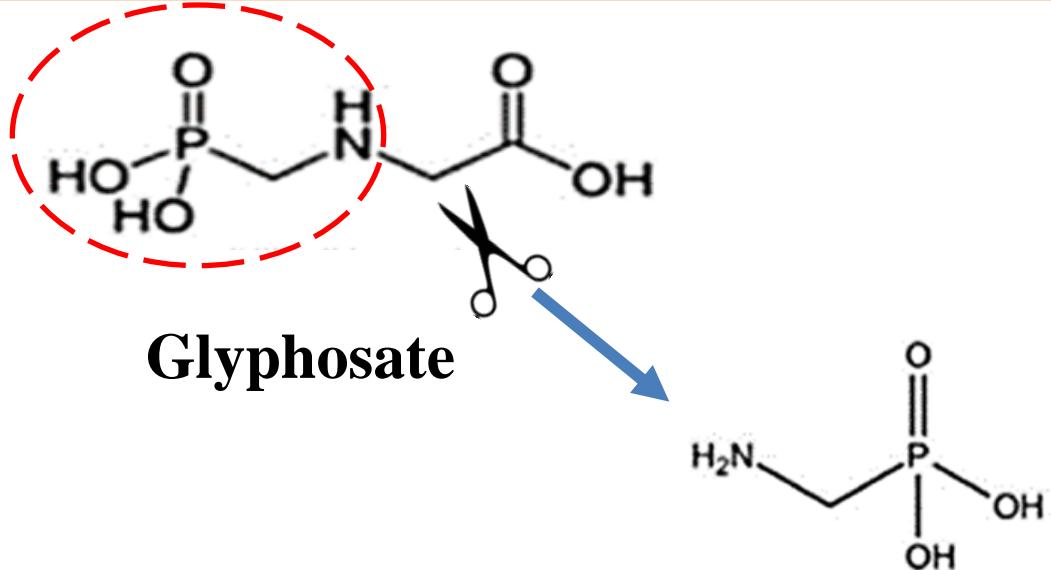
Financé par le CRSNG

# Le glyphosate: l'herbicide le plus utilisé au monde



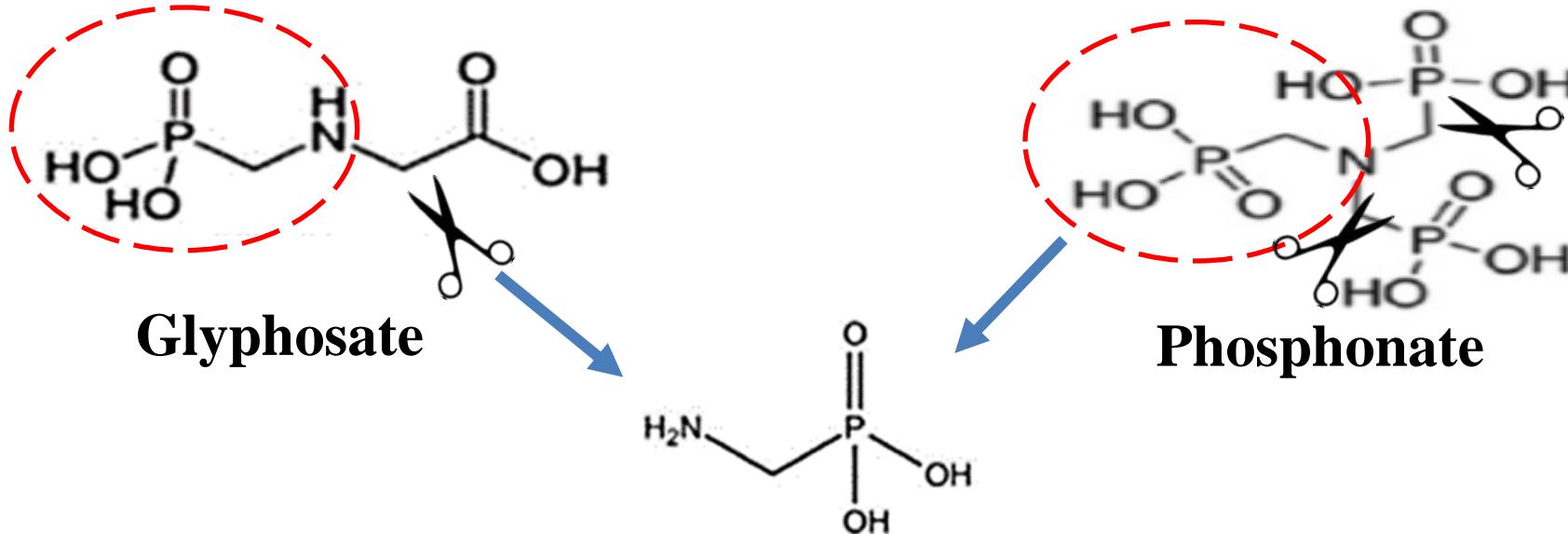
- Synthétisé en 1950 et commercialisé en 1974 sous le nom de Roundup®
- Herbicide total non sélectif et économique
- Variétés modifiées génétiquement tolérantes
- Permet les semis directs

Le glyphosate est biodégradé en **AMPA**  
(Acide aminométhylphosphonique)  
dans l'environnement



**AMPA, phytotoxine,  
même pour les OGM**

La molécule d'**AMPA** est aussi un métabolite des phosphonates contenus dans les savons et détergents sans phosphates



**AMPA, phytotoxine,  
même pour les OGM**

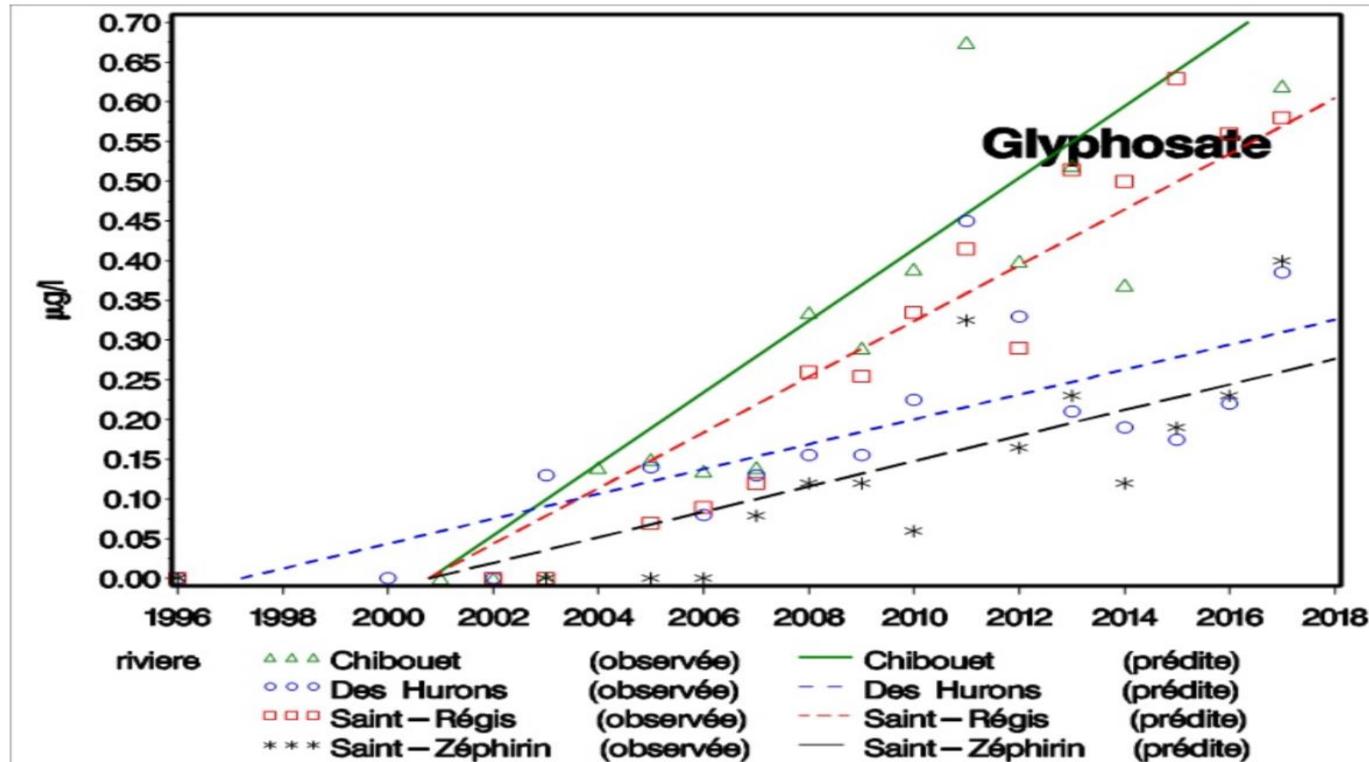
L'usage des herbicides à base de glyphosate a explosé récemment avec l'introduction des semences résistantes à ce composé:  
Augmentation de 20 fois en 20 ans (Benbrook, 2016)

	1994	1995	2000	2005	2010	2012	2014
Glyphosate use (1000 kg)	56,296	67,078	193,485	402,350	652,486	718,600	825,804
Agricultural	42,868	51,078	155,367	339,790	578,124	648,638	746,580
Non-agricultural	13,428	16,000	38,118	62,560	74,362	69,962	79,224

1 350 000 tonnes en 2017 dans le monde!

# Nouveau rapport MELCC 2015-2017 (Giroux 2019)

Les teneurs en glyphosate dans les cours d'eau situés dans des zones de maïs et de soja continuent d'augmenter.



# Mauvaises herbes résistantes au glyphosate

P. ex. aux USA, l'amarante de Palmer, depuis 2005

Au Canada: grande et petite herbe à poux, kochia à balais, amarante rugueuse et érigéron du Canada

Au Québec: moutarde des oiseaux



# Conséquences de l'accumulation de l'AMPA dans les fonctions des sols agricoles:

Affecte l'activité des **vers de terre**, et par conséquent provoque la **compaction** des sols  
(Dominguez et al. 2016)

**Toxicity of AMPA to the earthworm  
*Eisenia andrei* Bouché, 1972 in  
tropical artificial soil**

Anahí Domínguez<sup>1</sup>, George Gardner Brown<sup>2</sup>, Klaus Dieter Sautter<sup>3</sup>, Cintia Mara Ribas de Oliveira<sup>3</sup>, Eliane Carvalho de Vasconcelos<sup>3</sup>, Cintia Carla Niva<sup>4</sup>, Marie Luise Carolina Bartz<sup>3</sup> & José Camilo Bedano<sup>1</sup>

# Présence de résidus de glyphosate dans les aliments au Canada.

## Agence canadienne d'inspection des aliments 2015-2016

### (LMR: Limites maximales de résidus)

Programme	Type d'aliment	Nombre d'échantillons analysés	% d'échantillons ayant des résidus de glyphosate	% d'échantillons ayant des résidus de glyphosate excédant les LMR
Programme national de surveillance des résidus chimiques	Fruits et légumes frais	317	7,3 %	0 %
	Fruits et légumes transformés	165	12,1 %	0 %
Enquêtes ciblées	Produits céréaliers	869	36,6 %	3,9 %
	Jus et autres boissons	496	16,3 %	0,2 %
	Produits de haricots, de pois et de lentilles	869	47,4 %	0,6 %
	Produits du soja	263	11,0 %	0 %
	Céréales pour nourrissons	82	31,7 %	0 %
Projet sur les aliments destinés aux enfants	Aliments pour nourrissons	127	30,7 %	0 %
	<b>TOTAL</b>	<b>3188</b>	<b>29,7 %</b>	<b>1,3 %</b>

# Ré-homologation de l'usage du glyphosate

- Au Canada, la ré-homologation a été accordée en 2017 pour une période de 15 ans.
- L'agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada a autorisé l'usage des pesticides contenant du glyphosate en janvier 2019.
- L'organisme Safe Food Matters a demandé à la cour fédérale de revoir la décision de Santé Canada en janvier 2020.



À la base du projet MYFROG,  
percée analytique avec GC-ECD:  
Méthode relativement peu coûteuse, avec de  
basses limites de détection et de quantification

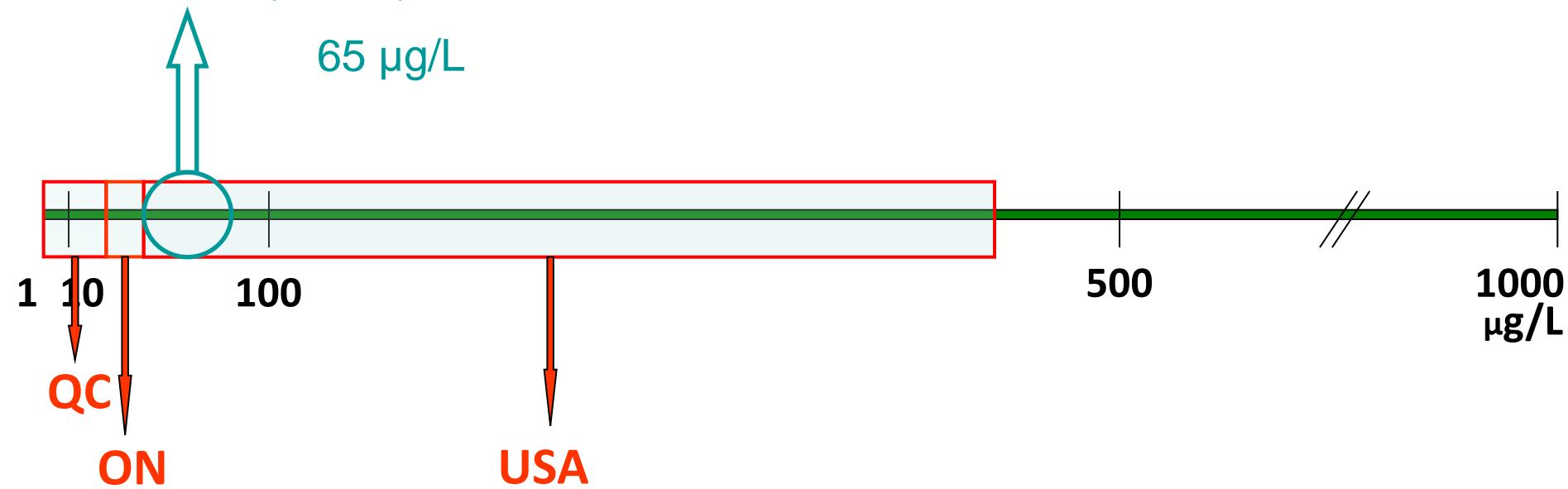
	Non détectable	Détectable	Quantifiable
Glyphosate (mg/kg)	Entre 0 et 0,02	Entre 0,02 et 0,05	+ de 0,05
AMPA (mg/kg)	Entre 0 et 0,03	Entre 0,03 et 0,09	+ de 0,09

En considérant les 20 premiers cm d'1ha de sol sur lequel a été appliqué 3,33L de Factor 540© = 6,9 mq de glyphosate /kg de sol:

	Quantifiable
Glyphosate (mg/kg)	<b>La méthode permet de quantifier le glyphosate dès qu'il y a + de 1,3% de résidus de ce qui a été appliqué</b>
AMPA (mg/kg)	<b>La méthode permet de quantifier l'AMPA dès qu'il y a + de 4% de la quantité de glyphosate appliquée qui est dégradée en AMPA.</b>

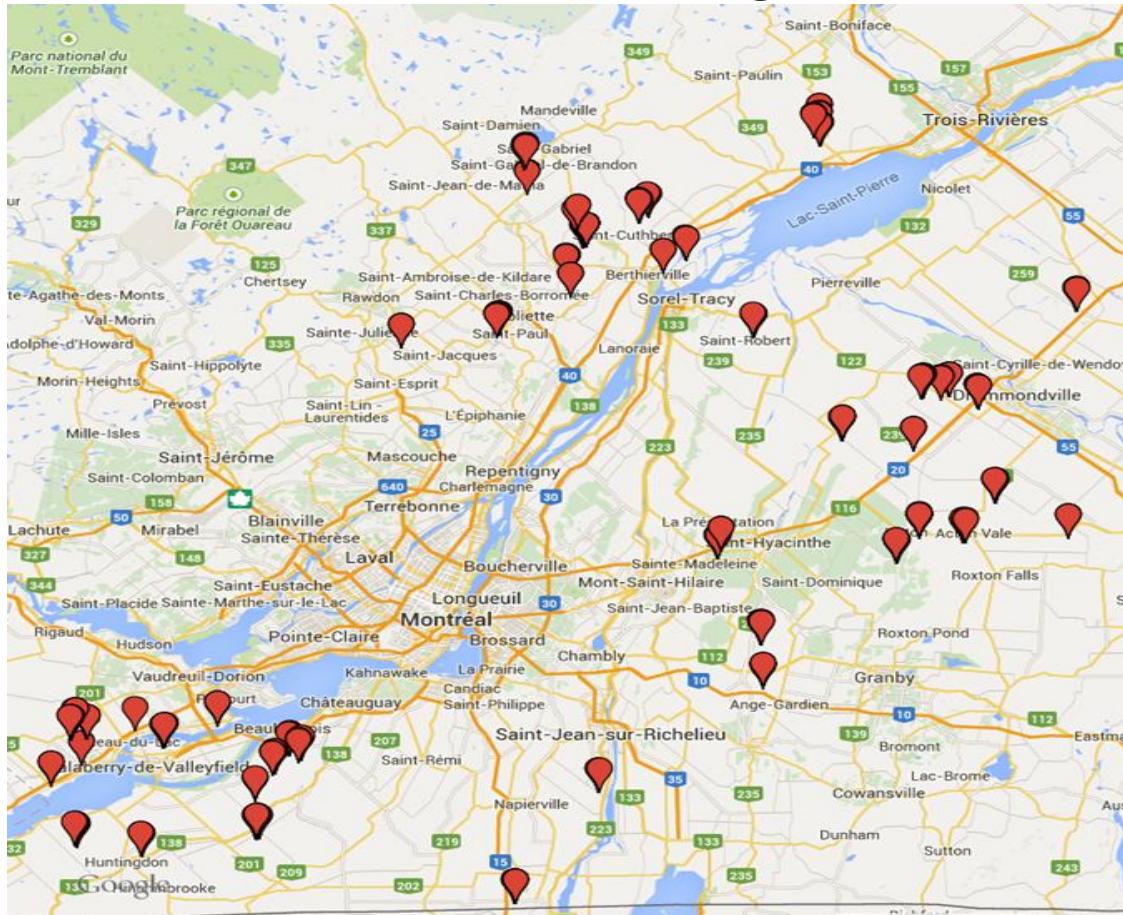
Critère de vie  
aquatique chronique  
(CVAC) 2011

65 µg/L



Concentrations environnementales maximales

# Champs agricoles échantillonnés en 2014 par la chaire de recherche sur la transition vers la durabilité des grandes cultures (UQAM)



# Teneurs en glyphosate et AMPA dans 48 sols de la Montérégie, du centre du Québec et de Lanaudière cultivés en soja en 2014 (mg / kg)

Type de culture du soja (n)	Printemps, avant semis		À la récolte	
	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Roundup Ready® (23)	Moyenne : 0,06 Max : 0,47 Min : 0,01	Moyenne : 0,28 Max : 1,09 Min : 0,02	Moyenne : 0,06 Max : 0,29 Min : 0,01	Moyenne : 0,35 Max : 0,80 Min : 0,02
IP (16)	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,31 Max : 1,16 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,45 Min : 0,01	Moyenne : 0,22 Max : 0,79 Min : 0,02
Biologique (9)	Moyenne : 0,04 Max : 0,14 Min : 0,01	Moyenne : 0,05 Max : 0,23 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,08 Max : 0,24 Min : 0,02

Faibles teneurs en glyphosate et AMPA dans les sols des producteurs en **régie biologique**: Il peut y avoir un **héritage** des cultures précédentes ou une **dérive** depuis les champs voisins

Type de culture du soja (n)	Printemps, avant semis		À la récolte	
	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Roundup Ready® (23)	Moyenne : 0,06 Max : 0,47 Min : 0,01	Moyenne : 0,28 Max : 1,09 Min : 0,02	Moyenne : 0,06 Max : 0,29 Min : 0,01	Moyenne : 0,35 Max : 0,80 Min : 0,02
IP (16)	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,31 Max : 1,16 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,45 Min : 0,01	Moyenne : 0,22 Max : 0,79 Min : 0,02
Biologique (9)	Moyenne : 0,04 Max : 0,14 Min : 0,01	Moyenne : 0,05 Max : 0,23 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,08 Max : 0,24 Min : 0,02

Teneurs nettement plus élevées et semblables en glyphosate et AMPA dans les sols en **régie RR et IP**. Ces teneurs sont dans la **gamme inférieure** de ce qui est retrouvé **ailleurs dans le monde**

Type de culture du soja (n)	Printemps, avant semis		À la récolte	
	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Roundup Ready® (23)	Moyenne : 0,06 Max : 0,47 Min : 0,01	Moyenne : 0,28 Max : 1,09 Min : 0,02	Moyenne : 0,06 Max : 0,29 Min : 0,01	Moyenne : 0,35 Max : 0,80 Min : 0,02
IP (16)	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,31 Max : 1,16 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,45 Min : 0,01	Moyenne : 0,22 Max : 0,79 Min : 0,02
Biologique (9)	Moyenne : 0,04 Max : 0,14 Min : 0,01	Moyenne : 0,05 Max : 0,23 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,08 Max : 0,24 Min : 0,02

# Les teneurs maximales observées en glyphosate et surtout en AMPA peuvent avoir des impacts négatifs sur les fonctions des sols agricoles

Type de culture du soja (n)	Printemps, avant semis		À la récolte	
	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Roundup Ready® (23)	Moyenne : 0,06 Max : 0,47 Min : 0,01	Moyenne : 0,28 Max : 1,09 Min : 0,02	Moyenne : 0,06 Max : 0,29 Min : 0,01	Moyenne : 0,25 Max : 0,80 Min : 0,02
IP (16)	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,31 Max : 1,16 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,45 Min : 0,01	Moyenne : 0,22 Max : 0,79 Min : 0,02
Biologique (9)	Moyenne : 0,04 Max : 0,14 Min : 0,01	Moyenne : 0,05 Max : 0,23 Min : 0,02	Moyenne : 0,05 Max : 0,15 Min : 0,01	Moyenne : 0,08 Max : 0,24 Min : 0,02

# Projet CEROM Projet 469 (S.Petit & G. Tremblay)



Photo Gilles Tremblay

4 Facteurs de régie répartis en split-split factoriel:  
Rotation (4), Fertilisation (3), Travail du sol (2),  
Résidus (2)

2 Facteurs de régies sélectionnés pour l'étude:  
(Fertilisation, Travail du sol) dans la rotation Maïs-  
Soja-Blé

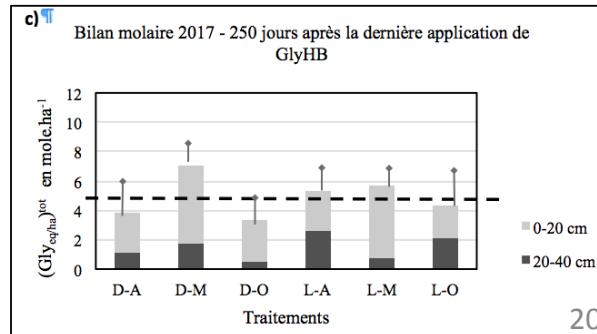
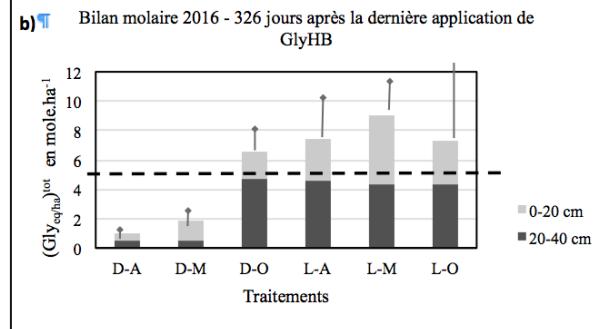
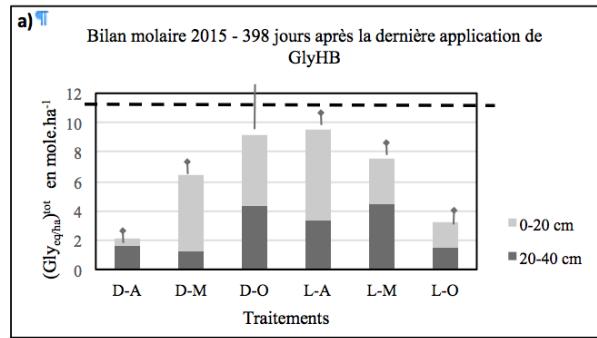
18 échantillons par profondeur:  $(D,L)+(A,O,M)=$   
DA, DO, DM, LA, LO, LM (\*3 répliques)

Echantillonnage 2 profondeurs 0-20 & 20-40 cm  
En 2015 (Soja) 3 semaines après application  
3,33L/Ha Factor 540 , 2016 (année du blé pas  
d'application), 2017 (avant application)

# CEROM projet 469

Calculs des bilans d'accumulation du glyphosate dans les sols: jusqu'à 100% du glyphosate appliqué est encore présent sous forme d'AMPA dans les sols (0-40 cm) un an après la dernière application d'herbicide.

(S. Petit 2020)



# Teneurs en glyphosate et AMPA observées dans des sols agricoles de grandes cultures à travers le monde (mg / kg)

ND: non déterminé

Étude	Site d'étude	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Laitinen, 2009	Finlande (Céréales)	Moyenne : 0,35 Max : ND Min : ND	Moyenne : 0,22 Max : ND Min : ND
Peruzzo, 2008	Argentine (Soja)	Moyenne : 2,13 Max : 4,30 Min : 0,40	Moyenne : ND Max : ND Min : ND
Todorovic, 2013	Autriche (Maïs)	Moyenne : 0,38 Max : ND Min : ND	Moyenne : 0,03 Max : ND Min : ND
Silva, 2017	Europe (11 pays, céréales)	Médiane : 0,10 Max : 0,3 Min : 0,05	Médiane : 0,15 Max : 0,5 Min : 0,05
Primost, 2017	Argentine (Céréales)	Moyenne : 2,30 Max : ND Min : ND	Moyenne : 4,20 Max : ND Min : ND

Source: Chaire de recherche sur la transition vers la durabilité des grandes cultures (UQAM), Marc Lucotte

Dans l'étude de Silva et al. (2017), teneurs maximales en glyphosate et AMPA observées dans des sols des vignobles portugais (2mg / kg pour chacun des 2 composés)

Étude	Site d'étude	Glyphosate (mg/kg)	AMPA (mg/kg)
Laitinen, 2009	Finlande (Céréales)	Moyenne : 0,35 Max : ND Min : ND	Moyenne : 0,22 Max : ND Min : ND
Peruzzo, 2008	Argentine (Soja)	Moyenne : 2,13 Max : 4,30 Min : 0,40	Moyenne : ND Max : ND Min : ND
Todorovic, 2013	Autriche (Maïs)	Moyenne : 0,38 Max : ND Min : ND	Moyenne : 0,03 Max : ND Min : ND
Silva, 2017	Europe (vignobles)	Max : 2	Max : 2
Primost, 2017	Argentine (Céréales)	Moyenne : 2,30 Max : ND Min : ND	Moyenne : 4,20 Max : ND Min : ND

Source: Chaire de recherche sur la transition vers la durabilité des grandes cultures (UQAM), Marc Lucotte

# Les biosolides municipaux, une source significative d'AMPA en raison des phosphonates?

- Très peu d'études ont mesuré les teneurs en AMPA directement dans les biosolides municipaux (matières résiduelles fertilisantes).
- Les teneurs mesurées varient de **1 à 30 mg AMPA /kg** en France selon les activités industrielles (Ghanem et col., 2007).

# Les biosolides municipaux, une source significative d'AMPA en raison des phosphonates?

- Avec des applications de biosolides de 10 à 30 t/ha, on obtient une **gamme de 5 à 450 g AMPA/ha** (alors qu'une application d'herbicide à base de glyphosate (1,76 l/ha) représente au maximum **585 g AMPA/ha**.

# Les eaux usées municipales, une source significative d'AMPA?

Dans le Sud de l'Ontario, en utilisant un marqueur des eaux usées municipales (édulcorant acesulfame), les concentrations d'AMPA dans les cours d'eau ont été principalement attribuées à l'usage du glyphosate, et non pas aux phosphonates contenues dans les eaux usées.

(Struger et al. 2015)



Fig. 1. Locations of sampling sites (black dots) and urban centers (bold).

# Projet MYFROG

Impacts de la présence de glyphosate / AMPA  
dans les sols sur les cultures



Tester des pratiques de grandes cultures avec usage restreint d'herbicides: Semis directs sur couvertures végétales permanentes **Louis Pérusse, SCV-Agrologie**



Tester des pratiques de grandes cultures avec usage restreint d'herbicides: Semis directs sur couvertures végétales permanentes, **Louis Pérusse, SCV-Agrologie**



An aerial photograph of a rural landscape showing several agricultural fields. One prominent field in the center-left features a grid-like pattern of different crop types or treatments, which is the focus of the presentation. A road runs diagonally across the upper right portion of the image.

Parcelles expérimentales chez deux  
producteurs de grandes cultures  
depuis 2017  
(Ste Marthe et Montmagny)

# Parcelles expérimentales

401 T10 SCV 200%	402 T4 SCV 50%	403 T6 SCV 50%	404 T9 SCV 100%	405 T2 SD 200%	406 T12 SCV 100%	407 T7 SCV 100%	408 T3 SD 200%	409 T5 SCV 50%	410 T1 SD 200%	411 T11 SCV 200%	412 T8 SCV 100%
---------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------

301 T1 SD 200%	302 T8 SCV 100%	303 T11 SCV 200%	304 T3 SD 200%	305 T7 SCV 100%	306 T5 SCV 50%	307 T9 SCV 100%	308 T12 SCV 200%	309 T2 SD 200%	310 T6 SCV 50%	311 T4 SCV 50%	312 T10 SCV 200%
-------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------

201 T4 SCV 50%	202 T12 SCV 200%	203 T10 SCV 200%	204 T8 SCV 100%	205 T6 SD 50%	206 T3 SCV 200%	207 T11 SCV 200%	208 T5 SCV 50%	209 T1 SD 200%	210 T9 SCV 100%	211 T2 SD 200%	212 T7 SCV 100%
-------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

101 T8 SCV 100%	102 T2 SD 200%	103 T9 SCV 100%	104 T1 SD 200%	105 T12 SCV 50%	106 T4 SCV 200%	107 T10 SCV 100%	108 T7 SCV 50%	109 T5 SCV 50%	110 T3 SD 200%	111 T11 SCV 200%	112 T6 SCV 50%
--------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

MONTAGNE

Dimension des parcelles: 9\*20m

2018	2019	2020	2021	Applications
Maïs	Soya	Blé	Maïs	200% = 3,3 L/ha en 2 applications
Blé	Maïs	Soya	Blé	100% = 1,67 L/ha en 2 applications
Soya	Blé	Maïs	Soya	50% = 0,84 L/ha en 2 applications

Coordonnées
750 ch. Trudeau, St-Mathieu-de-Beloeil Tél: 450-464-2715

➤4 pratiques de gestion des adventices (PGA):

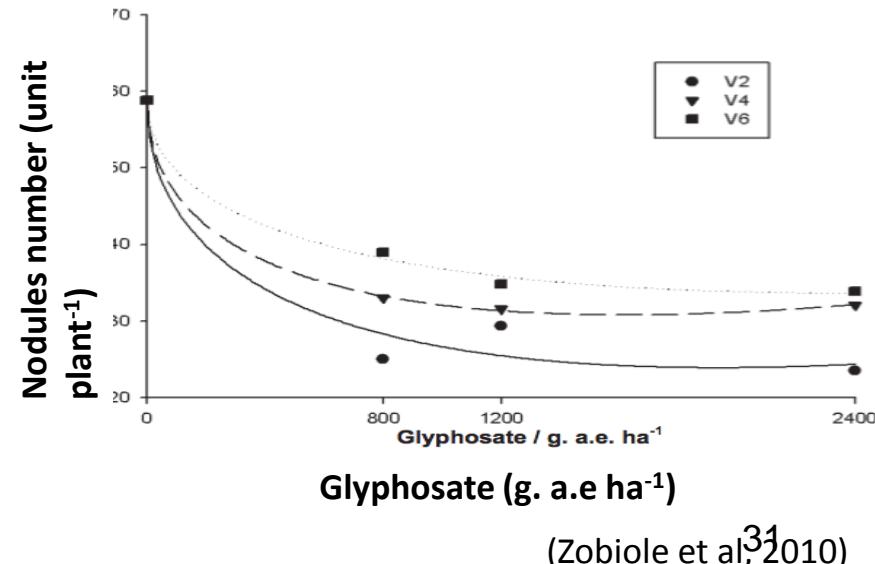
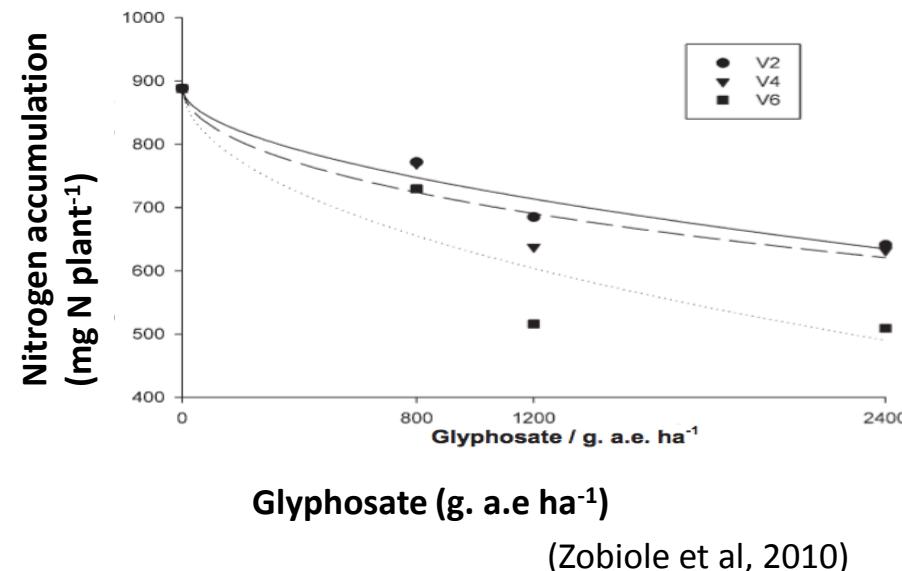
- SD 3,3 L/ha (1 804 g i.a.)
- SCV 3,3 L/ha (1 804 g i.a.)
- SCV 1,67 L/ha (902 g i.a.)
- SCV 0,84 L/ha (451 g i.a.)

➤3 cultures

- Maïs RR
- Soja RR
- Blé

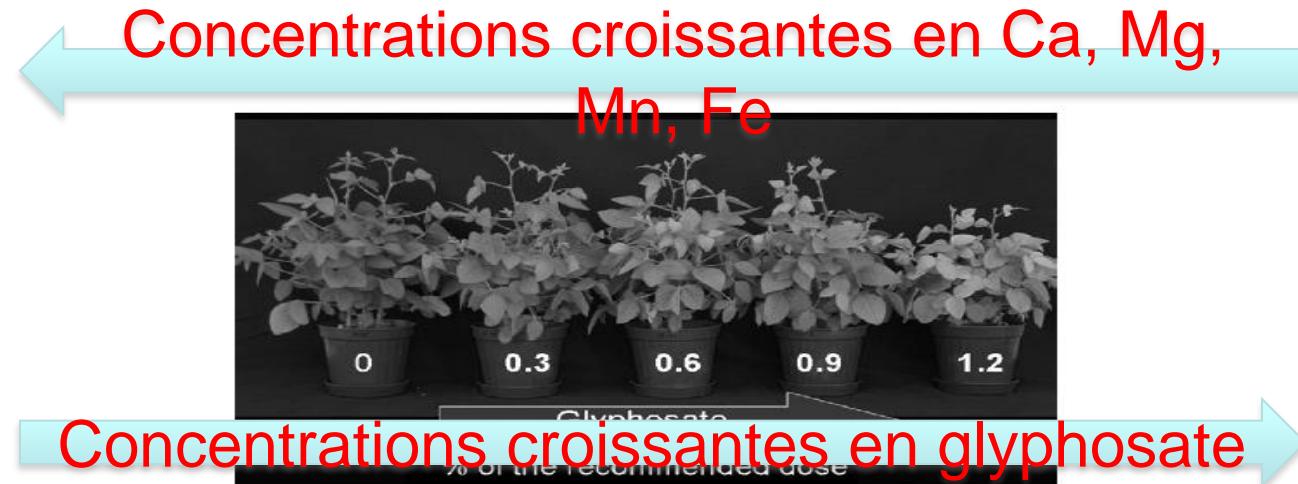
# Effets secondaires du glyphosate et de l'AMPA même sur des plantes génétiquement modifiées

- Réduction de la nodulation du soja RR
- Réduction de l'assimilation de l'azote et de sa fixation symbiotique



# Effets secondaires du glyphosate accumulé dans les sols agricoles: Perturbation de la nutrition minérale

Accumulation de complexes métal/glyphosate non métabolisables dans les tissus des OGMs (Zobiole et al., 2011, 2012) et réduction de l'assimilation (Bohn et al, 2014)



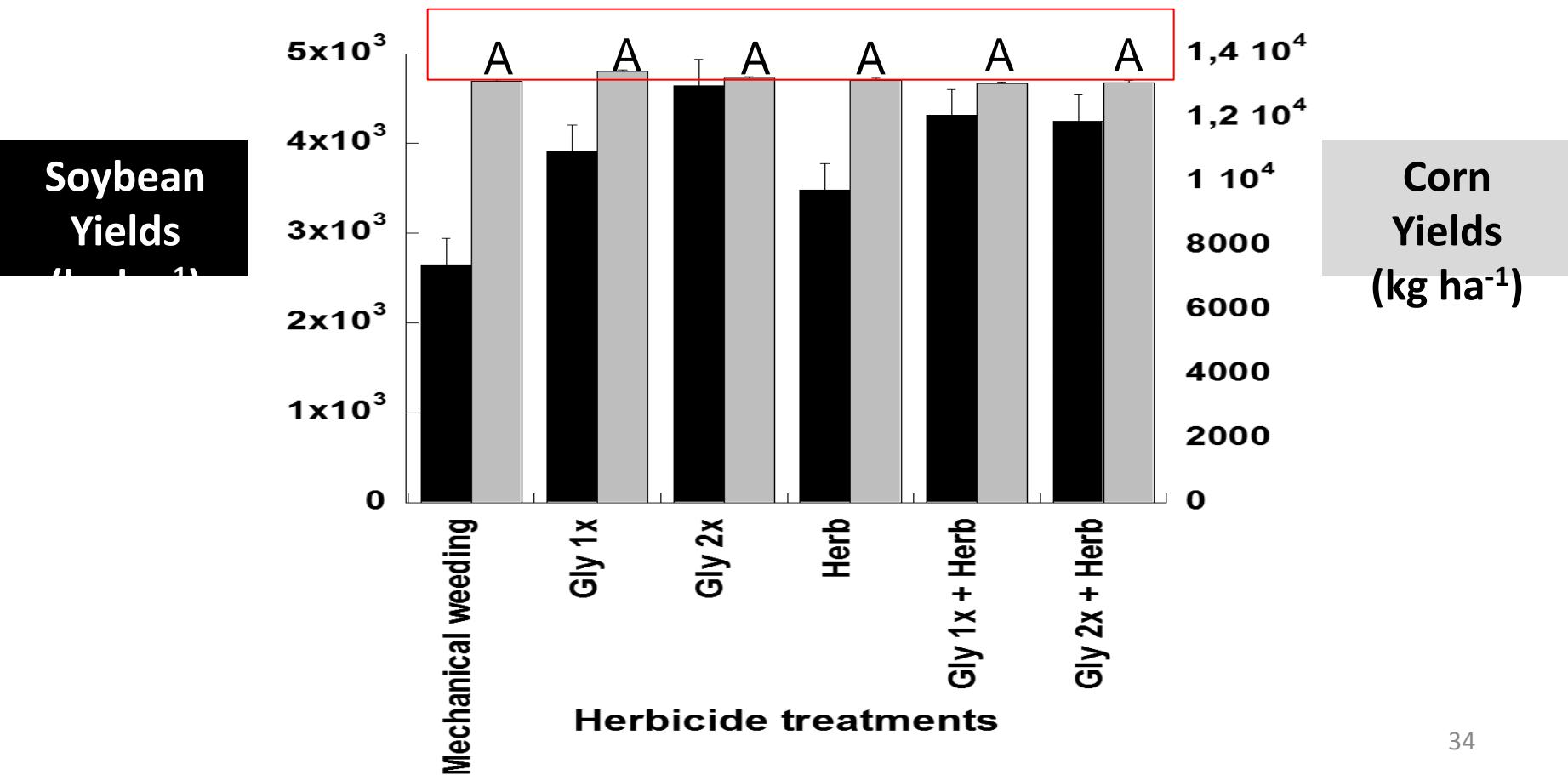
# Parcelles expérimentales, CEROM, 2015



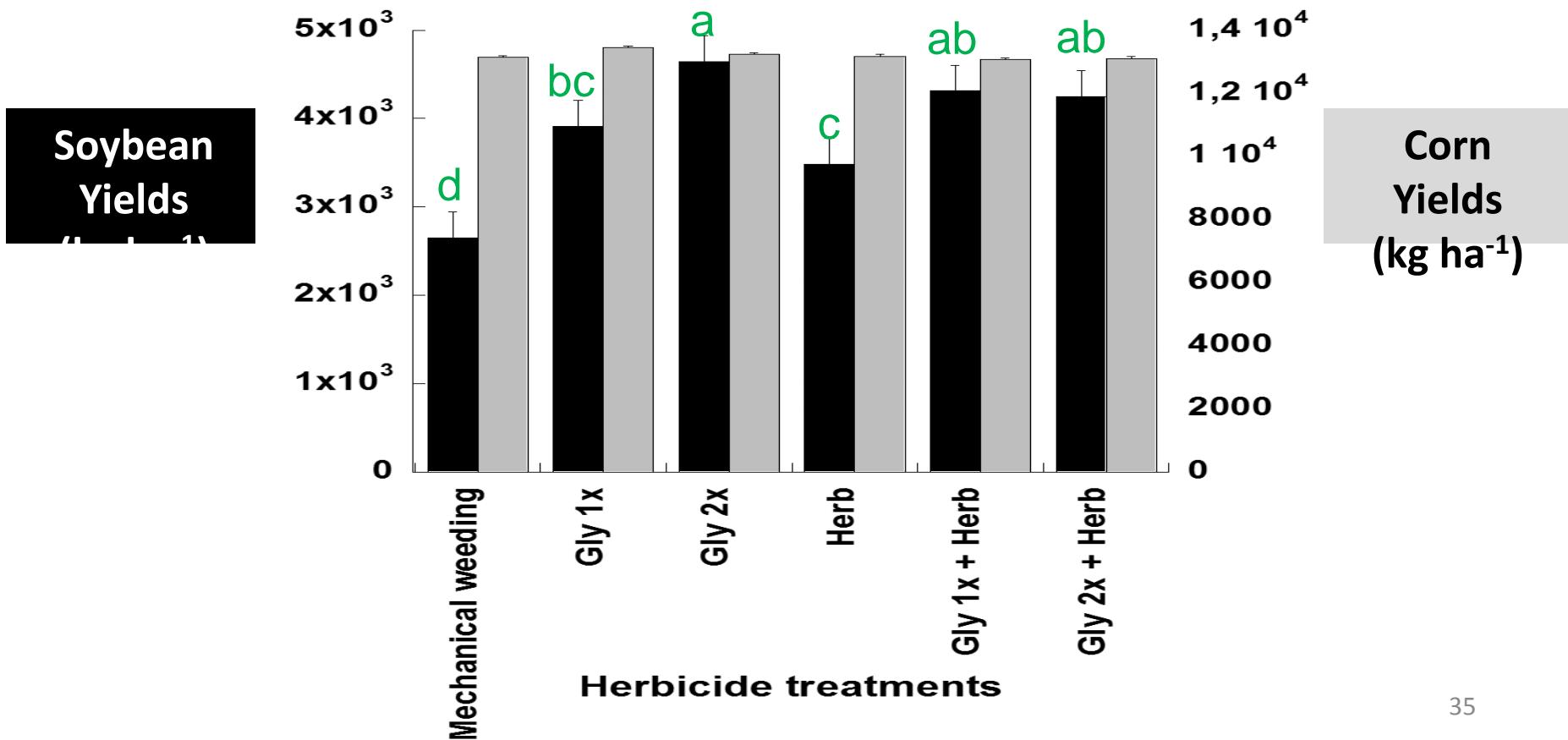
6 stratégies de contrôle  
des mauvaises herbes

Comparaison des  
composantes  
biochimiques et du  
rendement

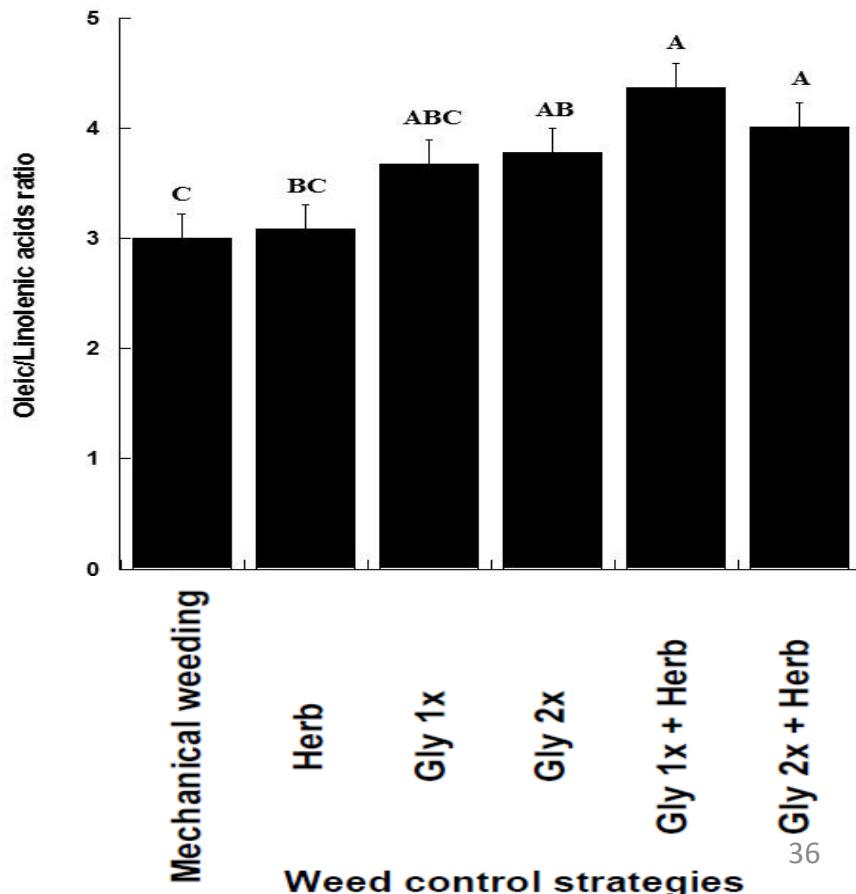
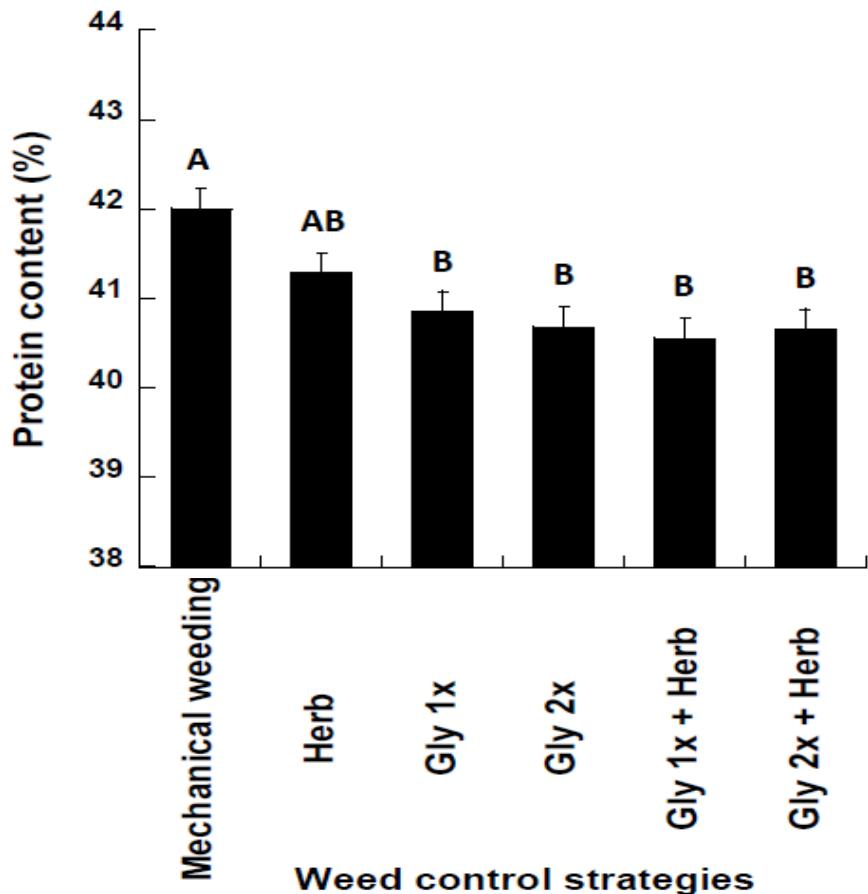
# Pas d'effet sur les rendements du maïs (Smedbol et al. 2019)



# Rendements plus élevés pour le soya (Smedbol et al. 2019)



# Applications d'herbicides et contenu nutritif (Smedbol et al. 2019)



Plutôt s'intéresser à des problématiques qui touchent directement les agriculteurs: la rentabilité des grandes cultures (maïs et soya)

Travailler sur l'impact de l'usage des pesticides sur la fertilité des sols et la qualité des grains

# Merci pour votre attention!

